



## **“FONDO MIXTO DE FOMENTO A LA INVERSIÓN CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA CONACYT – GOBIERNO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE MORELOS”**

### **CONVOCATORIA 2013-1**

### **DEMANDAS ESPECÍFICAS**

#### **ÁREA 1. Ingeniería e Industria.**

**Demanda 1.1.- Diseño y creación de prototipos robóticos para potencializar actividades académicas en los diferentes niveles educativos en el estado de Morelos.**

#### **Antecedentes:**

Autoridades educativas, científico-tecnológicas y la comunidad científica mexicana, a través de documentos como el Plan de Estudios 2011 de educación básica y el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008-2011, han manifestado su interés por promover y fomentar en niños, adolescentes y jóvenes, la incursión en los procesos de investigación científica, la adopción e innovación tecnológica (PECYT, 2008-2012) para que México transite hacia una economía basada en la investigación básica y aplicada. Este nuevo paradigma contribuirá a tener un equilibrio en el bienestar de las sociedades modernas, pero para que el propósito se cumpla es necesario incentivar a la nueva generación de hombres y mujeres, para que participen y sean formados científicos y tecnólogos de la nueva era.

Sin embargo, la formación de científicos y tecnólogos en el área de ingenierías presenta un panorama desalentador, si el problema de la deserción escolar es considerado en los diferentes niveles educativos, estimado en un 53% a nivel nacional, en el ciclo 2005-2006 (Ocampo-Díaz, et. al., 2010). El fenómeno de la deserción escolar obedece a diversos factores: sociales, culturales, económicos y políticos. Para precisar, la reprobación lleva a la deserción y trae consecuencias sociales de impacto, siendo la asignatura de mayor índice de reprobación las relacionadas a las ciencias exactas: matemáticas, física y química (Landeró, J., 2012).

En Vries, W. et. al., 2011, se presentan algunos datos de desertores de las áreas de ingenierías y de ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) en México. El estudio trata de algunos supuestos relacionados con la deserción escolar en el nivel superior, orientado principalmente al área de ingenierías. Las causas de la deserción escolar según (Vries, W. et. al., 2011) tienen que ver con los grados previos de formación, el sistema de educación superior, la institución, y de carácter personal. Estas causas generan que el estudiante posea un bajo desempeño escolar, trayendo como consecuencia resultados negativos, principalmente en las

áreas de las ciencias exactas. Un indicador del nivel de reprobación en ciencias son los resultados de la prueba ENLACE<sup>1</sup> aplicados en la educación básica, que en el año 2010 en el estado de Morelos mostró que un 60% de la población escolar del tercer grado de secundaria se ubica en el nivel de insuficiencia en conocimientos y habilidades relacionadas a las ciencias, particularmente en matemáticas (SEP, 2013).

En 2009, los resultados de EXCALE<sup>2</sup> evidenciaron que el 47% de la población se ubicó en la categoría **por debajo del básico** (INEE, 2013). Resultados similares se encuentran en el nivel medio superior y superior.

Con base a lo anterior, es necesario buscar estrategias didácticas: efectivas, eficaces y atractivas. Para que, a partir del nivel básico se trabaje en el desarrollo de competencias y habilidades que propicien un ambiente de enseñanza - aprendizaje óptimo, que ayude a disminuir la deserción escolar y fomente el interés por las ciencias exactas en la solución de problemas de un entorno social cambiante.

Para conseguir una reducción en la deserción escolar e interés por las ciencias, el gobierno del Estado de Morelos a través de la Académica Estatal Robótica articula estrategias y unifica esfuerzos para fomentar la creatividad, la innovación y desarrollo tecnológico en los diferentes niveles educativos. Esto ha sido posible mediante el uso de tecnologías cerradas, la cual representa un problema económico en las instituciones de educación básica, media superior y superior. Y en consecuencia, se convierte en un factor desalentador para implantar nuevas tecnologías que faciliten y promuevan la aplicación del conocimiento técnico en el campo de las ciencias exactas. Motivo por el cual la demanda a nivel institución educativa es usar tecnologías abiertas que sean alcanzables para la mayoría de las instituciones del estado de Morelos.

### **Objetivo General:**

- Desarrollar tres prototipos robóticos basados en tecnologías abiertas que permitan potencializar actividades académicas en los diferentes niveles educativos, que impulsen el aumento en la matrícula de los programas de ingeniería de las universidades del estado de Morelos.

### **Objetivos Específicos:**

- Desarrollar un prototipo robótico basado en tecnologías abiertas (Open Source y Open Hardware) para cada uno de los niveles educativos (secundaria, preparatoria y universidad) que constituyan en su diseño, sencillez y complejidad.
- Implantar ciclos de pruebas en cada prototipo robótico para definir su correcto funcionamiento y modo de operación.
- Validar en cada prototipo robótico la implementación basada en tecnologías abiertas (Open Source y Open Source Hardware).
- Verificar en cada prototipo robótico los ciclos de operación ante rutinas preestablecidas.
- Implementar un curso de capacitación sobre el funcionamiento y operación de cada uno de los prototipos robóticos a profesores de escuelas seleccionadas en modo programa piloto.
- Medir el impacto en la implantación de estos prototipos robóticos en las escuelas seleccionadas en modo programa piloto.

---

<sup>1</sup> Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares

<sup>2</sup> Exámenes de la Calidad y Logro Educativos

### **Productos Esperados:**

- Tres prototipos robóticos validados para niveles educativos de secundaria, preparatoria y universidad.
- Manual de diseño del prototipo robótico.
- Manual de procedimiento de manufactura de partes mecánicas.
- Manual de ensamblaje del prototipo robótico.
- Manual de mantenimiento del prototipo robótico.
- Manual de reemplazo de partes mecánicas.
- Manual técnico de operación y funcionamiento.
- Diagramas esquemáticos de los circuitos impresos, con el número de parte de cada uno de los componentes.
- Lista de materiales utilizados y sus especificaciones, mecánicas y eléctricas.

### **Modalidad:**

A2) Investigación aplicada. Realizada para la adquisición de nuevos conocimientos, dirigida hacia un objetivo o fin práctico, que responda a una demanda específica determinada.

### **Indicadores de Impacto:**

- Prototipos validados en los niveles educativos de secundaria, preparatoria y licenciatura.

### **Tiempo de Ejecución:**

- Hasta 24 meses

### **Usuario:**

- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología.

### **Contacto:**

- Dr. Jaime E. Arau Roffiel. Subsecretario de Investigación Científica de la SICyT.  
Teléfono (777) 512 66 49. Correo electrónico: [jaime.arau@morelos.gob.mx](mailto:jaime.arau@morelos.gob.mx)  
Av. Atlacomulco No. 13 Esquina Calle de la Ronda, Col. Acapantzingo. Interior del Parque San Miguel Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62440

### **Referencias bibliográficas:**

1. Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (2008). Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008-2012. Diario Oficial. Consultado el 14 de agosto de 2013 de [http://www.normateca.gob.mx/Archivos/50\\_D\\_1766\\_16-12-2008.pdf](http://www.normateca.gob.mx/Archivos/50_D_1766_16-12-2008.pdf)
2. Secretaría de Educación Pública (2013). Educación Básica. Estadísticas. ENLACE 2006-2012 Medias y niveles de logro por entidad federativa. Consultado en línea el 19 de agosto de 2013 de <http://www.enlace.sep.gob.mx/content/ba/pages/estadisticas/estadisticas.html>

3. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2013). El aprendizaje de las matemáticas. Capítulo 3. Consultado en línea el 19 de agosto de 2013 de <http://www.inee.edu.mx/index.php/publicaciones-micrositio>.
4. Ocampo-Díaz, J., Martínez-Romero, Á., Lara, M.; Zatarain-Zatarain, J. (2010). Reprobación y Deserción en la Facultad de Ingeniería Mexicali de la Universidad Autónoma de Baja California. Décimo congreso educativo internacional.
5. Landero, J. (2012). Deserción en la educación media superior en México. Suma por la educación de <http://www.sumaporlaeducacion.org.mx/wp-content/uploads/2013/01/Deserci%C3%B3n...pdf>
6. Vries, W., León-Arenas, P., Romero-Muñoz, J. y Hernández-Saldaña, I. (2011). ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. Revista de la Educación Superior [online]. Vol. 40, n.160, pp. 29-49. ISSN 0185-2760.

