

# División de Materiales Avanzados- IPICyT\*

Horacio Flores Zúñiga\*\*

**RESUMEN:** En este trabajo se describen las actividades en nanociencias y nanotecnologías (NyN) que se llevan a cabo en la División de Materiales Avanzados del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICyT). En particular, se describen los laboratorios nacionales con los que cuentan los académicos para desarrollar sus investigaciones en estas áreas. Asimismo, se dan a conocer los proyectos de investigación que han sido apoyados con financiamiento externo. Por otro lado, se da cuenta de algunos de los equipos científicos y sus bondades para permitir caracterizar y estudiar las nanoestructuras y materiales nanoestructurados.

**PALABRAS CLAVE:** Nanociencias, nanotecnología, materiales avanzados, microscopía electrónica, difracción de rayos X, IPICyT.

**ABSTRACT:** In this work the research activities on nanosciences and nanotechnology at the Advanced Materials Department of the Potosino Institute of Scientific and Technology Research (IPICyT) are presented. Specifically, the scientific equipment and research grants that allow the nanostructures and nanostructured materials studies and characterization, performed by academics at two of the national laboratories in IPICyT.

**KEYWORDS:** Nanoscience, nanotechnology, advanced materials, electron microscopy, X-ray diffraction, IPICyT.

## Introducción

La División de Materiales Avanzados (DMAv) es una de las cinco áreas académicas del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICyT). Fundado en el año 2000, el IPICyT es un Centro Público de Investigación multi e interdisciplinario del CONACyT. Representa un esfuerzo importante tanto en la descentralización de las actividades científicas y tecnológicas como del Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

En la DMAv se realiza la síntesis, caracterización y el empleo de nuevos materiales y nanoestructuras para su uso en aplicaciones emergentes. Materiales como grafeno, óxidos de titanio, nanotubos, nanocompositos, materiales

---

Recibido: 21 de julio de 2016. Aceptado: 31 de agosto de 2016.

\* Nuestro agradecimiento al LINAN y CNS por facilitar las imágenes de los equipos.

\*\* Jefe de la División de Materiales Avanzados, del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. Camino a la Presa San José 2055, Lomas 4ª sección, 78216 San Luis Potosí, S.L.P. Correspondencia: (horacio.flores@ipicyt.edu.mx). Tel. (444) 834 2000 ext. 7263.

**FIGURA 1.** Entrada del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.



híbridos y biomateriales diversos son investigados tanto a nivel básico como en aplicaciones tales como la generación de fuentes alternas de energía, electrónica orgánica, sensores de gases, nanomedicina, inactivación de microorganismos patógenos, entre otros.

Para contribuir al estudio de estos materiales y nanoestructuras novedosos, el posgrado asociado a la DMAV tiene acceso a los equipos científicos del Laboratorio Nacional de Investigaciones de Nanociencias y Nanotecnología (LINAN). Asimismo, se utiliza el poder de cálculo del Centro Nacional de Supercómputo (CNS), el cual también es un laboratorio nacional del IPICT, para llevar a cabo simulaciones moleculares con el objetivo de entender diversas propiedades fisicoquímicas, electrónicas y magnéticas.

## Posgrados

En esta división se ofrecen dos posgrados de maestría y doctorado en nanociencias y materiales, los cuales tienen la misión de formar profesionales en estas áreas con compromiso social, competitividad en el desarrollo y estudio de nuevos materiales, y que cuenten con prestigio y reconocimiento social. Un porcentaje importante de las tesis desarrolladas tienen un tema relacionado con nanoestructuras o fenómenos nanoscópicos.

## Personal académico

La DMAV cuenta actualmente con 20 académicos, de los cuales; 15 se dedican a la investigación teórica y experimental en NyN; diez de éstos son investigadores consolidados y cinco son técnicos académicos. Uno de los investigadores considerados está asociado a otra área académica (ciencias ambientales).

El total de artículos científicos publicados en el tema de NyN desde 2001 a julio de 2016 (15 años) es de 370, con un promedio de 24.66 artículos por año.

## Líneas de investigación

Las líneas de investigación generales en NyN que se cultivan en el IPICYT son:

- Materiales y compuestos nanoestructurados.
- Fotocatálisis, nanocompositos, generación de hidrógeno.
- Biomateriales y bionanotecnología.
- Inactivación de microorganismos.
- Síntesis y modificación de materiales absorbentes con base en nanotecnología.

Cabe señalar que también se tiene una línea de trabajo sobre de materiales magnéticos, donde se realiza investigación en propiedades magnéticas de materiales nanoestructurados, lo cual contribuye al área de nanociencias.

