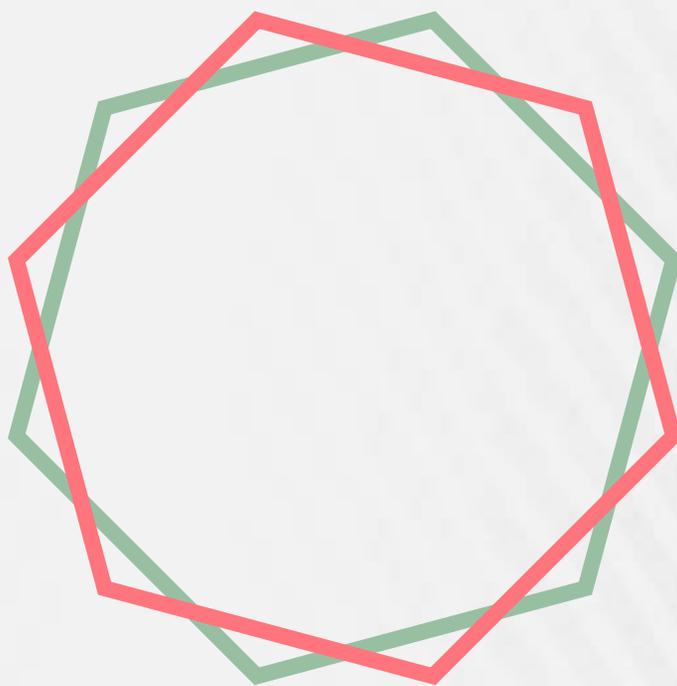


# Tendencias en Aplicaciones de Materiales Poliméricos en Ciencias de la vida



Título de la obra: **Tendencias en Aplicaciones de Materiales Poliméricos en Ciencias de la Vida.**

*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ, A.C.)  
Avenida Normalistas 800, Colonia Colinas de la Normal, Guadalajara, Jalisco, México. CP. 44270  
www.ciatej.mx*

Dr. Inocencio Higuera Ciapara

*Director general del CIATEJ*

Dr. Abel Gutierrez Ortega

*Director de Biotecnología Médica y Farmacéutica*

Dra. Zaira Yunuen García Carvajal

*Coordinación general*

MCCC. Yolanda Torres López

Lic. Jesús Fuentes González

*Recolección de material de fotografía*

MCCC. Jorge Valente García Hernández

*Registro Audiovisual*

L.D.C.G. Miriam Janet Landeros Escobedo

*Diseño Editorial*

QFBT Maira Moreno Valtierra

Aldo Fernando Corona Escalera (Estudiante de Ingeniería en nano)

M. en C. Jorge Armando Jiménez Ávalos

Dra. Zaira Yunuen García Carvajal

*Edición*

*Los logotipos de las instituciones o empresas participantes que pudieran presentarse se muestran como reconocimiento a su colaboración, ya que los contenidos son para uso estrictamente académico y este material será difundido sin fines de lucro. Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de esta obra por cualquier medio, ya sea impreso, digital, electrónico o cualquier otro medio, sin la autorización por escrito del CIATEJ, A.C.*

**ISBN versión impresa: 978-607-97894-9-7**

**ISBN versión digital: 978-607-98348-0-7**

*Hecho en Guadalajara, Jalisco, México 2018.*

**Agradecimientos y Reconocimientos**

FOSSIS-Convocatoria 2014-01 2340730

# DIRECTORIO

Dr. Inocencio Higuera Ciapara  
*Dirección General*

Mtra. Citlali Haidé Alzaga Sánchez  
*Directora Administrativa*

Dr. Ricardo Cosío Ramírez  
*Director Adjunto de Desarrollo Institucional*

Dr. Javier Rivera Ramírez  
*Director Adjunto de Planeación Estratégica*

Mtro. José Luis Flores Montaña  
*Director Adjunto de Vinculación y Transferencia de Tecnología*

Dra. Ofelia Yadira Lugo Melchor  
*Directora de Servicios Analíticos y Metrológicos*

Dr. Abel Gutierrez Ortega  
*Director de Biotecnología Médica y Farmacéutica*

Dra. Silvia Maribel Contreras Ramos  
*Directora Interina de Tecnología Ambiental*

Dra. Antonia Gutiérrez Mora  
*Directora de Biotecnología Vegetal*

Dra. Eugenia del Carmen Lugo Cervantes  
*Directora de Tecnología Alimentaria*

Dr. Juan Carlos Mateos Díaz  
*Director de Biotecnología Industrial*

Dra. Anne Christine Gschaedler Mathis  
*Directora de la Unidad Zapopan*

Dr. Jorge Alberto García Fajardo  
*Director de la Unidad Noreste*

Dra. Patricia Ocampo Thomason  
*Directora de la Unidad Sureste*

C.P. Fanny Nuño Carvajal  
*Subdirección de Recursos Humanos*

C.P. Josefina Islas Villanueva  
*Subdirección de Finanzas*

C.P. Juana Briones Castor  
*Subdirección de Recursos Materiales*

Lic. Gilberto Ortega Analiz  
*Jurídico*

## COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. Inocencio Higuera Ciapara  
*Presidente del Comité Organizador*

Dr. Abel Gutierrez Ortega  
*Director de Biotecnología Médica y Farmacéutica*

Dra. Zaira Yunuen García Carvajal  
*Coordinador*

María Guadalupe Bugarín Iñiguez  
*Coordinadora*

### Personal de Apoyo:

Aldo Fernando Corona Escalera  
Carlos Abisaí García González  
Jorge Armando Jiménez Ávalos  
Iliana Iséhy Sánchez Muñoz  
Rogelio Rodríguez Rodríguez  
Maira Moreno Valtierra  
José Nabor Haro González  
Julio César López Velázquez  
Silvestre de Jesús Chávez Bautista

