

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM*

Alma Vázquez Durán** y Fernando Alba Hurtado***

RESUMEN: En este artículo se presenta la participación de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) en las actividades de investigación relacionadas con las áreas de nanociencia y nanotecnología (NyN). En la Facultad, las principales líneas de investigación están enfocadas en el desarrollo, evaluación y aplicación de sistemas nanoparticulados en la industria farmacéutica, veterinaria y de los alimentos, y en la síntesis, caracterización y aplicación de nanomateriales cerámicos y metálicos. En el campo de la NyN, se desarrollan 18 proyectos y se han registrado 5 patentes en México. En materia de docencia, oferta las asignaturas de tópicos selectos de nanotecnología, seminario especial de nanotecnología, normalización y caracterización de nanoestructuras, síntesis de nanoestructuras, desarrollo de fármacos, teoría de sistemas dispersos y nanotecnología en sistemas biológicos. En temas relacionados con NyN, 139 estudiantes han concluido su tesis (92 de licenciatura, 24 de maestría y 13 de doctorado). La FES-C, con objeto de mantenerse a la vanguardia en ciencia y tecnología, participa activamente en la investigación y en la docencia en el área de NyN.

PALABRAS CLAVE: FES Cuautitlán, nanociencia, nanotecnología, educación.

ABSTRACT: This paper shows the participation of the Superior Studies Faculty at Cuautitlan (UNAM) in research activities regarding nanoscience and nanotechnology areas (N&N). In the Faculty, the main N&N research lines are focused on the development, evaluation and application of nanoparticle systems for the pharmaceutical, veterinary and food industry, as well as in the synthesis, characterization and application of ceramic and metallic nanomaterials. In the N&N field, 18 projects are being currently developed and 5 patents were also registered in Mexico. In terms of education (teaching and learning), the Faculty offers courses related to selected topics of nanotechnology, such as: special seminars on nanotechnology, standardization and characterization of nanostructures, synthesis of nanostructures, drug development, theory of disperse systems and nanotechnology in biological systems. With issues related to N&N, 139 students concluded their thesis (92 bachelor, 24 master and 13 doctorate). The Superior Studies Faculty remains at the forefront of science and technology, and still actively involved in research and education in the N&N area.

KEYWORDS: Superior Studies Faculty at Cuautitlan, nanoscience, nanotechnology, education.

Recibido: 30 de marzo de 2016. Aceptado: 12 de abril de 2016.

* Expresamos nuestro agradecimiento a los doctores David Quintanar Guerrero, Yolanda Marina Vargas Rodríguez, Adriana Ganem Rondero, Juan Manuel Aceves Hernández, María de la Luz Zambrano Zaragoza, Roberto Díaz Torres, Ana Leticia Fernández Osorio, Elizabeth Piñón Segundo y Alma Vázquez Durán, por la información proporcionada para la elaboración de este documento.

** Alma Vázquez Durán, doctora en ciencia de materiales (CIMAV), jefa de Investigación en la UNAM-FES Cuautitlán. Integrante del SNI nivel 1. Su principal línea de investigación es la síntesis de materiales nanoestructurados con aplicación en el sector agroindustrial.

*** Fernando Alba Hurtado, doctor en microbiología, secretario de Posgrado e Investigación de la FES-Cuautitlán-UNAM. Integrante del SIN nivel II. Su principal línea de investigación es la inmunología y biología molecular de parásitos.

La FES Cuautitlán es una entidad académica descentralizada de la UNAM creada en 1974, ha logrado consolidarse como una de las mejores opciones educativas del norte de la zona metropolitana del Valle de México. En ella se imparten 17 carreras y tiene participación en nueve posgrados, su misión es la formación de recursos humanos de alto nivel —licenciatura y posgrado— en las áreas de las ciencias químicas, ingenierías, administración, agropecuarias y en artes y humanidades. Se realiza investigación de carácter multidisciplinario que busca contribuir al avance del conocimiento científico y tecnológico, a la solución de retos y problemas de interés regional y nacional. Por medio de sus servicios de extensión y difusión constituye la mejor propuesta de desarrollo educativo y cultural en su zona de influencia. Para realizar estas funciones, se ha organizado de forma departamental y matricial un enfoque multi, ínter y transdisciplinario. Cuenta con profesores e investigadores con formación académica y profesional relevante y pertinente, acorde con las áreas que cultiva y, con infraestructura que le permite desarrollar sus actividades sustantivas.

