

Universidad Politécnica de Pachuca*

Maricela Villanueva-Ibáñez¹

RESUMEN: La investigación en nanociencias y nanotecnología (NyN) en la Universidad Politécnica de Pachuca surge con un grupo multidisciplinario de profesores investigadores que posteriormente fue reconocido como Cuerpo Académico (CA) de Nanotecnología, nuevos materiales y sistemas para la salud, industria y energías alternas. El CA realiza sus actividades de investigación en el Laboratorio de Nanotecnología, sistemas Biológicos y Aplicaciones industriales (LaNBA), pionero en el estado de Hidalgo desde 2006. Las dos líneas de investigación que se desarrollan comprenden proyectos originales relacionados con el diseño, síntesis, caracterización y aplicación de nanomateriales para las áreas en las que el grupo se enfoca. Durante los cinco años de haber sido reconocido como CA *en consolidación*, el LaNBA se ha provisto de equipo básico para la caracterización de los nanomateriales producidos mediante métodos químicos, biosíntesis avanzadas puestas a punto en el grupo, así como materiales nanoestructurados obtenidos por métodos físicos para aplicación en energías. Una característica distintiva del grupo es la vocación por desarrollar proyectos que integran diferentes especialidades que permiten obtener dispositivos que cubran necesidades tecnológicas específicas.

PALABRAS CLAVE: Nanomateriales, nanobiotecnología, salud, energía alterna, aplicación industrial.

ABSTRACT: Nanosciences and nanotechnology (N&N) at the Polytechnic University of Pachuca emerge in a multidisciplinary group of researchers officially recognized under the name of "Nanotechnology, new materials and systems for health, industry and alternative energies". The group conducts its research at the Laboratory of Nanotechnology, Biological systems and industrial Applications (LaNBA), pioneer in the state of Hidalgo since 2006. Two lines of research develop original projects that include the design, synthesis, characterization and application of nanomaterials for areas in which the group focuses. In the last five years, the group has been *in consolidation* and has equipped the LaNBA with basic equipment for characterization of nanomaterials produced by chemical methods, the group has improved advanced biosynthesis of nanostructured materials obtained by physical methods for energy applications. A distinctive feature of the group is to develop projects that incorporate the specialties that allow to obtain devices that solve specific technological needs.

KEYWORDS: Nanomaterials, nanobiotecnology, health, alternative energy, industrial application.

Recibido: 23 de septiembre de 2016. Aceptado: 6 de octubre de 2016.

* Se agradece a los profesores investigadores de la UPPachuca que pertenecen y colaboran en el CA: Dr. Marco Antonio Flores González, Dra. Patricia Nayeli Olvera Venegas, Dra. Blanca Estela Jaramillo Loranca, Dr. Roberto Castillo Ojeda, M.C. Gerardo Benítez Morales, M.C. Javier Hernández Pérez, M.M. Miguel Ángel Aguilera Jiménez y M.M. Roel González Montes de Oca por aportar información para la elaboración de este documento, así como a la Dra. María de los Ángeles Hernández Pérez de ESIQIE-IPN y de UPPachuca a la Dra. Rocío Álvarez García, a la Dra. Yuridia Mercado Flores y al Dr. Genaro Vargas Hernández, por su interés en colaborar con el CA en NyN.

¹ Responsable del LaNBA y líder del CA Nanotecnología, nuevos materiales y sistemas para la salud, industria y energías alternas (UPPACH-013). Universidad Politécnica de Pachuca. Carr. Pachuca-Cd. Sahagún Km.20, Ex-Hda. Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México. CP. 43830. Correspondencia: (villanueva@upp.edu.mx). Tel.: +52(771) 547 7510.