### Diseño y Fotografía:

Yolanda Torres López  
Jesús Fuentes González  
Jorge Valente García Hernández  
Miriam Janet Landeros Escobedo

# PRÓLOGO

La ciencia de los materiales es un campo relativamente nuevo y muy amplio. Son varias las aplicaciones de los materiales en las diferentes disciplinas científicas que contribuyen a la creación de nuevos productos. La ciencia de los materiales implica relacionar la microestructura de un material con sus propiedades físicas y químicas macromoleculares. Al comprender y luego cambiar la microestructura, los científicos de materiales adaptan las propiedades para crear materiales personalizados o incluso nuevos, con propiedades y usos específicos.

La ciencia de los materiales abarca tantas disciplinas y aplicaciones que las personas que trabajan en este campo tienden a especializarse en una técnica o tipo de material. Por ejemplo, los polímeros son materiales que causan mucho interés por parte de las industrias médica y alimenticia.

Por otro lado, muchos de los estudiantes de las ciencias exactas en nuestro país han comenzado a relacionarse con la ciencia de materiales, en específico de los polímeros. Los estudiantes han mostrado interés en estos tópicos, por lo que es necesario adentrarlos a temas de actualidad. Aunado a esto, es importante que conozcan el ciclo de la innovación en el área de la ciencia de materiales tanto en nuestro país como en el extranjero.

En este contexto se pone de manifiesto la importancia que tienen las relaciones entre México e Italia en el ámbito científico, cultural y educativo, ya que se han ido reforzando y consolidando desde mediados de los años sesenta. La más reciente Subcomisión Mixta de Cooperación Educativa, Cultural, Científica y Tecnológica se celebró en Roma, el 17 de octubre de 2017 en el marco de la V Reunión de la Comisión Binacional México-Italia. En esa ocasión se revisaron los temas de la colaboración en la materia a fin de renovar los proyectos del Programa de Cooperación Educativa y Cultural vigente para el período 2015-2018.

México e Italia reconocen la importancia creciente de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de ambos países y por lo tanto, un aspecto importante para el desarrollo de la relación bilateral lo constituye la cooperación científica y tecnológica que se realiza entre universidades e institutos de investigación de ambos países. La cooperación científica y tecnológica que realizan es un factor que coadyuva a fortalecer la relación bilateral. A través del trabajo conjunto se puede alentar la colaboración en innovación tecnológica de los sectores empresariales de los dos países, particularmente en el campo de los materiales. En el marco de la Subcomisión de Cooperación Científica y Tecnológica, se firmaron diversos acuerdos de colaboración entre los que se destacan:

- Memorándum de Entendimiento entre el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) y el Instituto de Composiciones Poliméricas y Biomateriales de Italia.

Por todo lo anterior, esta obra está destinada fundamentalmente a los estudiantes de las ciencias exactas deseosos de familiarizarse con la ciencia de materiales, en específico los polímeros para aplicaciones en biomedicina y alimentación. También puede ser útil a otros profesionales de la salud que se enfrentan a problemas en la innovación y transferencia de materiales poliméricos al sector productivo. Proporciona información detallada sobre la investigación, desarrollo tecnológico e innovación (i+D+i) que se desarrollan en dos Centros Públicos de Investigación en México y en Italia. Si bien la fabricación de materiales basados en polímeros combina la posibilidad de una producción en masa y una amplia variabilidad de diseño, todavía existen oportunidades dentro del campo de la ingeniería de tejidos, medicina regenerativa y en la industria de la alimentación que no se han adoptado completamente en el sector productivo. Aunado a esto, existen numerosos desafíos adicionales relacionados con el desarrollo de productos para estas industrias, como garantizar la tolerancia a la desinfección, la biocompatibilidad, la selección de aditivos compatibles para el procesamiento, y más.

***Inocencio Higuera Ciapara, Zaira Yunuen García Carvajal***

# ÍNDICE

- 6 PROGRAMA**
- 7 CIATEJ**
- 12 Cooperación Bilateral México-Italia**
  - Tendencias en Materiales Poliméricos en ciencias de la vida**
    - Investigación e Innovación en CIATEJ
    - Sistemas para diseñar estructuras personalizadas para la ingeniería de tejidos
    - Diseño de Impresión 3D de implantes óseos con porosidad controlada
    - Biomateriales inyectables terapéuticos para reparación y regeneración de hueso
    - Nanocompuestos poliméricos para aplicaciones de envasado de alimentos: alta barrera y materiales activos
    - Investigación y Desarrollo en impresión 3D para aplicaciones en la Salud
    - Tópicos de Transferencia Tecnológica y oportunidades de Financiamiento en la Comunidad Europea
    - Red Mexicana de Nanociencias y Nanotecnología
  - 40 Tendencias Actuales en Materiales Poliméricos para ciencias de la vida**
    - Nanoeritosomas : Un vehículo teranóstico para tratamiento de glioma
    - Células Madre y Enfermedad de Parkinson
    - Interacciones moleculares y sistemas nanoencapsulados a base de quitosano
    - Encapsulamiento de células humanas en hidrogeles peptídicos
    - Membranas de quitosano con triclosán para tratamiento de periodontitis crónica
    - Encapsulación de aceite de café verde mediante secado por aspersion
    - Microencapsulación de aceite de pescado
    - Impresión de material comestible
  - 51 Películas a base de proteínas para el envasado de alimentos**
- 52 Conclusiones**
- 54 Bibliografía**

# CIATEJ

El CIATEJ es un Centro Público de Investigación, miembro del Sistema de Centros Públicos de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). El objetivo del centro es el desarrollo de soluciones innovadoras a los grandes problemas nacionales en los temas de: medio ambiente, salud y alimentación.