Del total de los académicos adscritos, 15 de ellos realizan actividades de investigación y desarrollo tecnológico en NyN. Las líneas de investigación en NyN están enfocadas al desarrollo, evaluación y aplicación de sistemas nanoparticulados en la industria farmacéutica, veterinaria y de los alimentos, así como en la síntesis, caracterización y aplicación de nanomateriales cerámicos y metálicos.

Líneas de investigación, desarrollo e innovación relacionadas con la NyN

En la FES Cuautitlán se desarrollan diversas líneas de investigación en el área de la NyN que incluyen:

- Desarrollo, caracterización, uso de nuevas formas y nuevos sistemas de liberación modificada para uso farmacéutico, veterinario, cosmético y alimentario.
- Estudio, desarrollo y optimización de técnicas de preparación de sistemas coloidales, nanopartículas y materiales ensamblados de uso farmacéutico, veterinario, cosmético y alimentario.
- Estudio de los procesos fisicoquímicos involucrados en la formación e interacción biológica de sistemas nanoparticulados.
- Evaluación *in vitro*, *in vivo* y *ex vivo* de sistemas nanoparticulados para el recubrimiento de sustratos farmacéuticos y biológicos.
- Desarrollo, preparación y caracterización de sistemas acarreadores coloidales terapéuticos de liberación controlada (nanopartículas, microemulsiones, vesículas lipídicas ultraflexibles, complejos de inclusión) destinados a distintas vías de administración (transdérmica, vaginal, bucal, ocular y oral).

- Combinación de acarreadores coloidales y promotores de penetración/absorción físicos (iontoforesis, sonoforesis y microagujas) para favorecer el transporte de fármacos a través de membranas biológicas.
- Preparación de microagujas de polímeros biodegradables para ser empleadas como matrices de liberación transdérmica de fármacos.
- Estudio del mecanismo de acción de promotores de absorción de tipo químico y físico mediante pruebas biofísicas (espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier/reflectancia total atenuada (FTIR/ATR), pérdida de agua transepidermal (TEWL), calorimetría diferencial de barrido (DSC) *in vitro* e *in vivo*).
- Preparación, caracterización y evaluación de la actividad catalítica de nanotubos de haloisita con tratamiento ácido.
- Síntesis y caracterización de nanocatalizadores magnéticos soportados en minerales de arcilla.
- Estudios de adsorción de sustancias endócrino-disruptoras, fármacos y otros materiales solubles en agua, por nanotubos de haloisita naturales y modificados.
- Evaluación antibacteriana de nanotubos de haloisita natural y con tratamiento ácido térmico.
- Síntesis, caracterización y aplicación de nanopartículas poliméricas y lipídicas sólidas en la conservación de frutas mínimamente procesadas, recubrimientos en frutas, vegetales y granos, y para conferir resistencia térmica a ingredientes termolábiles en jugos y bebidas de frutas.
- Física computacional de nanoestructuras.
- Síntesis, caracterización y aplicación de nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos en el sector agroindustrial.
- Síntesis y caracterización de nanopigmentos cerámicos y nanomateriales catalíticos.
- Síntesis, caracterización y evaluación de la toxicología de nanopartículas de interés biológico.
- Preparación de nanopartículas cargadas con antioxidantes para uso veterinario.

Proyectos que se desarrollan en el área de NyN

Enseguida se enlistan los proyectos que actualmente se desarrollan con la Facultad, financiados con fondos de la UNAM y del CONACyT.

- Preparación, caracterización y evaluación de materiales y nanomateriales con aplicaciones químicas, biológicas y farmacéuticas.
- Preparación, caracterización y evaluación catalítica de nanocompuestos ácidos/haloisita.