## **ÁREA 2.- Educación y Divulgación de la Ciencia.**

### **2.1.- Fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de la entidad, a través del apoyo a la vocación de recursos humanos en ciencias: Matemáticas, Física, Química, Biología, Robótica y Astronomía en el nivel medio superior de Morelos.**

#### **Antecedentes**

Con el fin de fomentar el interés de los estudiantes del nivel medio superior en el estudio de las disciplinas científicas, así como el de atraer a los interesados para su preparación en las diversas áreas de la investigación, se han creado en México y en otros países del mundo diversos concursos y olimpiadas, que exigen del estudiante un buen nivel de conocimientos y talento para aplicarlos en la resolución de problemas que se plantean.

Se trata de competencias intelectuales de carácter nacional e internacional que se celebran anualmente y en la que participan estudiantes preuniversitarios. Su finalidad es múltiple y variada: constituyen un estímulo para los jóvenes estudiantes así como para sus profesores y para los centros educativos, ayudan a descubrir vocaciones y colaboran en la mejora de la calidad de la enseñanza a través de la competencia.

Durante los últimos años, jóvenes morelenses han tenido una destacada participación en concursos de conocimientos en ciencias, especialmente en las áreas de Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología y Robótica e Informática. En el año 2012 los representantes morelenses obtuvieron 47 medallas nacionales y 4 internacionales. De ahí el interés de continuar impulsando este tipo de actividades.

La presente demanda establece las condiciones para atender a) la participación en los concursos estatales de una población estimada de 4,000 estudiantes distribuidos por disciplina como sigue: 150 en Biología, 400 en Química, 300 en Física, 1400 en Matemáticas y 1750 en Robótica e Informática; b) la capacitación intensiva de grupos seleccionados por disciplina en número de: 30 estudiantes de Biología, 70 de Química, 50 de Física, 300 de Matemáticas y 550 de Robótica e Informática y c) el entrenamiento de las delegaciones que representarán al Estado de Morelos en concursos nacionales durante 2013-14 en número de: 4 en Biología, 4 en Química, 4 en Física, 12 en Matemáticas y 15 en Robótica e Informática.

#### **Objetivo General:**

- Incrementar el número de los estudiantes morelenses que ingresan a una carrera profesional en Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología, Robótica o Informática.

### **Objetivos específicos:**

- Fomentar entre los estudiantes de nivel medio superior de Morelos, el interés por las ciencias.
- Identificar a los jóvenes morelenses más talentosos en ciencias, estimular su formación y guiar sus inquietudes.
- Incrementar el número de estudiantes morelenses participantes en concursos académicos estatales, nacionales e internacionales en Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología o Robótica e Informática,
- Proporcionar a los jóvenes interesados una capacitación intensiva en Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología, Robótica o Informática.
- Formar selecciones representativas del Estado de Morelos en diversos concursos académicos y olimpiadas científicas en Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología, Robótica e Informática.
- Formar entrenadores para fortalecer la actividad de preparación de los representantes morelenses y alcanzar los niveles de calidad académica requerida por los diversos concursos.
- Desarrollar metodologías específicas de entrenamiento olímpico que aseguren el alcance de los niveles de competitividad requeridos por los diversos concursos.
- Dar seguimiento al desarrollo académico de los jóvenes capacitados.

### **Productos esperados:**

- Documento que contenga el plan de trabajo para la capacitación intensiva de las representaciones morelenses en las disciplinas de Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología y Robótica e Informática.
- Documento de criterios de selección de los estudiantes que van a ser capacitados en las distintas disciplinas.
- Pruebas documentales de la selección realizada.
- Diagnóstico de los estudiantes seleccionados previo a la capacitación.
- Documento con los criterios de selección de los académicos que proporcionarán capacitación a los estudiantes.
- Listas de entrenadores por disciplina enfocados a la preparación olímpica de los jóvenes morelenses.
- Documento que contenga una descripción de las metodologías desarrolladas en cada disciplina para la preparación olímpica de los representantes morelenses.
- Listas de las representaciones morelenses en los concursos olímpicos de conocimientos en los niveles estatal, nacional e internacional en las disciplinas de Matemáticas, Física, Astronomía, Química, Biología y Robótica e Informática.
- Reconocimientos obtenidos por premios, primeros lugares de las representaciones morelenses en los distintos concursos y olimpiadas.
- Documento que contenga las metodologías de seguimiento de la trayectoria académica de los jóvenes capacitados posterior a su participación en los concursos y olimpiadas.

**Indicadores de impacto:**

- Incremento en el número de estudiantes morelenses participantes en concursos académicos y olimpiadas de ciencias tanto a nivel estatal como nacional e internacional.
- Incremento de los premios y reconocimientos recibidos por estudiantes morelenses en concursos académicos y olimpiadas de ciencias.
- Incremento de primeros lugares logrados por estudiantes morelenses en concursos académicos y olimpiadas de ciencias.
- Incremento en el número de estudiantes que ingresan a carreras relacionadas con las ciencias.

**Modalidad:**

- Modalidad E) Difusión y Divulgación. Propuestas que consideren la formación de una cultura científica y tecnológica; promuevan la difusión nacional e internacional del trabajo de la comunidad científica y tecnológica; propicien la transferencia del conocimiento a los sectores usuarios; impulsen la realización de actividades y programas que despierten la creatividad y la vocación científico-tecnológica de la niñez y la juventud; impulsen o promuevan las actividades y difusión de museos científicos o tecnológicos; que fomenten la creación de una cultura de aprecio por el desarrollo y explotación de desarrollos científicos y tecnológicos.

**Tiempo esperado:**

- Hasta 12 meses.

**Usuario:**

- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología del estado de Morelos.

**Contacto:**

- Dr. Jaime E. Arau Roffiel. Subsecretario de Investigación Científica de la SICyT.  
Teléfono (777) 512 66 49.  
Correo electrónico: [jaime.arau@morelos.gob.mx](mailto:jaime.arau@morelos.gob.mx)
- Mtra. María Dolores Rosales Cortés. Directora General de Proyectos de Investigación de la SICyT.  
Teléfono: (777) 312-48-55.  
Correo electrónico: [dolores.rosales@morelos.gob.mx](mailto:dolores.rosales@morelos.gob.mx)

Av. Atlacomulco No. 13 Esquina Calle de la Ronda, Col. Acapantzingo. Interior del Parque San Miguel Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62440

## **2.2.- Fortalecimiento y consolidación de posgrados de Morelos para promover la formación de recursos humanos de alto nivel.**

### **Antecedentes**

La formación de recursos humanos de alto nivel es un reto que el estado de Morelos debe enfrentar para poder aspirar al avance de su desarrollo integral. La educación es el elemento fundamental para el avance tecnológico de Morelos y la competitividad de su economía. Es por esa razón que la entidad requiere que un mayor número de egresados de licenciatura o maestría continúen sus estudios de posgrado, a fin de que adquieran los conocimientos, competencias y calificaciones necesarias para que contribuyan al proceso de desarrollo estatal y dotarlos de las capacidades para competir en el mercado laboral.

Es de interés de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, apoyar a la consolidación de los programas de posgrado de la entidad, para que aquellos que se encuentran cerca de reunir los requisitos de ingreso al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad-PNPC puedan ingresar a corto plazo, así como aquellos programas de posgrado que ya se encuentran en el PNPC se sigan consolidando y puedan mejorar la categoría de clasificación en el programa.