Somos un Centro Público de la Investigación del CONACYT que impulsa el desarrollo sostenible del país mediante la generación de conocimiento de vanguardia y la aplicación innovadora de la ciencia y tecnología.

Ser una organización de conocimiento e innovación que forma redes de colaboración nacionales e internacionales y alianzas estratégicas para contribuir al desarrollo sustentable del país.

## MISIÓN

## VISIÓN

## VALORES

### Ética

Somos conscientes que nuestra buena actuación ética implica igualmente una buena actuación profesional. Nuestro comportamiento ético nos permite transformar lo ordinario en extraordinario.

nuestra productividad en beneficio de nuestro país.

### Compromiso

Vamos más allá de nuestras obligaciones, porque quien trabaja comprometido, disfruta lo que hace y es la base que nos conduce a vivir en armonía con los demás miembros de la organización y con nuestros clientes.

### Comunicación

Transmitimos nuestras ideas, opiniones y conocimientos a través de un diálogo claro y positivo; generando confianza entre los miembros del Centro para la construcción de acuerdos que nos permitan alcanzar nuestras metas y objetivos.

### Colaboración

Trabajamos en equipo para el logro de nuestras metas y la satisfacción de nuestros clientes, incrementando

### Confianza

Construimos relaciones basadas en la credibilidad, previsibilidad y responsabilidad de nuestras acciones y compromisos.

# COOPERACIÓN BILATERAL MÉXICO-ITALIA

Las relaciones entre México e Italia en el ámbito cultural y educativo se han ido reforzando y consolidando desde mediados de los años sesenta, a raíz de la firma del Convenio de Intercambio Cultural entre México e Italia, el 8 de octubre de 1965.

La más reciente Subcomisión Mixta de Cooperación Educativa, Cultural, Científica y Tecnológica se celebró en Roma, el 17 de octubre de 2017 en el marco de la V Reunión de la Comisión Binacional México-Italia. En esa ocasión se revisaron los temas de la colaboración en la materia a fin de renovar los proyectos del Programa de Cooperación Educativa y Cultural vigente para el período 2015-2018, firmado entre ambos países el 9 de marzo de 2015, en la ciudad de México.

Asimismo, se firmó el Acuerdo de Coproducción Cinematográfica entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Italiana.

México e Italia reconocen la importancia creciente de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de ambos países y por lo tanto, un aspecto importante para el desarrollo de la relación bilateral lo constituye la cooperación científica y tecnológica que se realiza entre universidades e institutos de investigación de México e Italia.

El marco jurídico es el Acuerdo de Cooperación Científica y Tecnológica México - Italia, firmado en la Ciudad de México el 19 de septiembre de 1997 y en vigor desde el 10 de julio de 2000.

La cooperación científica y tecnológica que realizan universidades e institutos de investigación de México e Italia es un factor que coadyuva a fortalecer la relación bilateral. A través del trabajo conjunto se puede alentar la colaboración en innovación tecnológica de los sectores empresariales de los dos países.

Cabe destacar el Memorándum de Entendimiento entre la Agencia Espacial Mexicana y la Agencia Espacial Italiana suscrito el 3 de octubre de 2012.

Durante la V Reunión de la Comisión Binacional México-Italia que tuvo lugar el 17 de octubre de 2017 en Roma, en el marco de la Subcomisión de Cooperación Científica y Tecnológica, se firmaron diversos acuerdos de colaboración entre los que se destacan:

Memorándum de Entendimiento entre el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) y el Instituto de Composiciones Poliméricas y Biomateriales de Italia.

Acuerdo Técnico de Cooperación entre el Consejo Nacional de Investigaciones de la República Italiana (CNR) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de los Estados Unidos Mexicanos (CINVESTAV)

La renovación del Acuerdo de Cooperación Científica y Tecnológica entre el Consejo Nacional de Investigaciones de la República Italiana (CNR) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos (CONACYT), así como su respectivo programa de trabajo.

Asimismo, durante V Reunión de la Comisión Binacional México-Italia fue suscrito el Programa Ejecutivo de Cooperación Científica y Tecnológica entre la República Italiana y los Estados Unidos Mexicanos para los años 2018-2020, con 14 proyectos mutuos.

México está conformado por 32 estados con una extensión territorial de 1,964,375 km<sup>2</sup>, su ubicación geográfica, relieve y climas lo dotan de una gran diversidad de ecosistemas, mientras que su historia definida por raíces prehispánicas y la época colonial lo convierten en un país con siglos de tradición, infinidad de costumbres y lenguas indígenas (68 en total). Dada su riqueza cultural, algunas festividades y cantos tradicionales han sido nombrados patrimonio cultural inmaterial por la UNESCO dentro de las cuales se encuentran el día de muertos, el mariachi, la charrería, los voladores de Papantla, las pirekuas y la gastronomía. Esta última varía dependiendo la zona geográfica, los ingredientes representativos de los platillos son: el maíz, el chile, frijol, nopal, jitomate, entre otros.

A pesar de su multiculturalidad y diferencia entre regiones, sus símbolos patrios: La bandera, el escudo y el himno nacional, representan la identidad y unidad nacional.