- Síntesis y caracterización de nanocatalizadores magnéticos soporados en minerales de arcilla (nanotubos de haloisita, bentonita y montmorillonita).
- Desarrollo y evaluación de sistemas híbridos ensamblados con nanopartículas y excipientes para la liberación de activos de importancia farmacéutica, veterinaria, de rehabilitación y alimentaria.
- Diseño y caracterización de nuevos sistemas de liberación ensamblados por la adsorción de nanopartículas en dispersiones micrométricas.
- Desarrollo y evaluación de sistemas particulados para la liberación controlada de fármacos ensamblados por la adsorción de nanopartículas en dispersiones micrométricas.
- Nanopartículas en recubrimientos comestibles para la conservación de fruta frescas cortadas.
- Desarrollo de sistemas nanoparticulados alimenticios para incrementar la vida útil y nutracéutica de frutas frescas cortadas y bebidas de frutas.
- Implementación de técnicas y métodos de enseñanza para la aplicación de nanotecnología en la conservación de alimentos a bajas temperaturas, sometidas a procesos térmicos y de transferencia de masa.
- Evaluación y diseño de sistemas nanoparticulados para la conservación refrigerada y/o congelada de productos de origen vegetal.
- Desarrollo de medicamentos innovadores para mejorar la administración de fármacos.
- Desarrollo y evaluación de sistemas para la liberación de fármacos en piel dañada e intacta.
- Pigmentos cerámicos nanoestructurados.
- Empleo de métodos físicos para facilitar la administración transdérmica de acarreadores de talla nanométrica.
- Estudio de las propiedades microbicidas de sistemas nanoparticulados destinados a reducir la propagación de enfermedades de transmisión sexual y su potencial uso en el tratamiento de la vaginitis.
- Generación de plataforma para el desarrollo de sistemas nanoespecializados para el control y tratamiento del dolor.
- Pigmentos cerámicos luminiscentes.
- Desarrollo de nanopartículas como antioxidantes y el estudio de su capacidad para modular respuesta hepatotóxicas.

Colaboraciones y proyectos

La FES Cuautitlán siempre ha promovido la suma de capacidades a través de la generación de colaboraciones a nivel regional, nacional e internacional. En este sentido, se han establecido alianzas con dependencias de la UNAM

FIGURA 1. Microscopio electrónico de barrido, Unidad de Investigación Multidisciplinaria.



como el Instituto de Química, la Facultad de Química, el Instituto de Investigaciones en Materiales, el Instituto de Investigaciones Biomédicas. Así como también con la Universidad Autónoma de Querétaro, la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. A nivel internacional, la Facultad tiene vínculos con la Universidad de Oklahoma y la Universidad de Ginebra.

Infraestructura

La FES Cuautitlán cuenta con laboratorios para la síntesis de nanomateriales equipados con campanas de flujo laminar, campanas para la extracción de gases, ultracentrífuga, centrífugas refrigeradas, microcentrífugas, balanzas analíticas, rotavapores, agitadores de velocidad variable, parrillas, incubadoras, estufas de secado a presión atmosférica y al vacío, muflas, potenciómetros, sondas de ultrasonido, baños ultrasónicos, cámaras de congelación, campana de generación de atmosferas modificadas y vacío, termopares, liofilizadores, hexadisolutores, termobalanzas, microbalanzas, micropipetas, material para medición de humedad y punto de rocío, fuente de poder para parches de iontoforesis, material de vidrio en general. Además, se tiene equipo para la caracterización de los nanomateriales, por citar un microscopio electrónico de barrido, microscopio confocal, microscopio de epifluorescencia, cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC), cromatógrafo de líquidos de ultra alta resolución (U-HPLC), medidor de tamaño de partícula y potencial Z, espectrofotómetro de UV-Vis, espectrofotómetro de infrarrojo por transformada de Fourier, cromatógrafo de gases, viscosímetro, texturometro Brookfield, termobalanza, tewametro, turbiscan, celdas de difusión horizontales, verticales tipo Franz y de perfusión para estudios *in vivo*.

FIGURA 2. Laboratorio de ensayos de desarrollo farmacéutico, Unidad de Investigación Multidisciplinaria.



Conjuntamente con los laboratorios orientados a la NyN, los investigadores tienen acceso al uso y servicios de las instalaciones de la unidad del Bioterio, posta pecuaria y de los campos agrícolas.