En Morelos se cuenta con 42 programas de posgrado registrados que pertenecen al PNPC y otros 17 de la UNAM que se imparten en la entidad pero su registro base es en el DF donde se encuentra el domicilio de la UNAM. De los 42 programas actualmente en el PNPC, 12 son de "Reciente Creación", 12 se encuentran en la categoría de "En desarrollo" y 18 se encuentran en la categoría de "Consolidado" [1], lo que representa una oportunidad de crecimiento y consolidación de programas de posgrado que la SICyT está interesada en apoyar. Por otro lado se tienen detectados entre 5-10 programas de posgrado que no han podido ingresar al PNPC (o han salido del mismo) y están en posibilidad de ingresar si se les diera un apoyo estratégico en becas para consolidar el posgrado y su posible ingreso al PNPC, dando un apoyo de becas a una cohorte generacional.

### **Objetivo General:**

- Fortalecer y/o consolidar los programas de posgrado pertinentes para la entidad a fin de que a corto o mediano plazo obtengan su registro en el PNPC, así como apoyos de infraestructura para promover que los posgrados inscritos en el PNPC mejoren su calificación en la siguiente evaluación.

### **Objetivos específicos:**

- Establecer apoyos para estudios de posgrado a estudiantes aceptados o inscritos en los posgrados motivo de la presente convocatoria (para programas que no están en el PNPC).
- Otorgar apoyos para estudiantes que sean candidatos a ingresar o bien que se encuentren en transición entre programas de posgrado y requieran un apoyo temporal no mayor a seis meses.
- Apoyar a estudiantes posdoctorales por un periodo no mayor a dos años (máximo un apoyo por posgrado).
- Apoyar estancias técnicas o de investigación para profesores de los posgrados, así como profesores visitantes.
- Fortalecimiento y/o creación de grupos y redes de investigación en el estado de Morelos.

- Otorgar financiamiento complementario a la infraestructura y equipamiento de los posgrados de la entidad.

### **Criterios de elegibilidad:**

Para poder participar en esta Demanda Específica, es necesario atender las siguientes puntualizaciones:

1.- Sólo podrán presentar solicitudes las Instituciones de Educación Superior y/o Centros de Investigación registrados en la entidad, que ofrezcan programas de posgrado en el estado de Morelos, que busquen su incorporación o mejorar su clasificación en el PNPC del CONACYT.

2.- Las propuestas deberán tener un carácter institucional, es decir, deberán invariablemente ser presentadas por el representante legal de la institución, con la declaración explícita del compromiso de la institución de que al término del apoyo, el posgrado cumplirá con los términos de referencia o criterios nacionales de calidad académica que le permitan estar en condiciones de mejorar el nivel de acreditación o postularse para ingresar PNPC [2]. Cuando la institución presente más de un programa a esta demanda, deberán explicitar la prioridad en la que clasifican los posgrados que sean presentados.

3.- En la postulación institucional se deberá explicitar el apoyo que otorgará la institución, así como el impacto que se espera tener sobre las áreas institucionales de desarrollo. Este impacto deberá estar estrechamente ligado con la atención del cumplimiento de las observaciones que haya tenido el (los) programa(s) en su más reciente evaluación del PNPC y cuando se hable de un programa que se quiere ingresar al PNPC (*pero ya constituido en la institución ya que esta demanda no contempla la creación de nuevos programas*), que objetivo sea cumplir con los términos de referencia de la convocatoria respectiva del PNPC.

4.- Los programas interesados deberán llenar un formato de autoevaluación basado en el que se utiliza para la evaluación del PNPC y adjuntarlo a la propuesta de su solicitud de fortalecimiento. En el caso de que una institución presente más de un programa de posgrado a concurso, deberá capturar una propuesta por cada uno de los programas de posgrado y la institución deberá incluir una carta en la que establece una priorización de los programas que presenta a concurso. Como parte del proceso de evaluación puede contemplarse la posibilidad de una entrevista con el coordinador de posgrado de la institución.

5.- El apoyo será brindado hasta por 24 meses, lapso en el cual se deberán tener los resultados esperados.

6.- Serán elegibles aquellos posgrados que cuenten con líneas de investigación/cuerpos académicos reconocidos por PROMEP o CONACYT.

7.- Se dará preferencia a aquellas instituciones que propongan proyectos o acciones que involucren o privilegien grupos o equipos de trabajo.

8.- No serán elegibles propuestas para adquirir equipo de cómputo convencional tal como: computadoras personales, agendas electrónicas, proyectores, apuntadores, sistemas de acceso móvil de Internet y demás equipo de apoyo a la docencia, así como gastos de obra civil.

9.- Tendrán preferencia para equipamiento, aquellas instituciones cuyas propuestas incorporen recursos concurrentes líquidos.

### **Productos esperados (que dependerán del contenido de las solicitudes):**

- Mejoramiento del posgrado, medido en términos de los parámetros e indicadores de calidad del PNPC.



- Constancia de colaboración con instituciones o empresas, publicaciones de libros y artículos; nuevas líneas de investigación, planta académica consolidada.
- Solicitud de registro al PNPC.
- Constancia de acciones de fortalecimiento y creación de grupos de investigación en áreas estratégicas para el estado de Morelos.
- Constancia de adquisición y operación de equipo para la realización de actividades de investigación, innovación y desarrollo en líneas estratégicas para el Estado.
- Constancia del desarrollo de infraestructura para la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

### **Indicadores de impacto:**

Los indicadores deberán sustentarse, en los criterios nacionales de calidad académica establecidos en el PNPC, los cuales son, entre otros:

- **PLANTA ACADÉMICA:** grado y número de profesores de tiempo completo, pertenencia al SNI y al Sistema Estatal de Investigadores (SEI) trayectoria académica y experiencia del profesorado.
- **ESTRUCTURA DEL PROGRAMA:** Plan y programa de estudio, requisitos de ingreso, permanencia y egreso de los alumnos. Número de alumnos y demanda histórica de ingreso al posgrado. Mecanismos para evaluar los aprendizajes, condiciones de operación: instalaciones, laboratorios, centros de información, etc.
- **RESULTADOS:** Tasas de graduación y eficiencia terminal. Producción científica tanto por profesores como por alumnos. Proyectos de investigación realizados tanto por profesores como por alumnos.
- **GESTIÓN:** Vinculación, financiamiento institucional, mecanismos de evaluación del Posgrado.
- **INFRAESTRUCTURA:** Infraestructura científica y tecnológica desarrollada para los posgrados, con el apoyo recibido; equipo científico y tecnológico adquirido.

### **Modalidad:**

- **C) Formación de Recursos Humanos. C1) Creación y Consolidación de Programas de Posgrado que atiendan las prioridades específicas:** Propuestas cuyo objetivo principal sea la creación y fortalecimiento de posgrados que no cuenten con el Registro de Calidad de CONACYT, en las áreas definidas como prioritarias por el Gobierno del Estado.

**Opción 1:** Propuestas cuyo objetivo principal sea el ingreso al PNPC del CONACYT.

Los rubros en los que se puede recibir apoyo son:

- Becas para estudiantes de posgrado.

**Opción 2:** Fortalecimiento de programas de posgrado inscritos en el PNPC del CONACYT. Los rubros en los que se pueden solicitar apoyos son:

- Movilidad de estudiantes y profesores.
- Fortalecimiento de los procesos de selección a posgrados (cursos propedéuticos).
- Equipamiento específico que fortalezca observaciones específicas del PNPC en materia de consolidación de grupos académicos.
- Organización de talleres, seminarios y otro tipo de eventos, que fortalezcan la investigación y difusión de los programas de posgrado.

- Apoyo para estudiantes posdoctorales por un periodo máximo de dos años (máximo un apoyo por posgrado).
- Estancias técnicas o de investigación para profesores de los posgrados, así como profesores visitantes
- Otras acciones adicionales que reflejen explícitamente la atención a observaciones emitidas por los comités de evaluación del PNPC en el CONACYT.