De manera particular los investigadores dedicados a la NyN tienen líneas específicas de investigación, entre las cuales encontramos:

- Propiedades magnéticas de nuevos materiales nanoestructurados.
- Propiedades magnéticas en sistemas de baja dimensionalidad.
- Compuestos de grafeno - óxidos metálicos.
- Estudio de las propiedades electrónicas de compuestos orgánicos fotovoltaicos.
- Estudio de propiedades electrónicas de nanoestructuras orgánicas e inorgánicas y su aplicación a la nanoelectrónica.
- Propiedades electrónicas y de transporte de polímeros conductores: aplicación a la electrónica orgánica.
- Nanopartículas metálicas.
- Nuevos materiales nanoestructurados.
- Modelado de fenómenos nanoscópicos.
- Síntesis y aplicación de materiales catalíticos.
- Nanopartículas metálicas.
- Síntesis de nanoestructuras sol-gel.
- Síntesis de nuevos materiales nanoestructurados con propiedades catalíticas y semiconductoras.
- Síntesis y caracterización de nuevos materiales nanoestructurados sol-gel (semiconductores, películas, -óxidos mixtos, nanotubos, dopaje sol-gel, materiales mesoporosos de alta área superficial).
- Síntesis y funcionalización de grafenos por métodos de química suave.
- Estructura atómica de materiales complejos.
- Modelos matemáticos de los materiales complejos.

## Proyectos con financiamiento externo y relacionados con NyN

Desde el inicio se ha logrado obtener el apoyo para 67 proyectos de diferentes convocatorias, es decir, de financiamiento externo. De estos 67 proyectos, 60 han sido de convocatoria (CONACyT y otras Internacionales), 5 son de recursos propios y 2 de otros fondos como Gobierno del Estado de SLP y uno de colaboración con CIATEJ.

De los proyectos por convocatoria; 22 son internacionales, como, por ejemplo, UC-Mexus, Bilaterales, Air Forces de EEUU, etc. Asimismo, 21 proyectos fueron de la convocatoria de ciencia básica, 5 de infraestructura, 3 de fondos mixtos, 3 de laboratorio nacional, 5 del CONACyT de fondos diversos.

De los proyectos de Infraestructura y dos de CONACyT (Milenio y LINAN) permitieron equipar con equipo científico muy especializado como el microscopio electrónico de transmisión de alta resolución, y otros que se describen en la siguiente sección y que no pueden adquirirse a través de proyectos sectoriales como el fondo de ciencia básica o bien de fondos Internacionales. La figura 2 muestra la clasificación de los proyectos.

### Laboratorios nacionales

Los investigadores experimentales en NyN tienen acceso al Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN), localizado en la misma división académica; cuenta con una importante infraestructura de caracterización estructural, microestructural y de diversas propiedades físicas. La figura 3 muestra el detalle de un equipo de reciente adquisición XPS. La tabla 1 da cuenta de los equipos más importantes de este laboratorio, sus características y bondades. En general, cada equipo se encuentra en un espacio de laboratorio acondicionado para los requerimientos del fabricante.

**FIGURA 2.** Clasificación de los apoyos de proyectos: (a) Porcentaje por tipo de recurso. (b) Porcentaje por tipo de convocatoria.

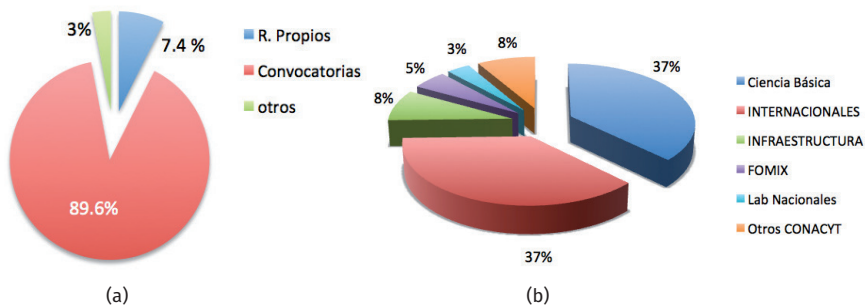


Figura 3. Detalle del XPS (espectroscopía de electrones fotoemitidos) Versaprobe II.

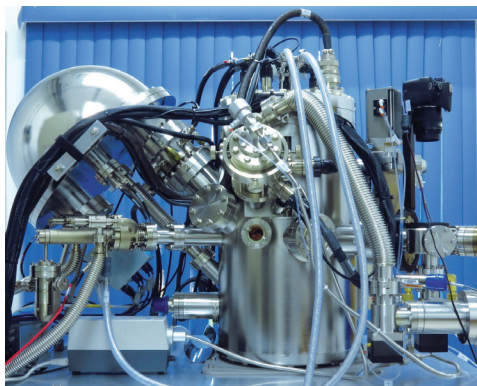


TABLA 1. Equipos científicos del Laboratorio Nacional LINAN.