El estado de Hidalgo se ubica 65 km al norte del núcleo poblacional y económico más importante de la República Mexicana. La posición geográfica del estado de Hidalgo en la región centro oriente del país lo caracteriza como una región estratégica para el comercio y la conectividad nacional, particularmente con los estados de Querétaro, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla, Tlaxcala y el Estado de México; es el séptimo estado más pequeño del país con una superficie de 20, 846 km². La región considerada como de incidencia involucra las entidades con mayor necesidad de programas educativos de alto nivel que formen recursos humanos que coadyuven al progreso de sus estados tales como, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Distrito Federal y Veracruz. Aquí es donde surge en 2004 por decreto de creación, la Universidad Politécnica de Pachuca (UPPachuca), bajo la necesidad de establecer un nuevo modelo de educación superior caracterizado por su alta pertinencia, flexibilidad y articulación académica, la cual forma profesionistas y especialistas en programas educativos de vanguardia pertinentes e innovadores.

En la Agenda de Innovación de Hidalgo se analizaron las capacidades existentes relacionadas con innovación, ventajas competitivas, visión del estado o región, así como áreas de especialización para enfocar esfuerzos y prioridades. Dado que se requiere asegurar la disponibilidad de recursos humanos de alto nivel con capacidades para resolver las complejidades que presentan las áreas prioritarias, es necesario fomentar proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, formación de recursos humanos especializados, alianzas estratégicas con la formación de redes, así como la consolidación de cuerpos académicos y desarrollo de tecnologías emergentes partiendo de las necesidades de la entidad como una prioridad en su quehacer científico y tecnológico. En la Agenda de Innovación del estado se identificaron como áreas de especialización la metalmecánica-automotriz-transporte, agro biotecnología, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), logística, y textil y confección, cada una con sus nichos de especialización. En este sentido se observa un gran terreno de oportunidades para las nanotecnologías como tecnologías multidisciplinarias para el estado de Hidalgo.

La UPPachuca ha sido por excelencia una referencia y pauta para las demás instituciones del subsistema respecto a investigación e innovación, bajo la iniciativa de dos profesores investigadores especialistas en nanomateriales, en 2006 se creó el Laboratorio de Nanotecnología y Bioelectromagnetismo Aplicado (LaNBA) de la Universidad Politécnica de Pachuca en alineación con el Plan Nacional de Desarrollo y Plan Estatal de Desarrollo así como con el Programa Institucional, siendo de esta forma pionero en el estado de Hidalgo. A partir de ahí, en 2008 se integró un grupo multidisciplinario de investigación conformado por especialistas en electrónica, mecatrónica, mecánica, biomédica y nanomateriales, que inició con lo imprescindible tanto para la preparación y caracterización de nanomateriales como con equipo básico de electrónica. Poco a poco, gracias a la gestión institucional y

FIGURA 1. Centro Multidisciplinario Institucional y entrada del Laboratorio de Nanotecnología y Bioelectromagnetismo Aplicado (LaNBA) de la Universidad Politécnica de Pachuca.



a los proyectos especiales ganados por los investigadores del grupo, el laboratorio incrementó su infraestructura y actualmente cuenta con un espacio de 133 m² que se ha ido equipando y está ubicado dentro de las instalaciones de la UPPachuca, en el Centro Multidisciplinario Institucional (CMI) en Carretera Pachuca-Cd Sahagún Km 20, Ex-Hacienda de Santa Bárbara en Zempoala, Hidalgo.

El grupo de investigación fue reconocido en el año 2011 como Cuerpo Académico (CA UPPAC-CA-013) *en consolidación* bajo el nombre de “Nanotecnología y sistemas inteligentes” en donde el principal objetivo era desarrollar investigación tanto básica como productos y procesos para nuevas tecnologías en áreas de salud, energía, agricultura, etc. Este concepto a lo largo de cinco años ha ido evolucionando y adaptándose a las necesidades actuales, de la misma forma que sus integrantes, pues actualmente se cuenta con especialistas en nanomateriales, materiales y metalurgia, biología molecular, semiconductores, mecatrónica, así como colaboradores en mecánica y energías, de tal forma que el nombre actual del CA es “Nanotecnología, nuevos materiales y sistemas para la salud, industria y energías alternativas” conservando la multidisciplinariedad que lo ha caracterizado. De igual modo, el nombre del laboratorio se ha renovado como Laboratorio de Nanotecnología, sistemas Biológicos y Aplicaciones industriales (LaNBA).

