



## CASOS DE ÉXITO

**Proyecto:** "Diseño y desarrollo de sistema depot para liberación extendida de fármaco antipsicótico"

**Empresa:** Psicofarma

**Monto total:** 1,567,667.053 Pesos (más I.V.A.)

**Institución Responsable:** CIMAV- Unidad Monterrey. Dra. Margarita Sánchez Domínguez.

**Estatus del Proyecto:** Concluido

**Línea de Investigación que atiende:** Salud: medicamentos de liberación prolongada

**Zona de Influencia:** Local, nacional e internacional

### **Objetivo General:**

El objetivo de este proyecto es determinar en un periodo de 12 meses la metodología a nivel laboratorio para la obtención de un sistema depot para un antipsicótico atípico de segunda generación para su administración intramuscular con una liberación extendida de al menos 15 días verificada mediante pruebas in vitro.

### **Objetivo CIMAV:**

Establecer una nueva relación de vinculación academia-industria farmacéutica y consolidar la línea de investigación de liberación de fármacos. La cual se comenzó con la industria farmacéutica en el año 2015.

### **Descripción:**

Actualmente, la empresa Psicofarma no cuenta con un producto antipsicótico de liberación extendida en su cartera de productos. Asimismo, no existe un solo producto nacional de dichas características, a pesar de las ventajas que este tipo de sistema depot representa para los pacientes con desórdenes psicológicos. Las únicas opciones para los pacientes en México son fármacos de importación altamente costosos. Por tanto, se identificó un área de oportunidad para desarrollar un sistema depot para la liberación extendida de fármacos antipsicóticos. El

Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP. 31136, Chihuahua, Chih., México.  
Tel: (614) 439 1100 [www.cimav.edu.mx](http://www.cimav.edu.mx)



**2020**  
AÑO DE  
**LEONA VICARIO**  
BENEMÉRITA MADRE DE LA PATRIA



proyecto consistió en evaluar distintas plataformas para la encapsulación de un fármaco antipsicótico liposoluble tomando en cuenta factibilidad técnica-económica y propiedad intelectual. Se exploraron dichas plataformas y se seleccionó la más conveniente, se realizaron los diseños de experimentos, evaluando los perfiles de liberación y caracterizando profundamente los sistemas. El objetivo del proyecto se alcanzó logrando la liberación prolongada requerida.

**Producto de Proyecto:** Sistema para la liberación extendida de fármacos antipsicóticos.

## IMPACTOS

### Científico

Se desarrolló una plataforma de encapsulación para un fármaco liposoluble, la cual tiene el gran potencial de ser adaptada para encapsular otros fármacos liposolubles y así generar otros sistemas depot de liberación prolongada para una variedad de medicamentos. Se logró el objetivo de una liberación prolongada del fármaco con perfiles de liberación in vitro cercanos al orden cero; los tiempos de liberación fueron similares y en algunos casos más prolongados que el fármaco comercial. Por tanto, el proyecto puede ser extendido para desarrollar otros medicamentos, y se está trabajando para una extensión de este proyecto con Psicofarma, y con ello ampliar nuestra plataforma a otro producto en 2020.

### Social

Las formulaciones depot de liberación prolongada que se encuentran en el mercado son en su gran mayoría productos extranjeros, principalmente de Suiza y Alemania. Por tanto, estos medicamentos son costosos (pues además se suman costos de importación) y frecuentemente son muy difíciles de conseguir, de hecho muchos de los medicamentos Depot disponibles en el mundo no se encuentran disponibles en México. Aunado a esto con problemas mundiales como el de la Pandemia de COVID 19 los productos de importación escasean aún más. Por tanto, el impacto social es hacer estos medicamentos más disponibles para la población nacional, y además al ser de fabricación nacional es posible que se vea reflejado en una disminución en el precio de venta hacia el consumidor.





**CONACYT**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



### Económico

Al ampliar las capacidades de la empresa, para fabricar y comercializar éste y otros posibles medicamentos de sistema depot a futuro, esto se puede traducir en nueva cartera de productos, nuevos empleos, y mayores ganancias para la empresa. Por otro lado, al contar con estos medicamentos depot de fabricación nacional, es posible que se traduzca no sólo en una mayor disponibilidad sino también un menor costo para los consumidores nacionales. Asimismo, podría abarcarse el mercado latinoamericano, desplazando los productos europeos por precio y disponibilidad.