**Nota aclaratoria:** Sólo podrá ser elegible una de las dos opciones anteriores, de acuerdo con tipo de posgrado a apoyar en relación a su pertenencia o no al PNPC del CONACYT.

**Tiempo esperado:**

- Hasta 24 meses.

**Usuario:**

- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología del estado de Morelos.

**Bibliografía:**

1. Sistema Integral de Información Científica y Tecnológica-SIICyT del CONACYT
2. Código de Buenas Prácticas del PNPC (CONACYT), versión 1, abril 2013  
[http://www.conacyt.gob.mx/FormacionCapitalHumano/Documents/Codigo\\_Buenas\\_Practicas\\_PNPC.pdf](http://www.conacyt.gob.mx/FormacionCapitalHumano/Documents/Codigo_Buenas_Practicas_PNPC.pdf)

**Contactos:**

- Dr. Jaime E. Arau Roffiel, Subsecretario de Investigación Científica.  
Teléfono: (777) 512 66 48 y 49, ext.105  
Correo electrónico: [jaime.arau@morelos.gob.mx](mailto:jaime.arau@morelos.gob.mx)
- Mtra. María Dolores Rosales Cortés, Directora General de Proyectos de Investigación.  
Teléfono: (777) 312-48-55  
Correo electrónico: [dolores.rosales@morelos.gob.mx](mailto:dolores.rosales@morelos.gob.mx)

Av. Atlacomulco No. 13 Esquina Calle de la Ronda, Col. Acapantzingo. Interior del Parque San Miguel Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62440

### **ÁREA 3.- Desarrollo Agropecuario.**

#### **3.1.- Fortalecimiento del laboratorio de diagnóstico nutrimental, microbiológico y de residuos de plaguicidas en los cultivos agrícolas del estado de Morelos, instalado en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR).**

##### **Antecedentes:**

El estado de Morelos cuenta con climas diversos, desde los fríos- templados hasta los calurosos o subtropicales por lo que también existe una gran diversidad de especies vegetales naturales y cultivadas, en estas últimas destacan por su importancia especies hortícolas, ornamentales, frutales, granos básicos e industriales, por esta razón la producción agrícola del estado es una de las actividades consideradas como de las de mayor importancia económica, no solo por las superficie establecida sino también por la generación de empleos y la comercialización de los productos obtenidos.

Dentro de los principales cultivos en el estado tenemos: jitomate, cebolla, calabaza, pepino, sandía, frijol ejotero, maíz, aguacate, durazno, granada colombiana ciruela moscatel, cítricos, higo, gladiola, rosa, nardo, noche buena, caña de azúcar albahaca, menta, cebollín, mejorana, tomillo, salvia, romero, orégano y especies cultivadas en maceta en viveros.

La producción agrícola del estado como cualquier otra actividad se enfrenta a diversos factores que de algún modo limitan, reducen o afectan en algún punto el proceso productivo y el rendimiento. Uno de los factores importantes para lograr alcanzar rendimientos potenciales óptimos es proveer de una adecuada fertilización de nuestros cultivos, para esto debemos conocer a ciencia cierta el tipo de suelo, así como que nutrientes están en él y si se encuentran disponibles o no para los fines que perseguimos.

Por otro lado, hoy en día la inocuidad de los alimentos es un factor indispensable para la comercialización de vegetales; esto considerando que las exigencias de los mercados están enfocadas hacia la oferta de alimentos de calidad y que no dañen la integridad del consumidor. La presencia de microorganismos patógenos o residuos de plaguicidas en alimentos es uno de los problemas principales en salud pública, y las enfermedades producidas por los mismos es una de las causas más importantes de enfermedad.

Las bacterias *E. coli.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y *Listeria spp.* se han catalogado como los principales agentes etiológicos causantes de Enfermedades Transmitidas por alimentos (ETAs) a nivel mundial, provocando una alta incidencia en brotes y grandes pérdidas económicas debido a que no se aplican las buenas prácticas agrícolas que garanticen la seguridad y calidad alimentaria. Es por eso, que la aplicación de controles microbiológicos dentro de los programas de inocuidad es una prioridad para minimizar el riesgo de infección de los consumidores.

Asimismo el monitoreo de contaminantes químicos (residuos de plaguicidas, metales pesados, antibióticos), en productos agrícolas como aguacate, melón, papaya, piña, hierbas aromáticas, nopal, cebolla, jitomate, cítricos, pepino, chile, entre otros, han provocado el rechazo de embarques de productos por parte de los países importadores, ocasionando pérdidas a los productores nacionales, además de poner en riesgo el cierre de los mercados a los productos mexicanos, toda vez que existen una regulación nacional e internacional en este respecto, pero se carece de laboratorios de este tipo en el estado para atender esta necesidad, ya que es indispensable que en el ámbito microbiológico y de residuos estos sean acreditados

por el Sistema Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA), la cuál es la agencia dependiente de la SAGARPA reconocida por la Entidad Mexicana de Acreditación, la que puede emitir certificaciones que son reconocidas a nivel nacional e internacional por las diferentes entidades gubernamentales y comercializadores.

De la misma forma se requiere del monitoreo de residuos contaminantes de manera programada lo cual permita su posterior certificación como productos libres de residuos e inoos para la salud humana, para ello deberá contarse con un laboratorio acreditado ante el SENASICA, para garantizar la calidad del producto y así poder incursionar en los mercados tanto nacionales como internacionales de productos de mayor valor.

Actualmente la exigencia del mercado nacional e internacional obligan a cumplir esquemas estrictos de rastreabilidad de los procesos de producción, derivado de lo anterior los laboratorios dedicados al diagnóstico microbiológico y de residuos de plaguicidas juegan un papel determinante en el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los productos agrícolas, por lo que deben reconocerse ante el SENASICA.

Es importante mencionar que no existe ningún laboratorio acreditado en el Estado de Morelos que responda a las necesidades del sector agrícola. Actualmente el laboratorio ubicado en la UPEMOR que se quiere fortalecer, cuenta con equipos para realizar análisis de diagnóstico microbiológico a fin de determinar agentes que son limitantes para incursionar en mercados especializados por su impacto en la salud humana como *E. coli*, *Listeria*, *Salmonella* y *Shigella* mediante la técnica de PCR tiempo real, lo que garantiza la sensibilidad y por lo tanto la confianza del diagnóstico. La propuesta de fortalecimiento que se quiere dar al laboratorio permitirá realizar pruebas de Cromatografía y Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), que permita garantizar la calidad y sensibilidad de las pruebas a realizar.

#### **Objetivo General:**

- Fortalecer un laboratorio de diagnóstico nutricional, microbiológico y de residuos de plaguicidas, para el monitoreo masivo de contaminantes químicos y microbiológicos que permita dar el servicio a los productores agrícolas del estado de Morelos, fomentando la producción con menor daño al medio ambiente y al consumidor.

#### **Objetivos específicos:**

- Habilitar un Laboratorio Reconocido para brindar el servicio a los productores agrícolas del estado de Morelos.
- Implementar protocolos para realizar análisis de fertilidad de suelo, muestras de tejido vegetal de los cultivos de hortalizas (jitomate, cebolla, ejote), especies aromáticas, frutales (cítricos, aguacate, durazno, higo), granos básicos (frijol, arroz, sorgo, maíz).
- Implementar protocolos para diagnóstico de *E. coli.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y *Listeria spp* para el reconocimiento del laboratorio de PCR en productos agrícolas del Estado de Morelos (Aguacate, Nopal, Hierbas aromáticas, Jitomate, Cebolla, cítricos.)
- Implementar protocolos para diagnóstico de residuos de plaguicidas mediante las técnicas de cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta eficacia en productos agrícolas del Estado de Morelos (Aguacate, Nopal, Hierbas aromáticas, Jitomate, Cebolla, cítricos.)