El CA está integrado por seis profesores investigadores como miembros permanentes y cuatro profesores reconocidos como colaboradores, adscritos todos a diferentes programas educativos, ingeniería en biotecnología, ingeniería mecatrónica, maestría y doctorado en biotecnología, maestría en mecatrónica y maestría en TICs. Dos profesores del grupo realizan sus inves-

tigaciones en nanociencias y nanotecnología (NyN) y dos de ellos son especialistas en materiales que se han involucrado desde su integración al CA en temáticas relacionadas con NyN. Los demás profesores especialistas en mecánica, mecatrónica, y energías, son un sólido soporte en el grupo ya que aplican los nanomateriales a dispositivos que diseñan y construyen.

Líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC)

El CA es un grupo de investigadores de relativa reciente creación, en el corto tiempo de colaborar se ha trabajado en proyectos que han permitido involucrarse en diferentes temáticas relacionadas con nanociencias y nanotecnología y que actualmente se encuentra en proceso de obtención de resultados de la mayoría de sus proyectos. Muestra de que aún se encuentra en proceso de crecimiento y estabilización es que las líneas recientemente han sido reestructuradas y orientadas acorde con las necesidades actuales y futuras del estado de Hidalgo y se encuentran agrupadas de forma general en dos LGAC, donde cada una incluye diferentes temáticas de investigación y proyectos:

- 1) **Diseño e innovación de nanomateriales y materiales avanzados con aplicación tecnológica.** Se realiza investigación fundamental y desarrollo tecnológico de materiales nanométricos, nanoestructurados y nuevos materiales simples, compuestos e híbridos con aplicación en áreas de la salud, la industria y relativas a las energías alternas.
- 2) **Tecnología e innovación de sistemas aplicados a la salud, industria y energías alternas.** Se realiza investigación interdisciplinaria e innovación con nuevas tecnologías para sistemas aplicados en la solución de necesidades para el sector salud, industrial y de energías alternas.

En la primera LGAC se incluyen las siguientes temáticas de investigación:

- Síntesis por métodos químicos (sol-gel, poliol, hidrólisis forzada, etc.) de óxidos cerámicos puros, dopados y mixtos nanoestructurados.
- Aproximaciones biotecnológicas (plantas y microorganismos) para la obtención de nanopartículas metálicas, bimetalicas y óxidos cerámicos.
- Obtención y caracterización de nanomateriales luminiscentes.
- Obtención de materiales compuestos y materiales híbridos nanoestructurados con aplicación en áreas médica e industrial.
- Desarrollo de materiales piezoeléctricos nanoestructurados con aplicación en áreas médica y ambiental.
- Obtención y caracterización de nanomateriales con propiedades antimicrobianas.

- Desarrollo y aplicación de nanopartículas con actividad antifúngica.
- Obtención y uso de nanomateriales con propiedades fotocatalíticas para descontaminación de efluentes textiles.
- Adición de nanopartículas a fibras naturales.
- Purificación de minerales mediante métodos biotecnológicos alternativos para la producción de nanomateriales.
- Uso de nanomateriales en sistemas de energías alternas.
- Estudio del efecto de productos nanotecnológicos en cultivos agrícolas.
- Estudio de la recuperación de nanopartículas con una aproximación biotecnológica.

En la segunda LGAC, además de desarrollar sistemas acordes con las necesidades de la industria, salud y energías, se contempla la aplicación y el desarrollo de nanomateriales destacando las siguientes temáticas en NyN:

- Biosensores a base de biomateriales adicionados con nanopartículas metálicas.
- Diseño y construcción de transductores para ultrasonido médico que incluyan materiales piezoeléctricos nanoestructurados.
- Uso de nanomateriales en sistemas para tratamiento de efluentes.
- Desarrollo de sistemas de diagnóstico médico.
- Diseño y construcción de sistemas para la producción de nanomateriales.
- Adición de materiales nanoestructurados en sistemas de bioenergía.