**Ambiental:** Como se mencionó, los sistemas depot comerciales son de importación, y al poder hacerlos de fabricación nacional hay un gran impacto ambiental ya que no será necesario trasladar los productos desde Europa. Además, estos medicamentos requieren refrigeración, por lo cual su traslado no solo impacta en combustibles sino también en sistemas de refrigeración.





## CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Estudio del proceso de sinterización de polvos metálicos de aceros con alto contenido de cromo, en atmósfera de CO + CO<sub>2</sub>, así como su efecto en el acero al boro que sirve de base Parte II.

Empresa: RENYSON DE MÉXICO S.A. de C.V.

Monto: \$ 1,575,000.00

Institución Responsable: CIMAV-Chihuahua. Dr. Carlos Domínguez Ríos

Línea de Investigación que atiende: Deterioro de materiales y recubrimientos

Zona de Influencia: Local, Nacional e Internacional

Objetivo: Obtener recubrimientos delgados aplicados mediante aspersion con aerógrafo de polvos metálicos en suspensión coloidal, y posterior sinterización con propiedades similares o mejores que las que se obtienen por los procesos de recubrimiento Thermal Spray.

Descripción:

En este proyecto se planteó la necesidad de incrementar la dureza y durabilidad de cuchillas para carros mezcladores hechas de acero al boro. Se propuso y desarrolló un recubrimiento de polvos duros de una aleación metálica y con una distribución de tamaño de partícula menor a 20 micras. La aplicación de este recubrimiento se logró utilizando la técnica de aerografía con suspensiones coloidales de polvos metálicos. El sistema de aplicación desarrollado es mediante aerógrafo adecuado para la aplicación de recubrimientos de bajo espesor, sobre piezas con formas complicadas (en este caso, cantos filosos) para evitar la acumulación por escurrimiento de la suspensión que haría necesaria una operación final de afilado, ya que el recubrimiento alcanza durezas de 69 a 70 RC. Esta técnica sustituye al método Thermal Spray y es ampliamente utilizada para la aplicación de películas delgadas de pinturas o suspensiones cerámicas en la industria para la producción de pisos y



recubrimientos. Se buscaron aditivos para obtener una suspensión de baja viscosidad que permitiera obtener los recubrimientos delgados deseados (de espesor menor a 250 micras). Una vez aplicado el recubrimiento de polvos metálicos, se somete éste a un proceso de sinterización en atmósfera de CO<sub>2</sub> para desarrollar sus propiedades y asegurar que se adhiera al sustrato. Los nuevos procesos de aplicación y la composición de las suspensiones de polvos metálicos no interfieren en la formación de una interfase recubrimiento-metal base, obteniéndose como resultado una buena adherencia del recubrimiento.

Con este desarrollo se disminuyen costos de afilado de la navaja recubierta y se producirán cuchillas para carro mezclador a muy bajo costo y con propiedades mecánicas y antidesgaste superiores a los de la competencia.

#### Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

*Impacto científico:* Generación de conocimiento de los procesos de sinterización de polvos de aceros Fe-Cr-C-B sobre un sustrato de acero al boro en una atmósfera de CO<sub>2</sub>. Esto permitió elaborar una ponencia que se presentó en un congreso en Ciudad Real, España.

*Impacto social:* Generación de puestos de trabajo

*Impacto económico:* Con la mayor duración de las herramientas agrícolas por el aumento de la resistencia al desgaste, se reduce el costo de labranza de las tierras de cultivo.



## CASOS DE ÉXITO

### PROYECTOS DE DESARROLLO CIENTÍFICO PARA ATENDER PROBLEMAS NACIONALES

**Proyecto:** “Estudio fundamental y desarrollo tecnológico de nanoestructuras de óxidos para su aplicación como adsorbentes de metales pesados y flúor para la purificación del agua”.

Solicitud Número: 000000000248289

Responsable Técnico: Dra. Patricia Amézaga Madrid

**Desarrollado en la Unidad o Subsede:**

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Unidad Chihuahua

**Monto:** \$3, 138,546.00

**Línea de Investigación que atiende:** Problemas Nacionales prioritarios a resolver.  
Temática: Gestión integral del agua, seguridad hídrica y derecho del agua.

**Zona de Influencia:** Mundial, porque el agua es necesaria para todo organismo vivo, y es necesario tomar medidas emergentes para evitar su contaminación o descontaminar el agua destinada para consumo que ya está contaminada.