## GUADALAJARA JALISCO

## NÁPOLES CAMPANIA

Italia, está conformada por 20 regiones administrativas con una extensión territorial de 301,340 km<sup>2</sup>, es una estrecha península caracterizada por tener forma de bota. Se distingue porque las personas son nobles y cálidas, con creencias fuertes y arraigadas. Es un país que se distingue por tener grandes baluartes históricos, artísticos, arquitectónicos y ser la cuna del renacimiento, así como del imperio romano. Es el país con mayor número de patrimonios de la humanidad declarados por la UNESCO, por ejemplo: el centro histórico de Nápoles, la torre de Pisa, coliseo romano, etc. El Carnaval de Venecia se considera una de las tradiciones más importantes, con sus característicos trajes de la época Victoriana, así como el baile típico es la “tarantela”, originario de Taranto con ritmo muy movido. En cuanto a gastronomía, la pasta y la pizza son las más reconocidas mundialmente a base de especias y salsa de tomate para darle un sabor único e inigualable y para acompañarlo sus bebidas típicas: Limoncello, grappa y sambúca; sin olvidar el “Gelato”, tiramisú y babá de Nápoles, postres típicos de Italia.

México e Italia son países que pese a su gran diversidad cultural y de los miles de kilómetros de distancia, tienen características similares como lo es el idioma, cuya raíz proviene del latín, por lo que, fonéticamente son parecidos, así como los colores de las dos banderas (Verde, Blanco y Rojo) se encuentran en el mismo orden, pero la tonalidad, proporción, escudo y significado difieren una de la otra.

Cabe mencionar que la familia es un pilar muy importante en ambos países, en la que los valores y unión están presentes, es debido a esta unión que la hora de la comida se convierte en uno de los momentos más evocados. Donde ambas partes preparan sus platillos típicos

# LABORATORIO DE MATERIALES CIATEJ, MÉXICO

El laboratorio de Materiales del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) perteneciente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), surgió aproximadamente hace 4 años y cuenta con distintas líneas de investigación a cargo de investigadores especializados.

Consta de cuatro grandes áreas como lo son micro y nano encapsulación, diseño de materiales nanoestructurados, caracterización de materiales y Diseño de matrices 3D.

## **Se trabaja principalmente en:**

- Diseño y caracterización fisicoquímica y biológica de biomateriales para aplicaciones en medicina y alimentación.
- Desarrollo de nanomateriales inteligentes para biosensores y diagnóstico.
- Estudio de las interacciones biomateriales-células.
- Estrategias de bioimpresión de células y bacterias.
- Desarrollo de implantes absorbibles y biodegradables.
- Aplicaciones médicas empleando células madre.
- Diseño y desarrollo de modelos tridimensionales combinando células y biomateriales.

## **Servicios:**

- Estudios de Preformulación.
- Diseño y desarrollo de nuevas formas farmacéuticas, matrices alimentarias y para el sector agroindustrial,
- Diseño de procesos de fabricación de formas farmacéuticas y matrices alimentarias.
- Estudios de compatibilidad de principios activos y excipientes.
- Elaboración de informes de Experto.
- Desarrollo analítico.
- Caracterización fisicoquímica.
- Diseño y desarrollo de andamios 3D para aplicaciones biomédicas.
- Escalamiento industrial.

# LABORATORIO DE MATERIALES IPCB, ITALIA

El “Istituto per i Polimeri Compositi e Biomateriali” (IPCB), es una institución de investigación en la ciudad de Nápoles, Italia.

Forma parte de la red de institutos de investigación del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche). Este instituto maneja tres áreas centrales de investigación:

- Materiales innovadores.
- Salud y nanomedicina.
- Sostenibilidad.

Además, colabora activamente a nivel nacional e internacional con financiación industrial y con proyectos europeos. Algunos temas que manejan son:

- Materiales poliméricos compuestos y nanoestructuras con propiedades y funciones programadas.
- Materiales poliméricos multifásicos para ingeniería de tejidos y medicina regenerativa.
- Desarrollo del conocimiento y transferencia de tecnología.
- Tecnologías de procesamiento de polímeros sintéticos y naturales, compuestos y nanoestructuras.
- Síntesis y modificación funcional de polímeros.
- Caracterización estructural de macromoléculas naturales y desarrollo de métodos innovadores para el estudio de materiales avanzados.

Las actividades son el resultado de la herencia del conocimiento de los investigadores adquirido en casi 50 años.



**E**l Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) organizó el primer taller entre México e Italia con la finalidad de fortalecer lazos de unión y así mismo compartir experiencias y conocimiento de trabajo entre ambas instituciones, además, de contar con la participación de empresas mexicanas líderes en innovación y desarrollo en aplicaciones enfocadas en materiales poliméricos. Los temas abordados se enfocaron en polímeros aplicados a tendencias en tecnología alimentaria y biomédica.

El Dr. Inocencio Higuera Ciapara, director general de CIATEJ, encabezó las actividades realizadas en este workshop binacional comentando:

“Es la primera vez que se organiza, buscando tener

áreas en común para la investigación de materiales con aplicaciones alimentarias y biomédicas”.

La Dra. Giorgetti también participó destacando lo siguiente:

“He visitado 10 de los 12 laboratorios mexicanos donde se están llevando a cabo los proyectos de investigación, lo que he visto es que los dos países tienen muchas ganas de colaborar a nivel científico por lo que estos proyectos son un esfuerzo para acercarse y más adelante poder mejorar las condiciones de la colaboración binacional”, comentó la también investigadora italiana.

Actualmente están vigentes 21 proyectos de

# TENDENCIAS EN MATERIALES POLIMÉRICOS EN CIENCIAS DE LA VIDA



investigación bilaterales entre México-Italia, financiados por la Unión Europea. Italia tiene el grupo más fuerte y más grande trabajando con estos proyectos, abarcando diferentes áreas de la ciencia que van desde la salud a energía, como energía geotérmica, energía producida con biomasa, química, ciencia aplicada a la restauración y conservación del patrimonio cultural.