**Productos esperados:**

- Laboratorio habilitado y listo para operar en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR), con tres módulos especializados y autorizado y/o acreditado ante SENASICA para brindar el servicio de diagnóstico nutrimental, microbiológico y de residuos de plaguicidas en 29,700 hectáreas destinadas a la agricultura en el estado de Morelos.
  - Análisis de fertilidad de suelo, muestras de tejido vegetal de los cultivos de hortalizas (jitomate, cebolla, ejote), especies aromáticas, frutales (cítricos, aguacate, durazno, higo), granos básicos (frijol, arroz, sorgo, maíz).
  - Diagnóstico de *E. coli.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y *Listeria spp*
  - Diagnóstico de residuos de plaguicidas

**Indicadores de impacto:**

- Laboratorio Reconocido por el SENASICA para diagnóstico nutrimental, microbiológico y de residuos de plaguicidas.
- El laboratorio incorpora el nodo de análisis de suelo considerando una capacidad aproximada de proceso de 1,800 muestras en un año.
- En relación al nodo de análisis microbiológico, este incrementa la capacidad de manejo de muestras a 800 muestras anuales aproximadamente, así como para el manejo de residuos de insecticidas.

**Modalidad:**

- D) Creación y fortalecimiento de infraestructura: Propuestas orientadas principalmente a crear y/o fortalecer la infraestructura científica y tecnológica, tales como: creación y/o equipamiento de laboratorios de alta especialidad en instituciones de investigación; creación y/o fortalecimiento de centros de investigación y desarrollo en empresas y parques científicos y tecnológicos, de museos científicos y tecnológicos, centros o departamentos de desarrollo de productos en empresas y parques tecnológicos.

**Tiempo de Ejecución:**

- Hasta 18 Meses

**Usuario:**

- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Morelos.

**Contacto:**

- MVZ. Fernando Romero Torres. Asesor del Secretario de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del estado de Morelos.  
Teléfono: (777) 314-49-99  
Correo electrónico: [fromero@insp.mx](mailto:fromero@insp.mx)

## **ÁREA 4.- Multidisciplinarias.**

### **4.1.- Plan estratégico que comprenda un estudio de viabilidad y plan de negocios para la construcción de un Sincrotrón en Morelos.**

#### **Antecedentes:**

La luz de Sincrotrón tiene propiedades que la hacen única: una gran brillantez en un amplio espectro de colores que va desde el infrarrojo hasta los Rayos X, el haz de luz es producido con dimensiones transversales muy pequeñas del orden de micrómetros a milímetros, la luz está polarizada y es producida en pulsos de muy corta duración.

Estas características la han convertido en un caballo de batalla en la investigación, el desarrollo y la innovación científica, tecnológica e industrial. De los quince países de mayor producto interno bruto en el mundo, México es el único que no posee una fuente de Luz Sincrotrón.

El número de áreas de la ciencia que se beneficiarán de esta instalación va desde la medicina hasta la ciencia de materiales y el estado sólido, la nanotecnología y la nanociencia, pasando por la biología, la biomedicina, la paleontología y la geología e incluso áreas de la arqueología y la investigación estética.

Por otro lado el número y la variedad de industrias que dependen de la luz de sincrotrón para el desarrollo y mejoramiento de sus productos ha ido en continuo aumento, usuarias importantes son la industria farmacéutica y la petrolera, la de alimentos así como la de productos cosméticos, sin pasar por alto la de micromanufactura.

Los países más avanzados como Estados Unidos, Japón y Alemania cuentan con una fuente de luz sincrotrón por cada veinte millones de habitantes. Los países emergentes, Brasil, India, Rusia, China y Sudáfrica tienen uno o varios y están en proceso de actualizarlos. Hay una verdadera efervescencia en el uso de este tipo de laboratorios. Una razón que ha impedido hasta el momento la instalación de uno de una fuente de luz en México es el costo relativamente alto. Éste, sin embargo, no es prohibitivo ya que se requiere una inversión de cuatro a cinco mil millones de pesos para construirlo en un período de seis a ocho años y los costos de operación y actualización durante los veinte años de uso y explotación del recurso se estiman en unos quinientos millones de pesos anuales.

Las aplicaciones científicas de la luz de sincrotrón son amplias y variadas, destacando entre ellas algunas que coinciden con las fortalezas nacionales en investigación:

#### **Ciencias de la Vida.**

Obtención de datos en cristalografía de moléculas biológicas desde cristales muy pequeños (de proteínas de difícil purificación) hasta cristales de grandes complejos macromoleculares (como virus). Estas características, junto con la aplicación de difracción anómala, permiten obtener estructuras de muestras y cristales que hasta ahora no podían usarse en experimentos de difracción con otras fuentes de radiación no convencionales (por ejemplo ánodos rotatorios o tubos sellados).

Estudios de difracción / dispersión de rayos X en materiales biológicos no-cristalinos, en particular para el estudio estructural y funcional de grandes sistemas biológicos (por ejemplo, orgánulos celulares o músculos). La LS permite también estudios cinéticos en estos sistemas, abriendo nuevas vías de aplicación.

Estudios del comportamiento químico de sistemas biológicos aislados a través de la espectroscopia de rayos X (por ejemplo, preparaciones de proteínas y enzimas en solución).

Estudios acoplados de difracción / fluorescencia / UV-Visible / e incluso espectrometría.

RAMAN en muestras biológicas las cuales permiten el análisis temporal de la formación de intermediarios catalíticos en los procesos enzimáticos.

### **Materia Condensada Blanda**

Las áreas que engloba esta disciplina incluyen entre otras: los coloides, los cristales líquidos, los polímeros sintéticos y biológicos, las suspensiones, los materiales funcionales, etc. Las técnicas de difracción y dispersión de rayos-X a ángulos grandes (WAXS) y ángulos bajos (SAXS) y ultra-bajos (USAXS) utilizando fuentes de LS se han empleado para estudiar una diversidad de procesos físicos en materia condensada blanda: cristalización, separación de fases, orientación molecular, etc. Muchos de estos experimentos se han realizado en tiempo real en una escala de tiempos de milisegundos. Gran parte de estas investigaciones no se podrían haber realizado sin la ayuda de fuentes de LS, debido a que todos los sistemas que constituyen la materia condensada blanda dispersan y difractan los rayos X muy débilmente.

### **Ciencia de Materiales y Química**

Entre los campos científicos y tecnológicos serían; Catálisis, Fotoquímica, Estudios Cinéticos, Reacciones en Estado Sólido, Transiciones de Fase, Fenómenos de Corrosión, Materiales de interés Geológico e interés ambiental, Densidades Electrónicas, Estados Excitados, Crecimiento Cristalino y Cinética de Cristalización, Defectos Cristalinos, Láminas Delgadas, Estructuras Moduladas, Cuasicristales y Materiales inhomogéneos a escala nanoscópica.

En estos campos son objeto de estudio una variedad muy amplia de sistemas de alto interés científico y tecnológico: Cementos, Especies en Disolución, Materiales Magnéticos, Semiconductores, Coloides, Aceros, Superconductores, Centros Enzimáticos, Conductores Iónicos, Estructuras Moleculares de Microcristales y Nanocristales, Micropartículas y Microtensiones, Zeolitas, Materiales Aperiódicos.

### **Rayos X Blandos (SXR)**

Con esta denominación genérica se consideran diversos métodos como la fotoemisión, espectroscopia de absorción, difracción de fotoelectrones, mapeado de bandas y dicroísmo magnético, entre otras.

Mediante estas técnicas es posible avanzar en la investigación de diversos materiales como los semiconductores, óxidos y metales, heteroestructuras de semiconductores, nuevos desarrollos en óptica no-lineal, etc. El aumento del flujo de fotones que proporciona la utilización de nuevas fuentes de LS y la incorporación de aparatos de inserción permitirá la realización de experimentos *in situ* o el estudio del estado electrónico de dopantes dentro de rangos de concentración muy bajos, del orden de  $10^{16}$  átomos/cm<sup>3</sup>.