**Objetivo general.**

Síntesis, caracterización microestructural y estudio teórico y experimental de las propiedades de adsorción y remoción de nanopartículas de magnetita, óxido de magnesio, y óxido de titanio; además de nanoestructuras de ZnO recubiertas con óxidos de Fe, Mg y/o Al, para su aplicación en la purificación del agua contaminada por metales pesados y flúor.

**Primera fase (primer año):** Estudio y síntesis de los nanomateriales (nanopartículas) de magnetita pura y dopada o compuesta con óxidos de Mg o Al, óxido de magnesio y óxido de titanio



- 1.- Sintetizar por AACVD nanopartículas de magnetita pura y dopada o compuesta con óxidos de Mg o Al, de óxido de titanio y óxido de magnesio, desarrollar nanomateriales con diferentes propiedades microestructurales para establecer parámetros óptimos para la aplicación de remoción de arsénico, cadmio, mercurio y cobre en el caso de la magnetita, y de remoción de flúor en el caso de las nanopartículas de óxido de titanio y óxido de magnesio.
- 2.- Simulación por medio de programas tales como: Solid Works y Fluid Works, COMSOL Multiphysics, de la síntesis de los nanomateriales a obtener a fin de poder determinar y correlacionar los resultados teóricos con los experimentales para obtener las condiciones o parámetros óptimos de la formación de nanopartículas con propiedades microestructurales óptimas para la aplicación de remoción de los elementos tóxicos mencionados.
- 3.- Caracterización microestructural física y química de los materiales obtenidos. Antes y después de las pruebas de contacto con los metales y flúor seleccionados. Se realizará por los siguientes métodos: -Difracción de Rayos X, -MEB (Microscopía Electrónica de Barrido) -MET (Microscopía electrónica de Transmisión) -BET (método Brunauer-Emmet-Teller), Magnetómetro de muestra vibrante, Espectroscopía Raman.
4. Realizar pruebas de contacto o Batch de los materiales obtenidos, y los metales, metaloides y flúor.
5. Inicio de pruebas de adsorción montando columnas empacadas de los materiales obtenidos que se haya tenido una óptima eficiencia de adsorción. Determinación de variables, diseño estadístico, cálculo de flujos, etc. Los efluentes se analizarán por absorción atómica.

### **Segunda fase (segu segundo año): Síntesis de nanoestructuras de ZnO con capas de óxidos de Fe, Mg o Al al interior de tubos.**

- 1.- Sintetizar por AACVD nanoestructuras de ZnO con capas de óxidos de Fe, Mg o Al al interior de tubos.
- 2.- Caracterización microestructural física y química de los materiales obtenidos se realizará por los siguientes métodos: -Difracción de Rayos X, -MEB (Microscopía Electrónica de Barrido) -MET (Microscopía electrónica de Transmisión) -BET (método Brunauer-Emmet-Teller), Magnetómetro de muestra vibrante, espectroscopía Raman.
- 3.- Realizar pruebas de adsorción a los materiales sintetizados en el interior de tubos, con los tóxicos mencionados por separado, y mezclas de ellos para determinar el comportamiento de eficiencia de los materiales sintetizados, determinación de



variables, diseño estadístico, cálculo de flujos, etc. el análisis de los efluentes una vez pasados por los tubos se hará por absorción atómica.

### Descripción:

Debido a la problemática de cuerpos de agua contaminados por metales pesados y flúor ya sea de manera natural o por actividades antropométricas, en los últimos años se ha generado extenso trabajo en el desarrollo de tecnologías que usan materiales adsorbentes para mejorar la eliminación de iones de metales pesados tóxicos de las aguas residuales. Son las llamadas metodologías convencionales (precipitación química, intercambio iónico, filtración, ósmosis inversa, adsorción y tecnologías electroquímicas) que han ayudado a la remoción de estos metales altamente tóxicos. Son técnicas eficientes ya que pueden remover más del 80% de los tóxicos sin embargo tienen ciertas limitaciones y desventajas que se mencionan a continuación:

- (i) El uso de productos químicos y la manipulación impactan en la calidad del agua.
- (ii) Producen grandes cantidades de residuos (lodos con arsénico), los cuales están categorizados como peligrosos y requieren de costosos procesos de tratamientos residuales y disposición final.
- (iii) En algunos casos se tiene la necesidad de aplicar un tratamiento secundario: En el caso del arsénico, estas técnicas remueven tanto el  $As+3$  como  $As+5$ , sin embargo, se requiere de un tratamiento previo de oxidación para que el  $As+3$  se convierta a  $As+5$ , ya que éste último es menos soluble en el agua y por lo tanto más fácil de remover. La conversión de  $As+3$  a  $As+5$  se hace mediante el uso de algunos agentes químicos oxidantes como el cloro, permanganato de potasio, etc. La adición de productos químicos en la etapa de oxidación aumenta el costo de estas técnicas.
- (iv) El costo de instalación y operación de su infraestructura es muy alto.