Como resultado del apoyo obtenido mediante convocatorias de diferentes instancias como SEP-CONACyT, Ciencia Básica, Programa para el desarrollo profesional docente - PRODEP, PEI, SNI-tutorías, ha sido posible concretar proyectos y equipar el LaNBA para dar servicio al CA y a los grupos de investigación de UPPachuca que así lo requieran. A continuación se enlistan algunos ejemplos de proyectos relacionados con NyN con financiamiento externo que se han desarrollado o están en curso en el CA:

- Elaboración de soportes cerámicos porosos obtenidos a partir de materiales nanoestructurados para la inmovilización de un consorcio de bacterias nitrificantes usadas en el tratamiento de aguas residuales.
- Elaboración y caracterización magneto óptica de partículas metálicas nanométricas y nanoestructuradas adicionadas con tierras raras.
- Elaboración de materiales piezoeléctricos nanoestructurados para transductores de equipos de ultrasonido médico.
- Desarrollo de nuevos materiales nanométricos para aplicaciones en transductores magnéticos

- Estudio de las propiedades estructurales y ópticas de guías de onda planares adicionadas con nanopartículas sub-10 nm de tierras raras.
- Aplicación de materiales nanoestructurados como matriz filtrante de agua residual y efluentes de procesos biológicos.
- Estudio del efecto del tamaño de cristal en las propiedades de materiales cerámicos piezoeléctricos nanoestructurados libres de plomo con o sin adición de nanopartículas sub-100nm.
- Equipamiento del Laboratorio de Nanotecnología y Bioelectromagnetismo Aplicado para el fortalecimiento del CA nanotecnología y sistemas inteligentes.

Infraestructura disponible

Las actividades de investigación en NyN del CA se desarrollan principalmente en el LaNBA; sin embargo, para llevar a cabo las diferentes temáticas que van desde síntesis y caracterización de nanomateriales, aplicación, desarrollo de dispositivos, hasta efectos en el ambiente, es necesario hacer uso de otros espacios con los que cuenta la Universidad Politécnica de Pachuca como el Laboratorio de Investigación Química I y II, Laboratorio de Microbiología Celular, Laboratorio de Células Vegetales y los Invernaderos Institucionales. Particularmente la infraestructura del LaNBA consiste en un espacio físico de aproximadamente 133 m² con mezzanine de aproximadamente 50 m². En este laboratorio hay diferentes áreas delimitadas de acuerdo con las actividades multidisciplinarias que ahí se desarrollan.

a) Sala de Electrónica, sistemas Biológicos y Energías. Donde se realizan actividades de investigación relacionadas con la aplicación de nanomateriales y/o sistemas nanobiológicos en dispositivos electromecánicos y biomédicos. Se desarrollan además, nuevos materiales avanzados aplicables a energías mediante técnicas *top-down*. Se cuenta con equipo electrónico de medición, densitómetro óseo, ultrasonido médico, computadoras, dispositivo de rehabilitación y de manufactura de nanotubos de carbono, así como dispositivos para la fabricación de materiales semiconductores y depósito de películas por plasma, nanopelículas, microstrip, recubrimientos, etc. Además de un dispositivo *dip-coating* para depósito de películas finas. Estos últimos equipos han sido fabricados por investigadores del CA.

b) Área de Preparación de Materiales. Se efectúan principalmente métodos de obtención de nanomateriales en una aproximación *bottom-up* destacando los métodos químicos y aproximaciones biotecnológicas para aplicación en vectores de medicamentos, sensores, antifúngicos, antibacterianos, textil, fotocatalizadores, semiconductores, aprovechamiento de residuos agroindustriales para producción de nanopartículas, así como propuestas alternativas biotecnológicas de recuperación de oro, plata y tratamientos de arcillas de interés industrial. El espacio cuenta con equipo menor (parrillas

FIGURA 2. Aspecto general del interior del LaNBA; cámara de ambiente controlado; granulómetro láser.



con control de temperatura, rotoevaporador, muflas, destilador, desionizador, hornos circulares, estufa, campanas de extracción, incubadora, *shaker*, refrigeradores, tamizador rotap, entre otros).

c) Sala de Caracterización Primaria. Se lleva a cabo la primera caracterización a los materiales obtenidos y se da seguimiento durante su elaboración. Es de uso rutinario los espectrofotómetros UV-vis, así como el granulómetro láser para conocer la distribución del tamaño de partícula. En este mismo espacio se encuentran las balanzas digitales, centrífuga, baños ultrasónicos, así como almacenamiento de reactivos y de materiales y suministros.