La colaboración científica ha crecido durante los últimos años, pero hay una fuerte demanda por más colaboración.

La oficina del científico tiene el objetivo de “buscar la manera de conseguir más oportunidades de colaboración en nuevas áreas”.

Por el momento se trabaja en alcanzar dos metas.

“Renovar el acuerdo, en materia de ciencia, que se mantiene entre CONACYT-México y el CNR-Italia, para que se siga fortaleciendo la colaboración en investigación”.

“El segundo acuerdo que se está persiguiendo es generar un convenio completamente nuevo entre México-Italia en Ciencias Biomédicas”.

Por último, la Dra. Giorgetti mencionó la importancia de este encuentro para que se favorezca la interacción entre investigadores y en que se puedan encontrar e identificar oportunidades fructíferas de colaboración.



## DR. INOCENCIO HIGUERA

**C**IATEJ es un centro de investigación federal que cuenta con 4 sedes en todo el país y forma parte de una gran red de 26 centros de investigación que están coordinados por CONACYT, además colabora con otros centros de investigación nacionales e internacionales. Las áreas en las cuales se especializa son: Biotecnología Vegetal, Tecnología Ambiental, Tecnología Alimentaria, Biotecnología Industrial, y Biotecnología Médica y Farmacéutica.

En 2017 llegó a tener 262 proyectos de investigación financiados tanto por recursos públicos como privados. En cuanto a formación de recursos humanos hubo un total de 250 alumnos de Posgrado en 2017.

# INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN CIATEJ

*R&D at CIATEJ*

Dr. Inocencio Higuera

Ciapara

CIATEJ A.C.

Actualmente, se desarrolla un modelo único para conectar el ciclo que va desde la investigación hasta llegar a impactar a los sectores que atendemos (Agropecuario, Ambiental, Alimentario y de la Salud).

Los temas principales de investigación en CIATEJ que se trataron en el taller van desde impresión 3D, nanoencapsulamiento de moléculas bioactivas, purificación y caracterización de proteínas recombinantes y generación de anticuerpos, nuevas terapias biomédicas, servicios especializados como seguridad y eficacia de fármacos biotecnológicos, desarrollo y evaluación de nutraceuticos.

Aris es un ejemplo de un desarrollo tecnológico que simula el tracto digestivo humano para ver los efectos de nutraceuticos y alimentos funcionales.

**«ACTUALMENTE SE  
DESARROLLA UN  
MODELO ÚNICO  
PARA CONECTAR EL  
CICLO QUE VA DESDE  
LA INVESTIGACIÓN  
HASTA EL MERCADO»**

Algunos ejemplos de impacto social son: Proceso de obtención de fructanos de agave y su uso como ingrediente funcional y biofertilizante para aumentar el rendimiento de cultivos; sistema y proceso modular para el tratamiento pasivo de aguas residuales domésticas; una composición simbiótica sinérgica y su uso para el tratamiento de la disbiosis intestinal, entre otros.

*A systems approach to designing personalized structures for tissue engineering*

Dr. Luigi Ambrosio  
IPCB, Italia.

**«TENEMOS QUE  
TRABAJAR SIEMPRE  
CONSIDERANDO  
EL BIENESTAR  
HUMANO»**



## **DR. LUIGI AMBROSIO**

**E**l Dr. Ambrosio comenzó recordando la firma de un acuerdo previo específicamente entre CNR y CIATEJ, que dio pie a que se siguieran fortaleciendo los lazos de colaboración entre ambas instituciones, lo que favoreció la realización de este workshop, comenzando a discutir y compartir enfoques entre ambas instituciones. El investigador señaló que “tenemos que trabajar siempre considerando el bienestar humano como centro de las

investigaciones, teniendo presente la evolución de las sociedades en los aspectos social, físico y mental, sirviendo en los ámbitos de la alimentación, el medio ambiente y la salud, trabajando juntos en encontrar la mejor solución a los problemas que aquejan a la humanidad”.

En este sentido, en el IPCB se ha estado trabajando, en el diseño y fabricación de materiales, que en algunos casos puedan poseer efectos terapéuticos.

# UN ENFOQUE DE SISTEMAS PARA DISEÑAR ESTRUCTURAS PERSONALIZADAS PARA LA INGENIERÍA DE TEJIDOS

La idea es generar sistemas apropiados, mediante el estudio de la función de la Matriz Extracelular (MEC) y su modulación, que permitan diseñar sistemas basados en materiales con la finalidad de regenerar tejidos o para tratar diferentes patologías.

Basado en esto, el grupo de trabajo que lidera el Dr. Ambrosio ha trabajado en desarrollar diferentes materiales con diferentes estructuras que mimeticen a la MEC, que cambia según el tipo de tejido. Los sistemas son diseñados considerando las funciones y estructura de la MEC según el tejido, así como de las funciones celulares propias de ese sitio anatómico.

A la fecha, se han diseñado una gran cantidad de sistemas con dos diferentes acercamientos:

- Basándose en el tipo celular a emplear: por ejemplo, células madre humanas para tratar de regenerar diferentes tejidos como meniscos, ligamentos y hueso.
- Regenerar tejidos evitando el uso de células: mediante el uso de andamios celulares, que den señales bioquímicas a las células para regenerar el tejido. Por lo que se evaden las regulaciones que esto implica.