Al conocer las desventajas mencionadas es necesario optar por tecnologías que sean una alternativa de tratamiento más eficiente de aguas contaminadas y así obtener agua de alta calidad libre de iones tóxicos y apta para un posible consumo humano si fuera el caso de purificación de un cuerpo de agua. Además, un punto importante a considerar de inmediato es eliminar una grave consecuencia de los tratamientos convencionales: la generación de lodos altamente contaminados. Una alternativa viable, y que esta propuesta considera atractiva es la utilización de materiales adsorbentes nanoestructurados con la finalidad de crear nanoestructuras con alta área superficial y de compuestos afines a los metales pesados para desarrollar una tecnología eficiente de adsorción que pueda purificar agua.



### Propuesta alternativa: Uso de Nanotecnología.

Ya existen estudios en los cuales se han desarrollado adsorbentes base óxidos metálicos nanoestructurados, en los que se incluyen los óxidos de fierro, óxidos de manganeso, óxidos de aluminio, óxidos de titanio, óxidos de magnesio y óxidos de cerio, estos se clasifican por ser materiales prometedores para adsorción de metales pesados en sistemas acuosos, debido a su alta afinidad con los metales pesados, que los hacen por consecuencia útiles en esta área de remediación, su manera de actuar ha sido ya demostrada, estos óxidos al entrar en contacto con el agua actúan con carga positiva, y como tal tienen la capacidad de fijar por adsorción los iones con carga negativa (el As por ejemplo, al estar en contacto con el agua presente se comporta como un oxianión). La forma de adsorción ocurre por fuerzas del tipo Van der Waals, entre un átomo o una molécula y la superficie. En este caso no existe arreglo electrónico en el sistema y sólo las fuerzas de atracción electrostáticas o atracciones dipolares son puestas en juego (adsorción física). Esta capacidad de adsorción y su bajo costo, puede ser valiosa para la remediación natural y de ingeniería de los suelos y aguas contaminadas.

Desde hace varios años el Grupo de materiales nanoestructurados, del Departamento de Física de Materiales, del CIMAV, cuyo líder es el Dr. Mario Miki Yoshida y del cual forma parte la Responsable técnica de este proyecto, trabaja con una línea promisorio de nanotecnología, el estudio, desarrollo y caracterización microestructural de un adsorbente nanoestructurado: nanopartículas de magnetita (MNPs) con alta área superficial (es importante obtener esta propiedad porque de ahí parte la eficiencia del material a adsorber, hay más área) sintetizadas por la técnica físico-química Depósito Químico de Vapor asistido por aerosol (AACVD).

Estos nanomateriales han presentado y demostrado una alta eficiencia de adsorción de As<sup>+3</sup> y As<sup>+5</sup> (sin necesidad del proceso previo de oxidación) mayor al 95% en un tiempo menor de 30 minutos y en concentraciones iniciales de As por encima de la Norma. El proceso AACVD, es una técnica económica, sencilla y que no necesita de una infraestructura sofisticada para poder implementarse; permite obtener materiales que tienen propiedades comparables a los obtenidos por otras técnicas sofisticadas, físicas o químicas en las cuales se necesitan costosos sistemas de alto vacío, fuentes de radio frecuencia o de control de gases. Con esta técnica se logra obtener nanoestructuras en un solo paso, de una manera sencilla y rápida, a diferencia de otras técnicas, con esto se reduce el costo en lo que se refiere a infraestructura y reducción de gasto en energía, reactivos extras, tiempo etc.



Particularmente la técnica AACVD es un método atractivo para la preparación de nanomateriales en forma de recubrimiento o polvo, por la velocidad de producción, operación continua y uso de equipo relativamente simple y de bajo costo, además de poderse escalar industrialmente de forma práctica. Para sintetizar los nanomateriales se utilizan sales organometálicas precursoras disueltas en solventes alcohólicos o acuosos, que al someterlas a altas temperaturas se descomponen fácilmente formando óxidos. Se tiene alta experiencia en la generación de materiales en diversas morfologías de óxidos metálicos o metales nobles por esta técnica.