Instrumentos de protección de propiedad intelectual solicitados u otorgados

En lo referente a la protección de propiedad intelectual la Facultad cuenta con varias patentes otorgadas y solicitadas en México dentro del área de NyN, se mencionan algunas de ellas:

- Recubrimiento farmacéutico a base de una mezcla de nanopartículas lipídicas sólidas y polímeros, la cual hace referencia al desarrollo de un método sencillo y novedoso para la obtención de nanopartículas lipídicas sólidas (NLS) y su formulación en un sistema de recubrimiento acuoso en soluciones o con dispersiones a base de polímeros plastificados formadores de película.

Autores: David Quintanar Guerrero, Flora Adriana Ganem Rondero, Esteban Abdiel Camacho Ortíz, Patricia Elvira Jiménez, María Raquel López Padilla.

Otorgada: Solicitud: Patent PCT 2010 exp. MX/a/2010/005803, 23 de mayo del 2010; otorgamiento 27 de noviembre 2014.

FIGURA 3. Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes en Alimentos e Investigación, Unidad de Investigación Multidisciplinaria.



- Composición de nanopartículas lipídicas sólidas para la conservación prolongada por recubrimiento de frutas, verduras, semillas, cereales y/o alimentos frescos, la cual involucra el uso de dispersiones sólidas de lípidos de talla submicrónica en recubrimientos comestibles para mejorar las propiedades de película del sistema que presenta propiedades hidro y lipofílicas en un sistema libre de solventes orgánicos. Las dispersiones propuestas tienen la capacidad de proteger y prolongar la vida útil de frutas, verduras, semillas, cereales y/o alimentos frescos.

Autores: David Quintanar Guerrero, María de la Luz Zambrano Zaragoza, Alfredo Álvarez Cárdenas, Edmundo Mercado Silva.

Otorgada: Solicitud: Patent PCT 2010 exp. MX/a/2010/003856, 11 de abril del 2011. WO 2012/141566 A2 (18.10.2012); otorgamiento 11 de marzo de 2014.

- Método para obtener un excipiente coprocesado farmacéutico para liberación controlada de sustancias activas y el producto obtenido con el mismo. En esta propuesta se diseña un co-procesado por ensamblaje de nanopartículas lipídicas con polvos farmacéuticos de compresión directa, el sistema obtenido combina las propiedades de los componentes individuales permitiendo obtener un polvo que al ser comprimido se comporta como una plataforma para la liberación controlada de fármacos.

FIGURA 4. Espectrofotómetro UV-Vis y Espectrofotómetro de infrarrojo con transformada de Fourier, Unidad de Investigación Multidisciplinaria



Autores: David Quintanar Guerrero, Esteban Abdiel Camacho Ortiz, Citlalli Alonso Reyes.

Solicitada: Solicitud: MX/a/2013/013306, 14 de noviembre del 2013.

- Método para la obtención de microesferas de liberación controlada de activos sensibles preparadas por ensamblaje de microesferas porosas y nanopartículas. Se propone un nuevo y novedoso método para formular sustancias terapéuticas sensibles (e.g. péptidos, proteínas, genes, ácidos nucleicos, etc.) por medio del ensamblaje acuoso de micropartículas porosas y nanopartículas. El sistema permite obtener sistemas de liberación controlada biodegradables sin contacto del activo con solventes, logrando la conservación de la actividad de éste. El sistema ensamblado consiste en un sistema particulado que contiene el fármaco ocluido en películas formadas por las nanopartículas pudiendo moderar la liberación por medio de modificar la proporción de nanopartículas.

Autores: David Quintanar Guerrero, Sergio Alcalá Alcalá.

Solicitada: Solicitud: MX/a/2014/001910. 18 de febrero del 2014.

- Sistemas nanoestructurados como protectores térmicos de ingredientes funcionales en alimentos y suplementos alimenticios. En esta propuesta se confirma la protección de ingredientes funcionales susceptibles a degradación por procesos que involucran estrés físico, en particular temperatura mediante su nanoencapsulación con materiales poliméricos. La membrana que forma las nanocápsulas es capaz de prevenir cambios químicos de los materiales integrados al ser sometidos a estos procesos.

Autores: David Quintanar Guerrero, María de la Luz Zambrano Zaragoza, Ricardo Moisés González Reza, José Jaime Flores Minnuti.
Solicitada: Solicitud: MX/a/2014/009687, 12 de agosto del 2014.