Esto permite que se puedan generar sistemas personalizados para la regeneración de tejidos: obteniendo información específica de cada paciente y mediante tecnologías de imagen, y se diseña el material para obtener las características específicas requeridas. Se ha trabajado desde hace tiempo en regenerar meniscos de manera personalizada, y también en otros tejidos de mayor complejidad como el hueso, en el que no solo por la variedad de componentes lo hace complicado, si no la variación que va teniendo la estructura conforme a la etapa de vida, y con ello las enfermedades relacionadas, como artritis y osteoporosis, por mencionar algunas.

Por ello surgió la necesidad de desarrollar sistemas multi-funcionales basados en la combinación de diferentes materiales para regenerar tejidos. Las técnicas que se han empleado de la impresión 3D, han sido la estereolitografía y la deposición fundida, controlando la estructura desde la macroescala a

la nanoescala. En estos sistemas, también se tiene la posibilidad de introducir nanopartículas con la finalidad de que den ciertas señales a las células que favorezcan la regeneración del tejido. Actualmente, se han trabajado con la introducción de nanopartículas magnéticas con la finalidad de aplicar un campo magnético, y así activar a las células y otras partes del tejido que favorezcan la regeneración ósea.

Otra de las estructuras óseas que se han trabajado, son los discos intervertebrales, de gran complejidad al no estar vascularizados, además de estar compuestas de hueso, cartílago y tejido suave altamente hidratado, teniendo diferentes propiedades en un mismo sistema.

El uso de la estereolitografía da lugar a materiales con una gran variedad de formas, sin embargo, su uso tiene la limitante de que en su mayoría los fotoiniciadores no son biocompatibles. En el grupo de investigación se desarrolló un fotoiniciador compatible para esta tecnología, basado en PDLLA dimetilacrilato, que resultó ser biocompatible y, además, en sistemas basados en nanoHAP (nanohidroxiapatita), favoreció la osteoinducción. La idea es generar estructuras esponjosas para ser utilizadas en pacientes con osteoartritis.

En tejidos suaves, también se ha trabajado con el desarrollo un sistema *in vitro* de intestino, para estudios del microbioma de diferentes poblaciones, emulando la estructura del intestino, usando un sistema multicapas y diferentes condiciones para propiciar una respuesta adecuada de células epiteliales y musculares que correlacionara con las condiciones *in vivo*.

El Dr. Ambrosio concluyó con las perspectivas que se tienen a futuro, que son:

- El diseño de materiales bioinspirados, capaces de guiar terapéuticamente la reparación y regeneración de tejidos, sigue siendo un reto para el futuro.
- La implementación de métodos novedosos a nivel de escala quantum, atómica y molecular, que generen descubrimientos con aplicación a sistemas biológicos.



## DRA. INÉS JIMÉNEZ PALOMAR

**N**ació en Guadalajara, Jalisco. Se recibió como Ingeniera Biomédica y obtuvo el grado de Maestra en Ingeniería de Materiales en Medicina, en la Universidad de Queen Mary en Londres, Inglaterra. Sus estudios de posgrado fueron patrocinados por el Consejo de Investigación de Ingeniería y Ciencias Físicas (EPSRC), una Institución especializada en Física e

Ingeniería equivalente en Inglaterra a las funciones que en México tiene el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). En 2013 se recibió como Doctora al presentar la tesis de “Propiedades mecánicas del hueso a nivel sublamelar”. La Dra. Inés regresó a México después de 8 años de haber vivido en el extranjero en febrero del 2012 para crear la compañía de InMateriis.

# INMATERIS

**Inmateriis** se fundó en el año 2013 en la ciudad de Guadalajara, Jalisco por la Dra. Inés Jiménez Palomar, con la misión de ser un centro de innovación científica para desarrollar nueva tecnología, conocimiento y propiedad intelectual en México, y con la visión de establecer una consultora para promover la generación de empresas independientes a través de las siguientes actividades:

- Busca tener un impacto social para que la ciencia esté al alcance de todos.
- Creación de un espacio de interacción para alentar encuentros de personas con conocimientos en diferentes sectores de la ciencia y tecnología.
- Desarrollo de un espacio de capacitación para jóvenes científicos de la ciudad.

Inmateriis busca abarcar diferentes mercados como: Industria del diseño, desarrollo y consultoría de tecnología en materiales para impresión 3D y Sector Salud; México a corto plazo, Estados Unidos y Europa a largo plazo; ofreciendo los siguientes servicios:

- Consultoría y asesoría para mejora de condiciones en el proceso de impresión 3D.
- Caracterización de materiales para impresión 3D.
- Impresión en tercera dimensión de polímeros termoplásticos, cerámicas, resinas orgánicas sintéticas, resinas biocompatibles con refuerzos cerámicos y material comestible.
- Síntesis y caracterización de materiales cerámicos para reforzamiento de la estructura ósea.
- Espacio de interacción para diferentes áreas de conocimiento que permita generar material de propiedad intelectual y educativo.



inMateriis

### ***Design of 3-D printing bone implants with controlled porosity***

Dra. Inés Jiménez Palomar

Inmateriis S.A. de C.V.

“ InMateriis es un centro de innovación científica conformado por un grupo interdisciplinario joven, donde la visión principal es democratizar la ciencia, fomentando políticas de laboratorio abierto, donde todos puedan entrar y donde todo lo que desarrollemos tenga un impacto social y sea accesible para el público en general”, resaltó la Dra. Inés.