### Ventajas de la técnica AACVD.

La técnica AACVD tiene una serie de ventajas las cuales se enlistan a continuación:

- (i) Trabaja con temperaturas relativamente bajas, de 200 a 1000 °C.
- (ii) Se puede trabajar con la mayoría de los precursores como: acetatos, cloruros y nitratos; siempre y cuando se disuelvan adecuadamente.
- (iii) Se pueden sintetizar óxidos de metales nano-estructurados, simples o compuestos, puros o dopados.
- (iv) El sistema puede tener adaptaciones diferentes (uso de diferentes gases, generación de sistemas cerrados, colocación de reactores tubulares, etc.) según sea el material a obtener, que lo harán viable a formar diferentes geometrías en los materiales, la composición del material se puede manipular a voluntad siempre y cuando se tenga la solución precursora adecuada.
- (v) Se pueden obtener diferentes morfologías como: películas delgadas nanotubos, nanovarillas, nanohilos, grafenos y nanopartículas [3-9].
- (vi) En el caso de nanopartículas: la distribución de los diámetros de las nanopartículas producidas son uniformes en tamaño. Debido a que los tamaños de las gotas de solución precursora producidas por el nebulizador ultrasónico empleado son uniformes, de 2.2  $\mu\text{m}$  de diámetro promedio; haciendo uso de un piezoeléctrico recubierto con oro.
- (vii) Los materiales obtenidos son de alta pureza y sus propiedades son comparables con los obtenidos por otras técnicas más sofisticadas.
- (viii) El proceso es continuo.
- (ix) Es una técnica sencilla, fácil de manipular, que no necesita de una infraestructura costosa para poder implementarse.
- (x) Su costo es relativamente bajo comparado a otras técnicas de síntesis.



Utilizando la técnica AACVD, y variando los parámetros de depósito, precursores y disolventes, da como resultado la generación de nanomateriales que en fase no cambian pero que difieren en sus propiedades microestructurales y su eficiencia de adsorción, esto debido a que los parámetros de síntesis influyen en sus propiedades químicas, físicas y termodinámicas.

### Se propuso el desarrollo de los materiales nanoestructurados siguientes:

1. Se continuará con la síntesis de MNPs, ya que es uno de los materiales magnéticos nanoestructurados más importantes que han logrado atraer una atención creciente en la última década debido a dicha propiedad. El comportamiento magnético de las MNPs es muy sensible a los tamaños de partículas. A diferencia de los homólogos en bulto, la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) de tamaño nanométrico ya no es ferrimagnética, sino que presenta la propiedad paramagnética o superparamagnética. El hecho de que las nanopartículas de magnetita presenten la propiedad magnética, ha permitido que se utilicen para la remoción de materiales contaminantes en medios acuosos. Debido a que pueden dispersarse homogéneamente en el agua y ofrecen la posibilidad de ser fácilmente separadas magnéticamente después de su uso, esta es una ventaja importantísima, adicional a su afinidad por los metales pesados.

2. Desarrollo de nanopartículas de magnetita dopada o compuesta, con otros óxidos, por ejemplo de Mg y Al, esto debido a que existen referencias en la literatura que indican que estos óxidos por si solos tienen capacidad de adsorción de metales pesados, ya teniendo un referente de eficiencia de la magnetita se quiere conocer si dopando con estos elementos (por separado), o agregando los óxidos se aumenta la propiedad de adsorción, o cómo influyen estos elementos en su microestructura, y que desarrollen diferentes propiedades microestructurales (mayor área superficial) que ayuden a formar un material optimizado para aplicarlo en la adsorción de los metales pesados As, Cd, Pb y Cu.

### Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

#### a) Generación del conocimiento

En este proyecto la generación de ciencia básica fue realmente importante, porque se sintetizaron nuevos materiales de los cuales se estudiaron sus propiedades microestructurales, se determinó su área superficial, sus propiedades magnéticas, su eficiencia de adsorción y además la parte importante radicó en la generación de nuevas nanopartículas que remueven de manera simultánea contaminantes que pueden tener valencias positivas y negativas, de manera relativamente rápida y con solo ponerlas en contacto.