EQUIPO	ESPECIFICACIONES	USOS
Microscopio electrónico de transmisión de alta resolución	HR-TEM FEI TECNAI F30 (300 keV) FEG, EELS, EDS, HAADF, Precisión.	Imágenes de alta resolución. Identificación de los elementos por EDS y por EELS. Patrones de difracción usando precesión del haz de electrones.
Microscopio electrónico de transmisión convencional	TEM JEOL 200 CX (200 keV). SAD.	Imágenes de la microestructura, por ejemplo, de defectos cristalinos. Patrones de difracción.
Microscopio electrónico de barrido con haz de iones	Dual Beam (FIB/SEM) FEI-Helios Nanolab 600. FEG, BSED, EDS, Ga ion beam.	Cortes con haz de iones de Galio, Elaboración de muestras de TEM. Resolución cercana a 1 nm. Imágenes de electrones retrodispersados. Análisis químico elemental por EDS.
Microscopio electrónico de barrido ambiental	ESEM FEI-QUANTA 250 FEG (Cañón de electrones de emisión de campo).	Imágenes de resolución cercana a 5 nm. Análisis químico elemental por EDS Observaciones a vacío moderado, humedad y diferentes temperaturas.
Microscopio electrónico de barrido ambiental	ESEM FEI-QUANTA 200.	Imágenes de resolución cercana a 10 nm. Análisis químico elemental por EDS Observaciones a vacío moderado, humedad y diferentes temperaturas.
Microscopio de fuerza atómica	AFM Jeol JSPM-5200.	Imágenes de la superficie.

TABLA 1. Equipos científicos del Laboratorio Nacional LINAN (continúa).

EQUIPO	ESPECIFICACIONES	USOS
Espectroscopía de electrones fotoemitidos	XPS. PHI 5000 VersaProbe II.	Fuente de R X Al-ka (1486.7eV). Información de los primeros 10 nm sobre la superficie. Sensitividad de 0.1 at.%. Detección elementos químicos excepto hidrógeno. Estados químicos. Perfil de composición (ARXPS) y con erosión de iones. Spot de 9 a 200 mm.
Difractómetro de rayos X	XRD Bruker D8 Advance	Patrones de difracción. Identificación del sistema cristalino de la muestra analizada e información 3D de la estructura interna del cristal.
Difractómetro de rayos-X	XDR SmartLab RIGAKU. Con detector rápido.	Obtención de patrones de difracción a diferentes temperaturas.
Espectrómetro fluorescencia de rayos X	Espectrómetro ZSX Primus II de la marca RIGAKU. RX de Rh.	Alta precisión y reproducibilidad. En sólidos, polvos, perlas y líquidos.
Espectrómetro Raman	InVía Microraman Renishaw (514 nm y 633 nm), filtros holográficos Notch o filtros dieléctricos).	Analiza compuestos orgánicos, inorgánicos y biológicos, materiales semiconductores, películas delgadas, polímeros, medicamentos y cristales; para elucidar su estructura mediante la obtención de un espectro Raman.
Sistema de medición de propiedades físicas (PPMS)	(PPMS) Quantum Design. de 2 a 400 K, campo magnético de 0 a 9 T.	Magnetización, capacidad calorífica y resistividad, efecto hall, curvas I-V.
Sistema de medición de propiedades físicas (PPMS)	(PPMS) DynaCool Quantum Design. Temperaturas de 2 a 400 K, campo magnético de 0 a 9 T.	Magnetización, Capacidad calorífica y resistividad, efecto hall, curvas I-V.

Además de los equipos del LINAN, se cuenta con otros equipos científicos dentro de los laboratorios de la División de Materiales Avanzados, entre los cuales están: cromatógrafo de líquidos, *sputtering*, calorimetría diferencial de barrido, microscopio óptico, *melt spinner*, sistema de síntesis química en fase vapor (CVD), horno de arco eléctrico, por mencionar algunos.

Asimismo, los investigadores teóricos tienen acceso a los servicios que ofrece el Centro Nacional de Supercómputo (CNS), el cual es un laboratorio nacional. Este centro tiene entre otros equipos, un clúster de 107 *teraflops* con 5,640 núcleos y 140 nodos de cálculo. Esto permite que los investigadores teóricos realicen cálculos necesarios para sus investigaciones. La figura 4 muestra la entrada del CNS y una imagen del clúster.

**FIGURA 4.** a) Entrada del edificio del CNS, y b) aspecto del clúster IBM iDataPlex dx360 M4 (rendimiento teórico de 107.568 Tera flops) y almacenamiento de 1.4 PB.



(a)

(b)



## Principales logros

- Consolidación de la infraestructura, que puede constatarse en los equipos que están en el Laboratorio Nacional LINAN.
- Se han podido consolidar tres grupos de investigación; uno de ellos en el área teórica de NyN, y dos en materiales nanoestructurados.
- 370 artículos en revistas indizadas internacionales en 15 años.
- Aunque los temas de investigación de esta división se han diversificado desde el año 2009, siguen publicándose un número importante de artículos en el tema de NyN.
- Los posgrados de maestría y doctorado en nanociencias y materiales están en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) con el nivel de consolidados.
- Se ha consolidado la mayoría de los investigadores: de los diez investigadores en NyN seis de ellos están en el nivel 3 del SNI y cuatro en el nivel 2.
- Se ha generado interdisciplina entre las cinco divisiones académicas, en particular se realiza investigación y se dirigen tesis en temas que involucran NyN en conjunto con las divisiones de biología molecular y con ciencias ambientales, dadas las aplicaciones que se tiene de las nanoestructuras en biología y en la remediación del medio.