Docencia y formación de recursos humanos

La FES Cuautitlán es reconocida por la calidad de los conocimientos adquiridos por sus alumnos, los cuales reciben una educación pertinente con programas de estudios dinámicos, flexibles y actualizados, gracias a la formación y el compromiso de su planta académica, a la creación, aplicación y comunicación del conocimiento que genera en temas de vanguardia y a su significativa vinculación con su zona de influencia, constituyéndose así como un polo de desarrollo y punto de encuentro de nuestra entidad con el entorno que la alberga, mediante procedimientos decididos y consensuados con la comunidad, que refleja su perfil multidisciplinario. La contribución de los académicos en la docencia y formación de recursos humanos es a través de la impartición de clases, dirección de tesis de licenciatura y posgrado, participación en comités tutorales, la atención de alumnos en estancias de investigación, en servicio social, entre otras. En lo referente a la docencia, si bien no existe una licenciatura enfocada sólo a nanotecnología, los académicos imparten clases relacionadas con la misma, como es el caso de las asignaturas de temas selectos de nanotecnología, seminario especial de nanotecnología, normalización y caracterización de nanoestructuras, nanoestructuras, desarrollo de fármacos, teoría de sistemas dispersos, nanotecnología en sistemas biológicos, esta última a nivel de posgrado. La mayoría de los académicos que realizan investigación en nanotecnología son tutores de programas de posgrado en los cuales participa la FES Cuautitlán, como en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Maestría en la Docencia para la Educación Media Superior (Química) y Especialización en Farmacia Hospitalaria y Clínica. En el compromiso de los académicos con la formación de recursos humanos se han concluido 92 de tesis de licenciatura, 24 de maestría y 13 de doctorado relacionadas con la nanotecnología.

Principales logros en NyN

Los logros de la FES Cuautitlán en nanotecnología se reflejan en la realización de investigación con carácter inter, multi, y transdisciplinario, en la cual se suman las capacidades de los académicos con formación en diversas áreas del conocimiento.

Entre los logros se destaca el reconocimiento obtenido dentro de la convocatoria del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación 2010 (PROFOPI): “Recubrimiento farmacéutico a base de una mezcla de

nanopartículas lipídicas sólidas y polímeros”, y “nanorecubrimientos para frutas frescas”. Además, se obtuvo el segundo lugar en el Programa al Patentamiento y la Innovación 2014 con el desarrollo tecnológico: “Sistemas nanoestructurados como protectores térmicos de ingredientes funcionales en alimentos y suplementos alimenticios”.

Los académicos con participación en la nanotecnología han recibido el reconocimiento a través del Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2008 en la Modalidad Ciencia (Estado de México) y el Premio CANIFARMA Humano 2013, auspiciado por la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica (CANIFARMA) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), con el trabajo titulado “Diseño de un novedoso sistema biodegradable inyectable para la liberación controlada de péptidos y proteínas ensamblado por la adsorción de nanopartículas en microsferas porosas”.

Los trabajos realizados en lo referente a la síntesis de nanomateriales han permitido el desarrollo de un nanopigmento azul turquesa, a base de litio y titanio “no tóxico”, amigable con el ambiente y con la salud humana, útil para plásticos, vidrio, tintas impresoras, e, incluso, cosméticos, que además tiene un mejor desempeño que los pigmentos convencionales con partículas más grandes, de micrómetros (Fernandez-Osorio *et al.*, 2011); síntesis de nanocatalizadores magnéticos soportados en minerales de arcilla; desarrollo de nanocompositos de ácidos/haloisita con actividad catalítica; preparación de sistemas acarreadores coloidales (nanopartículas) terapéuticos de liberación controlada destinados a distintas vías de administración (transdérmica, vaginal, bucal, ocular y oral); síntesis de nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos mediante principios de la química verde, para su aplicación en el sector agroindustrial; desarrollo de nanopartículas con antioxidantes para uso veterinario.

Se han implementado técnicas para la evaluación *in vitro* de la actividad citotóxica y genotóxica de nanopartículas en el laboratorio de toxicología de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria.

Referencia

Fernández-Osorio, A., Jiménez-Segura, M. P., Vázquez-Olmos, A. y Sato-Berru, R. (2011). Turquoise blue nanocrystalline pigment based on Li 1.33 Ti 1.66 O 4: Synthesis and characterization. *Ceramics International*, 37(5): 1465-1471.