### **Espectroscopía de Absorción de Rayos X (XAS).**

Entre los sistemas que en la actualidad son objeto de estudio mediante estas técnicas por la comunidad científica cabe señalar los materiales nananoestructurados, coloides, láminas delgadas, especies diluidas en disolución, aleaciones intermetálicas, materiales inorgánicos, aleaciones amorfas, materiales magnéticos, óxidos de metales de transición entre los que se incluyen, los conductores iónicos, calcogenuros, los superconductores de alta temperatura crítica o los óxidos de manganeso que presentan magnetoresistencia gigante, etc.

Una mención especial merece el estudio de catalizadores y procesos catalíticos, donde es posible realizar estudios *in situ* en celdas de reacción apropiadas, obteniendo información específica sobre los centros activos de reacción

### **Difracción de Rayos X (XRD)**

Esta es una técnica clásica cuyas potencialidades se han expandido sustancialmente gracias a las características optimizadas de la LS como la posibilidad de seleccionar longitudes de onda adecuadas y el alto brillo que puede conseguirse con la misma.

Entre estos cabe mencionar la determinación de estructuras cristalinas de monocristales de muy pequeño tamaño (cien veces más pequeño que el necesario en un difractómetro de laboratorio, incluso cuando se usan fuentes de ánodo rotatorio o 'microsources'); los estudios de dispersión anómala, que permiten estudiar mediante dispersión resonante el estado de ordenamiento orbital y de carga en óxidos de metales de transición; la difracción magnética, incluyendo la dispersión magnética resonante de gran interés para estudiar materiales magnéticos; la determinación de estructuras *ab initio* a partir de difractogramas de polvo cristalino de muy alta resolución, lo que permite determinar la composición de fases cristalinas, seguimiento en tiempo real de procesos de cristalización o transiciones de fase, estudios *in situ* bajo presión, etc., uso de la dispersión anómala para obtener información selectiva sobre sitios cristalográficos específicos y estado de oxidación, entre otros.

### **Ciencia de Superficies**

- Interacción gas/superficie, con aplicación en áreas como la catálisis heterogénea.
- Formación de interfaces, como las interfaces metal/semiconductor y semiconductor/semiconductor utilizadas en micro- y opto-electrónica.
- Interfaces sólido-líquido, importantes en numerosos problemas relacionados con el estudio de membranas y en electroquímica.
- Tribología, donde las técnicas de superficies están permitiendo por primera vez abordar el problema de la fricción a nivel atómico.
- Interfaces con propiedades magnéticas, con aplicación en sistemas de almacenamiento de datos.
- Estas áreas científicas afectan actividades como la catálisis industrial, la industria microelectrónica, la protección contra la corrosión y muchas más. Debido a estas circunstancias, a la complejidad de los fenómenos que se abordan en la Ciencia de Superficies, y a su carácter frecuentemente pluri-disciplinar, el empleo de una herramienta tan poderosa como la luz sincrotrón ha encontrado amplia aplicación.

### **Baja Energía (5 eV – 5 keV)**

Este intervalo energético (ultravioleta y rayos X blandos) comprende principalmente técnicas relacionadas con el estudio de la estructura electrónica. Se trata de un área con un número muy alto de usuarios, ya que las técnicas son de aplicación en campos muy variados, como la Química, la Geología, etc.

Los temas científicos concretos abordados por la comunidad de usuarios en este rango de energía son muy variados, y abarcan la estructura electrónica de sólidos y superficies, sistemas con alta correlación electrónica, superconductores, catalizadores modelo, interfaces con propiedades magnéticas, crecimiento homoepitaxial y heteroepitaxial, aleaciones, cuasi-cristales, transiciones de fase, y muchos otros más, en general en línea con los temas de interés de la comunidad internacional.

Estructura electrónica (técnicas: Ultraviolet Photoemission Spectroscopy UPS y Angle Resolved Ultraviolet Photoemission Spectroscopy, 5-150 eV).

Composición química y análisis del estado de oxidación/reducción (técnica: X-Ray Photoemission Spectroscopy, XPS).

Técnicas estructurales (técnicas: Photoelectron diffraction, PhD, Extended X-ray Absorption Fine Structure EXAFS y Near Edge EXAFS).

El uso de la luz sincrotrón es crucial en todas estas técnicas por las siguientes razones: a) Intensidad y brillo de la luz: parámetros que son críticos en problemas de



superficies, donde la contribución de señal de la zona de interés es varios órdenes de magnitud inferior a la de la muestra. b) Sintonizabilidad: en todas las técnicas relacionadas con la estructura electrónica, así como en EXAFS, NEXAFS y PhD, la posibilidad de variar la energía de fotón es imprescindible. c) Polarización: muy importante para poder discriminar la simetría de los estados electrónicos en ARUPS o la estructura geométrica en EXAFS. d) Estructura temporal: algo menos utilizada que las anteriores, pero aprovechada en técnicas estructurales basadas en detección de tiempo de vuelo (TOF).

### **Alta Energía (5 keV – 20 keV)**

La enorme ventaja de los rayos X frente a los electrones en el estudio de interfaces enterradas es el poder de penetración de los rayos X duros en la materia, comparado con el de los electrones. Así, por ejemplo, una interface entre dos semiconductores distintos que se encuentra a varios micrómetros de la superficie exterior del sistema puede estudiarse con difracción de rayos X o XSW.

Las aplicaciones de la Luz de Síncrotrón en la industria son muchas y muy variadas, éstas ayudaran a las empresas a alcanzar nuevas fronteras en sus actividades de investigación y desarrollo. A manera de ejemplo se describen a continuación algunas aplicaciones y técnicas empleadas en otros Síncrotrones.

### **Productos Farmacéuticos y Biotecnología.**

Diseño de medicamentos gracias a la rápida recopilación de datos, incluso a partir de cristales muy pequeños (5 micras) y con una resolución mayor que las convencionales fuentes de rayos X. Determinación de la estructura 3D de proteínas ya sea que se traten de cristales o semi-cristales usando las poderosas y totalmente automatizadas líneas de cristalografía de proteínas.

Formulación. Obtención de diagramas de fase de formulaciones complejas mediante el análisis de sus propiedades reológicas. Comprensión de las propiedades físico-químicas de un fármaco con excipientes. Evaluación de la estabilidad, la solubilidad y la cristalinidad de un nuevo fármaco para la creación de prototipos de formulaciones. Composición de alta resolución cuantitativa y cualitativa de una formulación completa, incluso a concentración ultradiluida. Determinación del polimorfismo y pseudo-polimorfismo de la molécula dentro de una formulación completa.

Pruebas preclínicas. Investigación del efecto de concentración de un fármaco o un marcador en mamografía o en el diagnóstico de asma. Irradiación selectiva de células tumorales.

### **Industria Automotriz.**

La industria automotriz está concentrando gran parte de su esfuerzo en la obtención de catalizadores más eficientes de escape, que al mismo tiempo transforma a los tres principales emisiones contaminantes - óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados - en nitrógeno (N<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). El desarrollo de los convertidores catalíticos fue instigado a mediados de los años 70, cuando las leyes del medio ambiente ejercieron presión sobre la industria del automóvil para reducir la cantidad de emisiones nocivas. Hoy en día, la dirección de esta investigación es principalmente dictada por tales legislaciones ambientales globales que exigen los estándares más altos.

La Espectroscopia de Absorción de Rayos X (XAS) ha demostrado ser una poderosa técnica para estudiar las propiedades físicas y químicas de las superficies catalíticas. Sin embargo, los XAS convencionales obtienen los datos de experimentos ex-situ, suministrando información estática. En el ESRF, es posible llevar a cabo experimentos dinámicos e *in situ*, pero lo más importante, estos experimentos se puede seguir hasta el régimen de milisegundos. La combinación de estas

características es una de las principales ventajas del ESRF, una de las instalaciones más avanzadas del mundo. La capacidad de estudiar las reacciones muy rápidas es crucial para el análisis de los convertidores catalíticos, porque los ciclos de oxidación y reducción a la que se presentan ocurren en menos de un segundo.