El hueso es propenso a muchos defectos, como lo son: trauma, fracturas, tumores, etc., pero tiene la habilidad de regenerarse; sólo en Estados Unidos se reportan más de 15 millones de fracturas al año, por lo que el mercado es muy grande. Actualmente, el estándar de oro son los injertos de hueso, los cuales pueden presentar ciertos problemas, ya que requieren múltiples cirugías, son costosos, propensos a infecciones o generar una respuesta inmune. La ingeniería de tejidos es una solución a estos problemas, en el pasado se utilizaban materiales inertes, actualmente y a futuro se busca emplear materiales bioactivos. Lo que se busca es un andamio que tenga propiedades mecánicas lo más similares posibles a las del hueso, su señalización (que permita osteoinducción), osteointegración y porosidad.

“Aunque actualmente investigamos materiales bioactivos, los productos que pondremos en el mercado son inertes, la diferencia es su manufactura, la cual es mediante impresión 3D” mencionó.

Dentro de los proyectos se encuentran los implantes maxilofaciales hechos a la medida, los cuales se diseñan mediante software, obteniendo primero una imagen del paciente, haciendo un modelo que después es segmentando hasta conseguir la parte que se necesita la cual se simula y optimiza para reducir peso y mejorar la estructura, y que incluso es posible adicionar porosidad. Se trabaja con materiales inertes como nylon, policaprolactona, hidroxapatita, PEEK, entre otros. Para cada material se emplea una impresora específica.

También se desarrollan soluciones en biotecnología, como la producción de celulosa bacteriana a partir del mango que se desperdicia (50% de la cosecha), la cual puede ser una membrana y usarse como apósito para heridas.



# DISEÑO DE IMPRESIÓN 3D DE IMPLANTES ÓSEOS CON POROSIDAD CONTROLADA



Algunos otros proyectos en los que se trabaja son:

- Impresión 3D de espaciadores vertebrales de PEEK, buscando reducir costos para la población.
- Laboratorios de realidad virtual, donde el cirujano tendrá una referencia visual de la anatomía del paciente.
- Impresión 3D de estructuras óseas de pacientes.
- Impresión 3D de prótesis mamarias hechas a la medida.

“Actualmente nos estamos expandiendo para poder tener una producción en línea en la cual podamos imprimir los implantes médicos en las condiciones que las normas señalan a fin de poder llevarlos a un uso clínico, trabajando siempre de la mano de equipo médico, buscando brindar la mejor solución”, concluyó la Dra. Inés.



## DRA. MARIA GRAZIA RAUCCI

**E**n 2001 se graduó en Biología en la Universidad de Nápoles con la tesis titulada “Bioactividad y biocompatibilidad de materiales preparados con la técnica sol-gel”. Tiene un doctorado en Ingeniería Química de Materiales y Producción de Biomateriales. En 2014 fue investigadora visitante en la Universidad Federal de Rio grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Es experta en el diseño y desarrollo de andamios cerámicos e inyectables e híbridos preparados por el método de sol-gel en ingeniería de tejidos.

Ha participado en varios proyectos como el “TissueNet”. Actualmente es Científica Investigadora en el Instituto de Polímeros, Compuestos y Biomateriales (IPCB, CNR).

# BIOMATERIALES INYECTABLES TERAPÉUTICOS PARA REPARACIÓN Y REGENERACIÓN DE HUESO

Los implantes de hueso representan un riesgo de infección muy alto que lleva a diferentes complicaciones post cirugía que determinan la alta morbilidad y los altos costos a los sistemas de salud. Las infecciones asociadas a estos implantes son causadas en su gran mayoría por la formación de biofilms, macrocomunidades de microorganismos, que se adhieren a la superficie de los implantes y materiales quirúrgicos.

Muchas de las estrategias que se han seguido, es el uso de AgNPs y antibióticos, con ciertas complicaciones como la toxicidad y la generación de resistencia bacteriana, respectivamente.

La estrategia que se está siguiendo en el IPCB es el desarrollo de materiales de Hidroxiapatita inyectables y funcionales mediante tecnología sol-gel, con propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias, además de ser bioactivos.

Biomateriales con propiedades antimicrobianas:

- Líquidos iónicos que además de propiedades antimicrobianas, poseen propiedades osteoinductoras. Ejemplo es el cloruro de alquil-3-metilimidazol, con el que se ha trabajado modificando la longitud de la cadena, de 4-16 átomos de carbono.
- Fosfatos de calcio. Síntesis de biomateriales a base de Hidroxiapatita (HA) con tecnología sol-gel, amigable con el medio ambiente y que permite obtener materiales no tóxicos.

Los resultados que se han obtenido indican que los materiales compuestos de fosfatos de calcio con líquidos iónicos (LI) son los siguientes: entre más larga es la cadena de LI, se incrementa la respuesta biológica en células mesenquimales humanas, mejorando a las 24 h, la adhesión celular y proliferación. A períodos de tiempo más prolongados, se disminuye la proliferación, sin embargo, aumenta la expresión de osteocalcina y fosfatasa alcalina (ALP), marcadores que indican inducción a la mineralización y a la formación de hueso.

“La presencia de LI, reduce la tasa de cristalización de HA, teniendo una mayor concentración de monetita. La monetita tiene una mayor área superficial y nano-rugosidad que permite la adherencia celular de células mesenquimales humanas e induce la diferenciación osteogénica”.

Se ha encontrado también que este material, reduce las especies reactivas de oxígeno (ROS) y nitratos, que están involucrados en la respuesta inflamatoria y al mismo tiempo induce la expresión de citocinas antiinflamatorias (IL-10), al aumentar la cadena de los LI. Por lo que se demuestra que este biocomposito posee propiedades antiinflamatorias y osteogénicas, así como propiedades antimicrobianas sobre hongos y bacterias que inducen la formación de biofilms.