## b) Formación de recursos humanos especializados

Dentro de los productos comprometidos al proyecto era la formación de 1 Doctor en Ciencias, 1 maestro en ciencias y 5 licenciados.

Se tituló al Doctor en Ciencias, se tienen 3 maestros en ciencias 2 a punto de titularse, y uno en el segundo año de su maestría. Y se titularon 3 estudiantes de licenciatura. Se tuvo un estudiante de prácticas profesionales.

**Creación y/o fortalecimiento de grupos de investigación:** el grupo de materiales nanoestructurados al que pertenezco dentro del Departamento de Física de Materiales se vio fortalecido con los nuevos sistemas de síntesis ya mencionados, que dan la pauta a desarrollar más y mejores materiales y continuar con la ciencia básica para pasar a la posible aplicación tecnológica. Los sistemas desarrollados e instalados también pueden servir como servicios internos a otros compañeros para así tener colaboraciones con otras áreas del CIMAV, y así tener mejor aporte científico y tecnológico para beneficio del CIMAV y sus resultados como Institución. También como parte de la creación de una Red Temática de Materiales Compuestos se me invitó a una servidora a formar parte del Comité Técnico por parte del CIMAV para crear la Red y afortunadamente se autorizó el Proyecto de formar la Red en 2015, y ya se encuentra en el Tercer año de su formación, en donde se ha fortalecido el grupo de investigadores participantes de varios estados del país, de diferentes áreas de investigación, participando en proyectos en conjunto de diferentes áreas de investigación y reforzando con esto la ciencia en México. Como participación del proyecto en la Red temática, se ofrecieron ponencias, se participó en talleres y se expuso la línea de investigación del Grupo, tema fundamental de este proyecto, dando como resultado la inquietud de varios investigadores de Instituciones de nivel superior, de querer colaborar en el seguimiento de la continuación del proyecto, que da para mucho. Se pretende meter la continuación del Proyecto, en la próxima convocatoria de proyectos de Problemas Nacionales, donde participarán los Investigadores que retroalimentarán al Proyecto, de las ciencias y tecnologías necesarias para dar resultados firmes que lleven al Proyecto a un caso de éxito más.

## Impacto económico:



Se demuestra además que la técnica AACVD es una metodología relativamente fácil de manipular, amigable, simple y que además se puede escalar a nivel industrial, los materiales sintetizados fueron de alta calidad, y con un costo menor, se mejoró el área superficial de los materiales, hasta en un 100%, y se tienen eficiencias de remoción simultánea de contaminantes como arsénico, plomo y cadmio del 100%, del flúor hasta 60% en tiempos relativamente cortos de 1-30 minutos, estos resultados son promisorios para tratar de desarrollar un material capaz de ser no selectivo a un contaminante y tener una propiedad de adsorción eficiente, para que al momento de ser usado posiblemente en la industria pueda en una sola etapa ejercer su función. Hay mucho por seguir haciendo, pero esta ciencia básica generada nos marca a continuar con esta línea de investigación.

### Principales contribuciones:

1. La generación de ciencia básica que ayudará a la posible continuación del proyecto para pasar al siguiente nivel de generar una columna prototipo, o una columna más grande y poder ahora sí poder tener una aplicabilidad tecnológica.
2. Un título de patente en el cual por medio de la técnica depósito químico de vapor asistido por aerosol se sintetizan polvos nanoestructurados con morfología hueca y porosa que dan con esto la propiedad de un alta área superficial, propiedad específica para funcionar como promisorios adsorbentes.
3. Generación de recurso humano de alto nivel.
4. 3 Publicaciones a revistas internacionales reconocidas y arbitradas y 1 artículo en proceso de revisión.

### Impacto ambiental:

5. Materiales obtenidos que en poca cantidad (5-10 mg) tienen propiedades de adsorción muy buenas ya que es un proceso simultáneo y en corto tiempo (desde uno hasta 5 contaminantes y hasta 30 minutos máximo de tiempo), se tienen eficiencias de remoción hasta de un 100%.
6. Materiales obtenidos que no se necesita controlar su pH, ni agregar agentes aditivos que puedan impactar en la calidad del agua, tampoco se controla la temperatura ya que el proceso de adsorción se realiza a temperatura ambiente.
7. El posible uso de estos materiales en la industria, impactaría de inmediato en la generación de lodos, consecuencia de los tratamientos de purificación de agua, donde se utilizan materiales adsorbentes en cantidades industriales, el hecho de generar materiales adsorbentes nanoestructurados automáticamente reduciría la



cantidad de lodos, porque se utilizaría menor cantidad de adsorbente y como consecuencia se reduciría el costo de los tratamientos de purificación de agua.