d) Área de Alumnos de Posgrado. Se ubica en el mezzanine, cuenta con 6 mesas, computadoras con Internet y acceso a base de datos institucional. Una mesa de reuniones de tal forma que se organizan cuatrimestralmente seminarios internos por parte de los alumnos de posgrado y de licenciatura del LaNBA.

e) Cámara de atmósfera controlada. Es un espacio de aproximadamente 2.5 m² diseñado y construido por investigadores del grupo, donde se desarrollan proyectos que requieren de control de temperatura y humedad, desde cultivos de hongos para la biosíntesis de nanopartículas hasta el estudio de efecto *in vitro* de nanomateriales en semillas. Cuenta con controlador de humedad y de temperatura, así como mesa de trabajo.

f) Sala de microscopía y espectroscopías. Se cuenta con un microscopio electrónico de barrido que da servicio a los grupos de investigación o cuerpos académicos de la universidad. También se dispone de un espectrofluorímetro para llevar a cabo determinación de propiedades ópticas características y de un microscopio Raman para investigar algunas propiedades estructurales.

Colaboraciones

El CA realiza proyectos en NyN con diferentes grupos de investigación. Se estableció colaboración con grupos de UPPachuca como el CA “Aprovechamiento integral de recursos bióticos” (UPPAC-CA-3) y con el grupo de investigación “Tecnología de compuestos bioactivos” quienes tienen sus propias líneas de investigación en el área de la biotecnología y participan en los proyectos de NyN del CA. Ambos grupos cuentan con sus equipos de análisis y son utilizados de forma complementaria para el desarrollo de los proyectos. Asimismo, se participa con otras instituciones en la realización de proyectos conjuntos con diferente grado de formalidad (Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Universidad Nacional Autónoma de México, CINVESTAV), de tal forma que se han concretado redes formales de colaboración como la Red Temática de Colaboración “Ingeniería de Procesos Avanzados de Sistemas Ambientales” (Prodep) y la Red de Innovación en Agroecosistemas Productivos Sostenibles, lo que respalda las actividades de investigación en NyN. Cabe resaltar que tres investigadores del CA son miembros de la Red nacional CONACyT “Nanociencias y Nanotecnología”.

De igual modo, se mantiene colaboración con instituciones extranjeras como el Instituto Lumière Matière (ILM) en Lyon Francia, Grupo de Conservación del Patrimonio Instituto de Geología Económica de la Universidad Complutense de Madrid. Dentro de las actividades de investigación e innovación que se realizan, el CA se vincula con empresas del estado Hidalgo, entre éstas, Utopia, GreenTech S de RL de CV, Inno Tech Alimentos S de RL de CV, Bios Tecnología aplicada S de RL de CV, Productos y servicios de alta tecnología S de RL de CV, todo a través de la oficina de Investigación Innovación y Desarrollo Tecnológico de la UPPachuca. Finalmente, se resalta que también existe vinculación con dos empresas francesas NANO-H S.A.S. y FyberCryst S.A.S.

Instrumentos de protección de propiedad intelectual

El CA ha solicitado dos registros de patente en México en el área de NyN, una de ellas está relacionada con un proceso de obtención de nanopartículas mediante un residuo agroindustrial (MX/a/2014/002235), cuyos inventores son M. Villanueva Ibáñez, P.N. Rivera Arzola, M.A. Flores González y J. Francisco Escudero. La segunda se refiere a un sistema para el tratamiento de efluentes utilizando piezoeléctricos nanoestructurados (MX/a/2014/002234), cuyos inventores son M.A. Flores González, M. Villanueva Ibáñez, P.N. Rivera Arzola, R. González Montes de Oca. Se ha dado inicio a la solicitud de registro de dos patentes más relacionadas con NyN, una de ellas es sobre un proceso para la obtención de nanomateriales luminiscentes y el otro sobre un proceso de purificación de minerales.