### **Semiconductores**

La perfección y la pureza de las obleas de silicio (silicon wafers) para producir semiconductores es fundamental para el rendimiento del dispositivo. Niveles aceptables de contaminación metálica están ahora por debajo de 10<sup>8</sup> átomos/cm<sup>2</sup>. El análisis convencional de traza de elementos es inadecuado para niveles tan bajos. Las técnicas de sincrotrón para la imagen, microtomografía, topografía, microscopía de RX y microscopía FTIR usando los rayos ESRF de alto brillo, fácilmente supera este nivel de detección de rastros y son comúnmente utilizados para el estudio de las inclusiones en la superficie o la identificación de un defecto en obleas de silicio.

### **Generación y almacenamiento de energía.**

Actualmente los temas clave para la transición de una economía basada en petróleo a una sustentable implican atender temas clave como son el mejoramiento de la resistencia mecánica y la temperatura de las membranas de celdas de combustible (PEMFC, SOFC), la catálisis de celdas de combustible (Pt, Pd, Rh, Ru), el control del grado de hidratación de las membranas de las celdas de combustible, la reducción de los costos de los materiales por la optimización de procesos y el mejoramiento de la conductividad de los materiales.

### **Industria Petrolera**

Exploración. Las técnicas de radiación de sincrotrón se utilizan, por ejemplo, para mejorar nuestro conocimiento de las rocas generadoras por el análisis de inclusiones de fluido por microscopía infrarroja, para analizar los elementos de traza de petróleo crudo con el fin de determinar el camino seguido por el petróleo durante la migración, para determinar el comportamiento de los hidratos en el transporte de petróleo a alta presión y baja temperatura en función de su estructura.

Ingeniería de Yacimientos. El tema clave aquí es el transporte de fluidos en medios porosos. La microtomografía proporciona información clave en 3D de la distribución *in situ* y del flujo de petróleo y agua en matrices humedecidas en petróleo.

Perforación. Los futuros descubrimientos de petróleo es probable que involucren la perforación a una profundidad de varios kilómetros, lo que implica condiciones de alta temperatura y alta presión, que rara vez se han explorado hasta ahora. La comprensión de los mecanismos de transformación en condiciones extremas es otra área en la que la radiación de sincrotrón pueden ayudar a determinar los factores que limitan el desempeño de los materiales y a sugerir las mejoras que pueden hacerse.

Transporte. Las tuberías transportan cada vez mezclas más complejas de fluidos (aceite, agua, gas y arena) de las condiciones predominantes de alta temperatura y alta presión de los yacimientos a través de, por ejemplo, redes en el fondo marino. Las técnicas de sincrotrón son muy útiles para estudiar el comportamiento de las mezclas cuando se les somete a cambios de temperatura y presión durante el transporte con el fin de optimizar este paso. La dispersión de rayos X de ángulo pequeño, en particular, pueden dar información sobre el tamaño y la forma de agregados. El uso de la alta intensidad y los tiempos de adquisición disponibles con la radiación de sincrotrón pueden ayudar en el establecimiento de la cinética del proceso. Además, la microtomografía promete proporcionar directamente los datos requeridos para estudiar las estructuras de espuma sintáctica usada como una solución potencial a largo plazo para el aislamiento del petróleo durante el transporte o para comprender la complejidad de las nanoestructuras de compuestos de arcilla de polímero, utilizados para fabricar materiales de baja permeabilidad para transportar el petróleo.

Refinación y Petroquímica. El petróleo crudo es una mezcla compleja de muchos hidrocarburos. La eliminación de S, N, Ni, V del crudo es de alta importancia ambiental. XANES es capaz de dar pistas en cuanto a la coordinación local de estos elementos y aún más interesante en depósitos sólidos de petróleo pesado. En el campo de catalizadores soportados, los métodos de radiación sincrotrón han logrado una sinergia importante en la identificación de las características estructurales y electrónicas durante los procesos catalíticos *in situ*. Esto es especialmente representativo en sistemas donde la resolución temporal obtenida mediante métodos de radiación sincrotrón permite una visión considerable para la comprensión del proceso.

Aislamiento de CO<sub>2</sub> El aislamiento subterráneo de CO<sub>2</sub> en los pozos agotados con el fin de reducir el impacto del CO<sub>2</sub> en la atmósfera se está estudiando. XRD y microtomografía de sincrotrón *in situ* se pueden utilizar para predecir el comportamiento de los sellos de cemento para cerrar los pozos en los cuales los gases se inyectarían.

### **Medio ambiente**

El mantenimiento del balance natural es un sistema delicadamente equilibrado. A medida de que nos volvemos más conscientes de los efectos potencialmente dañinos de muchas actividades humanas, el desarrollo de formas de proteger nuestro frágil ambiente se está volviendo más importante en la agenda de la sociedad. Algunos usuarios del ESRF están investigando nuevos tipos de energía "limpia". Otros están analizando muestras de suelos y agua contaminados - la investigación que hace posible, por ejemplo, la investigación de la propagación de partículas radiactivas resultantes de accidentes nucleares como Chernobyl. Pero no todos los problemas ambientales son hechos por el hombre. Los científicos en los sincrotrones también están estudiando los fenómenos naturales como los volcanes y las avalanchas a fin de tener un mejor conocimiento de ellos, con el objetivo de proporcionar avisos previos.

### **Metalurgia**

Las partes metálicas están sujetas a esfuerzos mecánicos considerables durante la fabricación y durante toda su vida útil. Estas tensiones causan deformación y fatiga de los componentes, que afectan a su rendimiento y puede llevar al fracaso.

En las industrias aeroespacial, automotriz y de construcción, es fundamental tener un conocimiento perfecto de las relaciones tensión / deformación en muchos componentes que son críticos para la seguridad y la vida de servicio. La medición de la deformación con rayos X en el modo de exploración en el ESRF, que es una herramienta bien adaptada para el análisis de estrés, proporciona este conocimiento. Esta técnica pone de manifiesto la tensión de deformación de los metales mediante la medición de la deformación estructural de la red metálica a nivel atómico en la mayor parte de la muestra. Las fuerzas de tensión se calculan a partir del mapa de tensiones para identificar las zonas con niveles críticos. El intenso haz de rayos X en el ESRF se puede utilizar para analizar acero a una profundidad de unos pocos milímetros con una resolución dimensional muy alta.

### **Productos cosméticos**

Desarrollar nuevos productos cosméticos y evaluar su eficacia y seguridad de los futuros consumidores requiere herramientas de caracterización de muy alto rendimiento.

Como técnica complementaria a la microscopía electrónica, la dispersión de rayos X de pequeño y gran ángulo, siendo no destructivo, ofrece profunda información sobre las propiedades reológicas de cremas de belleza, productos para el cabello, lápices labiales o esmaltes de uñas y su tolerancia por la piel o el pelo. Al examinar su

nanoestructura, los ingenieros de cosméticos son capaces de desarrollar productos más estables, con efectos más duraderos.

Rastros de estos productos atrapados en la piel o el cabello pueden ser detectados mediante el uso de microscopía de rayos X de sincrotrón. La tomografía de rayos X proporciona información única en 3D de tales productos a fin de hacer una relación entre las propiedades macroscópicas y la micro-estructura.

### **Productos alimenticios**

La industria alimentaria está desarrollando constantemente nuevos productos alimenticios para satisfacer las tendencias de los consumidores en términos de novedad, la facilidad de preparación y el valor nutricional, manteniendo altos estándares de calidad. Para responder a este desafío, el sector se está alejando de la cocina tradicional hacia el procesamiento racionalizado. Esto implica un gran esfuerzo en investigación de nutrición ya que los alimentos son mezclas muy complejas de los diferentes componentes con propiedades térmicas, mecánicas, reológicas y de envejecimiento muy diversas.