## Argumentos como sustantivos para integrar mi Investigación dentro de los CASOS DE ÉXITO.

Primero hay que tener en cuenta que la noción de un caso de éxito es subjetiva y relativa. Un caso de éxito a menudo es asociado con la victoria y la obtención de grandes méritos, el éxito es parte de nuestra vida casi cotidiana y en general no se comparte con mucha gente. Los argumentos que se pueden plantear como casos de éxito del proyecto son los siguientes:

a) Este proyecto fue un caso de éxito desde que fue sometido a la convocatoria de problemas nacionales, considerando que se participa a nivel nacional y es un tema prioritario de México, fue seleccionado sin ningún cambio, re-estructura o disminución del presupuesto contemplado.

b) Es un caso de éxito porque se lograron obtener los nanomateriales comprometidos que no fue un proceso fácil, pero tampoco imposible, ya que lleva una parte de entendimiento previo de la termodinámica y termoquímica del proceso.

c) Es un caso de éxito ya que se fueron cumpliendo los objetivos planteados, que llevaron al cumplimiento de las metas y productos entregables, todos derivados de análisis exhaustivo de literatura ya estudiada anteriormente y a lo largo del proyecto, se aprendió el estado sólido de los materiales, el mecanismo de evaporación de la gota para formar materiales sólidos, huecos, porosos con alta área superficial y la oportunidad que brinda la nanotecnología de desarrollar materiales manipulando la material a nivel atómico que puedan competir en un futuro con los del mercado y ofrecer buenas propiedades de adsorción, y sobre todo la posible reducción de la cantidad de los lodos generados en los tratamientos convencionales, ya que en esos procesos usan grandes cantidades de adsorbentes, y si se pueden cambiar por cantidades menores de materiales nanoestructurados adsorbentes automáticamente se puede reducir la cantidad de lodos y el costo también, ese es el caso de éxito que se busca por parte de una servidora obtener solo que conlleva más investigación, más tiempo, mas desarrollo, por lo que se debe de tomar en cuenta lo que les comento que el proyecto como caso de éxito puede



ser relativo y subjetivo porque aún falta mucho por hacer, estudiar y trabajar lo que nos lleva a solicitar una continuación del proyecto para continuar en ello porque tenemos las bases bien cimentadas.

d) Es un caso de éxito también porque se partió de trabajo diario, de buen trabajo en equipo, en el cual participaron junto con una servidora muchas personas. Este proyecto es un caso de éxito porque se mejoró el entorno laboral, gracias al presupuesto que se asignó se pudo también mejorar el área de trabajo de los laboratorios, se implementó un sistema de calidad metiendo bitácoras de trabajo, se hicieron manuales de trabajo de las técnicas que se desarrollaron a lo largo del proyecto, se diseñó y construyó un sistema completo de síntesis de nanopartículas por la técnica AACVD funcionando al 100%, se optimizó el sistema de crecimiento de recubrimientos en el interior de tubos.

e) Es un caso de éxito ya que se lograron sintetizar los materiales propuestos (todos), y se pudo probar sus propiedades de adsorción, teniendo excelentes resultados, se lograron obtener áreas superficiales mejores hasta más del 100% de las obtenidas en fases puras de magnetita y es un caso de éxito porque se desarrollaron las columnas planteadas y se calculó toda la hidráulica del proceso y parámetros importantes que conllevan al buen funcionamiento de una columna empacada de adsorción de 10 cm de largo.

Son muchos campos de investigación los cuales se cubrieron exitosamente. Es un caso de éxito ya que se generó recurso humano de alto nivel, se escribieron tesis de doctorado, maestría y licenciatura de muy alta calidad y además se ganaron dos presentaciones de posters con trabajos propios del proyecto. Es un caso de éxito porque derivado del buen trabajo realizado se publicaron trabajos de buena calidad en revistas internacionales arbitradas con factor de impacto, un capítulo de libro, y se tiene el título de una patente, lo cual nos indica el éxito que resultó el proyecto, derivado de una línea de investigación de varios años, la cual da para mucho más por investigar y continuar en esta importante área de investigación.