FIGURA 3. Equipos ubicados en la sala de microscopía y espectroscopías. Microscopio electrónico de barrido; espectrofluorímetro y microscopio Raman.



Docencia y formación de recursos humanos

Por definición, las nanotecnologías son tecnologías convergentes que cruzan todos los sectores industriales verticales como química, energía, textil, telecomunicaciones, construcción, transporte, salud, biotecnología, aeroespacial, agricultura, automotriz, por mencionar algunos. Por esta razón, aunque la UPPachuca no oferta una carrera en nanotecnología, al ser una referencia y pauta en investigación e innovación para las demás instituciones del subsistema, se consideró acertada la presencia de este eje en la institución ya que en la nanotecnología se ven involucradas la mayoría de las carreras multidisciplinarias que se ofertan. Principalmente existe una fuerte interacción con los programas educativos de ingeniería mecatrónica, ingeniería en

biotecnología, ingeniería automotriz e ingeniería biomédica. Actualmente, alumnos de estas carreras han desarrollado proyectos de estadía² en el LaNBA, así como estancias que les permiten aplicar los conocimientos que van adquiriendo en su carrera. Con respecto a la formación de recursos humanos de alta calidad, el LaNBA ha formado alumnos de maestría en biotecnología, maestría en mecatrónica y doctorado en biotecnología, además de alumnos de posgrados de otras instituciones con temas relativos a NyN. El CA actualmente se encuentra gestionando de forma institucional junto con otros grupos de investigación, un programa de doctorado de carácter multidisciplinario en donde una de las líneas de investigación está relacionada con NyN.

Principales logros en NyN

Uno de los principales logros alcanzado por el CA es haber sido el primer grupo de investigación en NyN en el estado de Hidalgo con un espacio dedicado a esa área. El grupo de investigación fue reconocido oficialmente como Cuerpo Académico en vías de consolidarse desde hace cinco años, tiempo en el que el CA ha destacado en NyN:

1. Primer Cuerpo Académico dentro del subsistema de universidades politécnicas dedicado a NyN reconocido oficialmente. De esta forma, se creó el primer laboratorio institucional dedicado a investigación en áreas de NyN en el estado.
2. Uno de los primeros CAs dedicados a NyN con orientación en salud, industria y energías gracias al enfoque multidisciplinario que lo ha caracterizado desde sus inicios. Esta multidisciplinariedad ha permitido que alumnos de diferentes carreras se integren a proyectos de NyN.
3. Reunir en un grupo de investigación distintos especialistas que lleven la misma dirección hacia NyN con el fin de que a corto plazo se concrete la fusión de todas en productos de beneficio para el estado y la región.
4. Conocimiento en el desarrollo de métodos con una aproximación biotecnológica mediante plantas o microorganismos para la biosíntesis avanzada de nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos, cerámicos, compuestos, híbridos, así como la utilización de estabilizantes de origen biológico
5. Obtención de nanopartículas metálicas con amplias aplicaciones en áreas de la salud gracias a sus características superficiales que los

² Una estadía es el periodo final de formación del alumno, cuyo objetivo es la puesta en práctica de las competencias adquiridas en un ambiente real de trabajo. El alumno puede elegir realizar un proyecto de investigación para elaborar una memoria de estadía con características similares a una tesis que defenderá frente a un jurado.

medios biológicos les confieren. Entre los que destacan su potencial aplicación en la terapia contra el cáncer así como su aplicación en superficies antimicrobianas.

6. Desarrollo de pastillas piezoeléctricas a partir de materiales cerámicos nanoestructurados libres de plomo. Estos piezoeléctricos han sido aplicados en un prototipo de reactor de cavitación para el tratamiento de efluentes.
7. Desarrollo de materiales nanométricos y nanoestructurados con propiedades luminiscentes y su aplicación en impresión de materiales portadores de códigos ópticos y su utilización en documentos antipiratería.
8. Establecer una temática de investigación referente al efecto de los nanomateriales en cultivos agrícolas tanto a nivel de germinación de semillas como del desarrollo de las plantas.

Sitio web institucional

<<http://www.upp.edu.mx/posgrado/index.php/cuerpos-academicos/?id=124>>.