Varias compañías de alimentos han optado por tomar ventaja de los rayos X proporcionados por el ESRF para mejorar los productos existentes y explorar el potencial de los nuevos desarrollos para el chocolate, pan, mantequilla, cremas y bebidas. El análisis de productos alimenticios por tomografía de rayos X y la dispersión de pequeño y gran ángulo de rayos X proporcionan tanto los resultados cualitativos como cuantitativos que ayudan a relacionar las propiedades macroscópicas y la micro-estructura de la muestra tanto en el modo estático como en el dinámico.

### **Materiales**

La Ciencia de Materiales representa un amplio campo de la investigación y la caracterización microestructural de los materiales que se necesitan con el fin de comprender mejor los principales fenómenos que se producen durante la formación o durante el uso de un material. La caracterización de la microestructura debe llevarse a cabo a la escala correspondiente, en función del problema científico.

Las técnicas de Rayos X de Sincrotrón son únicas para lograr la resolución espacial por debajo de la micra. La predicción del rendimiento de los materiales de construcción expuestos a ambientes agresivos es técnica y económicamente importante.

Monitoreo en tiempo real de la hidratación del cemento por difracción de rayos X. Hasta hace poco, las fases de reacción intermedias formadas durante el ajuste de los cementos no habían sido observadas directamente debido a su periodo de vida transitorio. Utilizando el intenso haz de rayos X en el ESRF, los industriales han seguido las primeras etapas de la hidratación del cemento en tiempo real. La fase transitoria se identificó a partir de los datos de difracción, lo que demuestra los beneficios de la monitorización en tiempo real al arrojar nueva luz sobre viejos problemas.

### **Síntesis de productos químicos a granel**

La industria química está en la búsqueda de procesos más eficientes y ambientalmente compatibles para la fabricación de materias primas, monómeros utilizados en la industria de los polímeros. Reducir el número de pasos en el proceso junto con la optimización de las reacciones catalíticas se ha convertido en una prioridad para las empresas involucradas en la síntesis de productos químicos a granel. La catálisis heterogénea controla alrededor del 90% de los procesos mundiales de fabricación de productos químicos, y contribuye sustancialmente al PIB de las grandes economías industrializadas. Sin embargo, los mecanismos fundamentales

físicos y químicos a menudo no se entienden completamente y su estudio sigue siendo en gran parte empírico, a la espera de una investigación sistemática. En consecuencia, es del interés de las industrias el invertir en investigación en este campo con el fin de reducir los costos a través de química mejorada y la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental de las operaciones químicas.

El mundo existen 64 fuentes de luz sincrotrón. En Asia 19; en Europa 23; en Oceanía 1 y en el Medio Oriente 4. En nuestro continente contamos con 17 instalaciones: 15 en Estados Unidos, 1 en Canadá y 1 en Brasil. Para información detallada de cada una de estas instalaciones se recomienda la página <http://www.lightsources.org/about-lightsources>.

El impacto que tiene una instalación de este tipo en la economía nacional es importante tanto en lo económico como en lo social y académico. Como ejemplo usaremos el caso del sincrotrón de Daresbury en el Reino Unido que estuvo operando por 28 años. La inversión durante todo ese tiempo sumó 470 millones de libras esterlinas. Los beneficios económicos documentados fueron:

1. Dos millones de horas de investigación científica que dieron lugar a más de 5,000 publicaciones. Más de mil estructuras de proteínas incluyendo a la que obtuvo el Premio Nobel en Química de 1997.

2. Formación de recursos humanos especializados al entrenar más de 10,000 usuarios de todo el mundo. En difusión de la ciencia, recibió más de 6,000 visitantes escolares por año.

3. La economía local recibió beneficios por más de 450 millones de libras esterlinas al generar 200 empleos de alto ingreso que promovieron la creación de más de 300 negocios locales con una derrama indirecta de más de 350 millones de libras esterlinas.

4. Se crearon 6 nuevas empresas de manera directa, 3 indirectas y una de servicios comerciales. En total se registraron 25 patentes de empleados del sincrotrón de las cuales se licenciaron 11 por más de un millón de libras esterlinas.

5. Se mejoró la competitividad de los negocios del Reino Unido al volverse proveedores especializados de insumos, maquinaria y servicios del sincrotrón por un monto superior a los 300 millones de libras esterlinas contratadas.

En resumen, la inversión en el Sincrotrón de Daresbury reportó beneficios económicos locales y nacionales por un factor de 2.3, sin tomar en cuenta los beneficios indirectos generados por la derrama académica.

Es por todo ello que el gobierno de Morelos considera con la mayor seriedad la pertinencia de que una instalación de esta magnitud se construya dentro de su territorio. Con la intención de dotar la decisión con información de la mayor calidad, se ha planteado el objetivo de encomendar a los mejores expertos nacionales una propuesta que contemple los aspectos técnicos, científicos y financieros del proyecto y que pueda ser sometida a la comunidad científica en todas sus representaciones así como a las autoridades federales relevantes en el tema.

### **Objetivo General:**

- Desarrollo de un plan estratégico que comprenda un estudio de viabilidad y plan de negocios para la construcción de un Sincrotrón en Morelos.

### **Productos Esperados:**

- Diagnóstico de investigadores y especialistas en las áreas, tanto de operarios como de usuarios.

- Plan Estratégico. Este documento debe comprender, al menos:
  - Documentos que demuestren la participación de las principales instituciones académicas y de educación superior del país con especialidad en el tema.
  - Documentos que demuestren el respaldo al proyecto de los diferentes consejos, asociaciones, academias y/o foros científicos de relevancia nacional.
  - El liderazgo del proyecto debe recaer en un(a) científico/científica mexicano(a) con liderazgo comprobable en el área.
  - Información técnica suficiente que justifique la inversión con base en el impacto esperado sobre el desarrollo científico, tecnológico y la economía del país.
  - Un plan de negocios destinado a cubrir los gastos de operación y mantenimiento del sincrotrón al menos parcialmente.
- Plan de inversión requerida
  - Se requiere una estimación preliminar, desglosada por etapas, del costo de la construcción considerando al menos dos alternativas entre las modalidades llave en mano, construcción sobre diseño original, esquemas híbridos, etc., basada en un estudio comparativo con otros sincrotrones modernos.
- Anteproyecto arquitectónico
  - Incluyendo una propuesta sobre el número y tipo de laboratorios que debieran instalarse en un primer equipamiento consensuada con la red de usuarios de sincrotrón.
- Estructura organizacional

**Tiempo de ejecución:**

- Hasta 12 meses.

**Indicadores a mediano plazo:**

- Número de empleos a generarse en el área.
- Número de centros e institutos de investigación asociados al Sincrotrón a instalarse.
- Número de personal especializado a entrenarse.
- Número de empresas que se crearán para la provisión de servicios especializados.
- Número de experimentos que se realizarán y publicaciones que se generarán.
- Número de patentes a registrar y licenciar.

**Modalidad:**

- Modalidad D: Creación y Fortalecimiento de Infraestructura:  
Propuestas orientadas principalmente a crear y/o fortalecer la infraestructura científica y tecnológica tales como: creación y/o equipamiento de laboratorios de alta especialidad en instituciones de investigación, creación y/o fortalecimiento de centros de investigación y desarrollo en empresas y parques científicos y tecnológicos, de museos científicos y tecnológicos, centros o

departamentos de desarrollo de productos en empresas y parques tecnológicos.

**Usuarios:**

- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología de Morelos.

**Contacto:**

- Dr. Jaime E. Arau Roffiel, Subsecretario de Investigación Científica.  
Teléfono: (777) 512 66 48 y 49, ext.105  
Correo electrónico: [jaime.arau@morelos.gob.mx](mailto:jaime.arau@morelos.gob.mx)  
Av. Atlacomulco No. 13 Esquina Calle de la Ronda, Col. Acapantzingo. Interior del Parque San Miguel Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62440

Referencia:

*The ALBA Synchrotron Ligth Source*, Generalitat de Catalunya, Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, 2010.