## Comprobantes de los Productos





Artículo publicado Materials Research  
Aceptación capítulo de libro septiembre 2017  
Acta de examen Damián Neri Enríquez.  
Acta Defensa de Tesis Cecilia Bonilla.  
Acta EXAMEN Karen Olivares  
Artículo publicado JALCOM  
Carta miembro del comité técnico de MATCO Red  
Constancia Director de tesis Cecilia Bonilla  
Constancia Director de tesis Damián Neri  
Constancia Director de tesis Karen Olivares  
Constancia escolar Reyna Mendoza maestría  
Constancia verano de la investigación  
Poster ganador verano de la investigación científica  
Poster Línea de Investigación ganador  
Tesina maestría pre final Reyna Mendoza Anchondo  
Tesis 2017 Karen Olivares García  
Tesis prefinal Graciela Alonso maestría  
Tesis Damián Neri Enríquez  
Tesis Cecilia Bonilla  
Tesis Graciela Alonso Machado



Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP. 31136, Chihuahua, Chih., México.  
Tel: (614) 439 1100 [www.cimav.edu.mx](http://www.cimav.edu.mx)



**2020**  
AÑO DE  
**LEONA VICARIO**  
BENEMÉRITA MADRE DE LA PATRIA



## CASOS DE ÉXITO

**Proyecto:** “Nuevos monómeros heterofuncionales para la síntesis de copolímeros en bloque vía RAFT acoplados con polianilina sal de emeraldina base”.

**Empresa:** Fondo Ciencia Básica CONACYT CB-2016-01, Clave 288802.

**Monto total:** 1´906,000.00

**Institución Responsable:** CIMAV-Chihuahua. Dr. E. Armando Zaragoza Contreras.

**Institución Corresponsable:** Instituto Politécnico Nacional campus Guanajuato.

**Estatus del proyecto:** Vigente.

**Línea de Investigación que atiende:** Desarrollo de nuevos monómeros para la síntesis de polímeros conductores para aplicación en sensado químico y bioquímico y almacenamiento de energía.

**Zona de Influencia:** Local, Nacional e Internacional.

### Objetivo General:

Desarrollar sistemas copolímero-polianilina, donde los copolímeros en bloque se obtienen mediante polimerización radicalica mediada por RAFT, con un bloque a partir de una nueva familia de monómeros, los cuales, a través de sus grupos funcionales, propagan cadenas poliméricas de diferente naturaleza mediante la aplicación de mecanismos de polimerización por radicales libres y vía oxidativa.

**Descripción:** Se están realizando actividades correspondientes al segundo año del proyecto. Actualmente, se lleva un avance del 70%, ya se han sintetizado cuatro monómeros con grupos anilino y vinilo en una sola unidad monomérica. Se han sintetizado y caracterizado las polianilinas de cada monómero, así como los polímeros vinílicos correspondientes.

Por parte del colaborador (IPN campus Guanajuato), se está realizando trabajo de simulación química computacional para determinar las condiciones que pueden determinar la selectividad de los grupos funcionales.

**Productos del Proyecto:** Al día de hoy se ha desarrollado un artículo publicado en una revista de circulación internacional indizada en JCR, una alumna de licenciatura titulada





**CONACYT**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



adscrita a la Universidad Autónoma de Chihuahua, seis presentaciones en congresos, un segundo manuscrito que incluye las correcciones y comentarios de los evaluadores, un segundo estudiante programado para defensa de examen de licenciatura adscrito al IPN campus Guanajuato y tres estudiantes de doctorado adscritos al Programa de Doctorado en Ciencia de Materiales de CIMAV que están en su segundo y tercer año.

## IMPACTOS

### Científico

Generación de conocimiento relacionado con la obtención de monómeros con grupos funcionales polimerizables selectivamente, su polimerización para la obtención de sistemas poliméricos complejos y caracterización y su correlación teórica a través de química computacional.

### Tecnológico

Un impacto tecnológico relacionado con los sistemas poliméricos complejos, termoplástico-polianilina, se encuentra en el desarrollo de biosensores para analitos específicos relacionados con cáncer de mama y en el diseño de dispositivos para el almacenamiento de energía como supercapacitores.

### Social

Formación de recursos humanos altamente especializados en las áreas de síntesis orgánica, síntesis de polímeros, diseño de sensores químicos y bioquímicos y almacenamiento de energía.