## *Injectable therapeutic biomaterials for bone repair and regeneration*

Dra. Maria Grazia Raucci

IPCB, Italia

## «LOS IMPLANTES DE HUESO REPRESENTAN UN RIESGO DE INFECCIÓN MUY ALTO»



En las infecciones ocasionadas por bacterias, se desencadena una respuesta inflamatoria en la que están involucradas una gran cantidad de células, principalmente macrófagos, que liberan citocinas específicas. El grupo, desarrolló un biomaterial a base de estroncio modificado con hidroxapatita (Sr-HA) acoplado a semidendrimeros. Se decidió usar estroncio (Sr), debido a que está involucrado en la diferenciación osteogénica y en el balance entre la resorción y formación de hueso. Este material permite la incorporación de HA, debido a la fosfoserina presente en los semidendrimeros. La presencia de semidendrimeros, mejoró la adhesión y diferenciación de células mesenquimales humanas, aumentando la expresión de marcadores osteogénicos como ALP, osteocalcina y osteopontina, por lo que los semidendrimeros poseen propiedades osteoinductoras.

La respuesta inflamatoria es un proceso clave en el uso de implantes en hueso, por lo que se determinó de manera *in vitro* la interacción de la inflamación y diferenciación osteogénica. Para ello, se evaluó el efecto de este material a base de estroncio en un co-cultivo indirecto de macrófagos con osteoblastos, evaluando la liberación y expresión de citocinas proinflamatorias en macrófagos, y después el efecto de este medio de cultivo en osteoblastos, midiendo la expresión de marcadores específicos involucrados en la osteogénesis. Se encontró que la presencia de Sr reduce la viabilidad, mientras que los semidendrimeros favorecen la adhesión y proliferación de macrófagos, reduciendo la expresión y liberación de citocinas proinflamatorias. Se demostró que los semidendrimeros, con y sin estroncio, inducen la proliferación de osteoblastos y la expresión de marcadores tempranos de

diferenciación osteogénica, así como una modulación del receptor que censa el calcio, involucrado en remodelación de hueso.

La respuesta inflamatoria es necesaria para la osteointegración, dependiendo de los niveles basales de citocinas que están involucradas en la diferenciación osteogénica. Estos resultados *in vitro*, fueron confirmados posteriormente de manera *in vivo* en modelos animales (ratas), a las que se les inyectaron los materiales. Después de 8 semanas hubo formación satisfactoria de hueso con la presencia de semidendrimeros.

“Teniendo en cuenta los resultados anteriores, el biomaterial inyectable que se desarrolló, posee propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y osteoinductoras, características ideales para aplicarse en ingeniería de tejidos óseo”, concluyó la investigadora.



**E**s investigador en el Instituto de Polímeros, Materiales Compuestos y Biomateriales (IPCB) del Consejo Nacional de Investigación (CNR). Se graduó de Ingeniero Químico en la Universidad Federico II en Nápoles, Italia; obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería de Polímeros en la Universidad de Loughborough, Inglaterra en 2009. Ha publicado más de 70 artículos científicos en revistas científicas internacionales, 5 capítulos de libro y varias publicaciones de resúmenes indexados de congresos internacionales. Es colaborador en 2 patentes internacionales PCT. Ha sido coordinador científico de varios proyectos nacionales de investigación y proyectos internacionales bilaterales (CNR-China y CNR-República Checa).

Actualmente, es el coordinador científico del proyecto “Laboratorio conjunto sobre Materiales Avanzados basados en Grafeno” en colaboración con China. Además, formó parte del equipo galardonado con la presea del International Polymer Challenge, 2007 otorgada por VenetoNanotech e Imastr scral desarrollando un proyecto de negocios enfocado en el desarrollo de nuevos materiales híbridos porosos para aplicaciones industriales y civiles.

**DR. MARINO  
LAVORGNA**



**E**l objetivo es desarrollar nuevos materiales a fin de incrementar la vida tan corta de anaquel que tienen los alimentos, reducir la frecuencia de compra y producción de basura e incrementar las exportaciones. Para ello se investigan nuevos materiales de fuentes renovables, materiales poliméricos de alta barrera y poliméricos activos, implementando nanotecnología y teniendo presente la sustentabilidad y la seguridad.

Los materiales activos están destinados a interactuar con los alimentos envasados, diseñados para incorporar componentes que liberan o absorben sustancias en o desde el alimento con la finalidad de aumentar su vida de anaquel, se trabaja con dos acercamientos diferentes:

- Materiales en contacto directo con el alimento.
- Materiales que actúan en el espacio existente entre empaque y alimento.

Se han utilizado distintas nanopartículas (NPs) de halloysita con vanilina como agente antimicrobiano además de iones de cobre para formar un complejo de metal insoluble que tapa los extremos del tubo, logrando reducir la difusión, NPs de montmorillonita utilizando plata como agente antimicrobiano o más recientemente sílica mesoporosa utilizando aminopropiltrióxido de silano para funcionalizar las partículas con tocoferol como antioxidante, logrando una reducción en cuanto a difusión del 60%, así como una liberación constante y prolongada.

Existe una demanda fuerte para mejorar las propiedades de barrera de gas de polímeros existentes, para promover su uso en aplicaciones de envasado de alimentos, así como en dispositivos electrónicos (OLED y LCD) y aplicaciones de aislamiento de vacíos que requieren un alto nivel de propiedades de barrera. En los últimos

# NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS PARA APLICACIONES DE ENVASADO DE ALIMENTOS: ALTA BARRERA Y MATERIALES ACTIVOS

**«DESARROLLAR  
NUEVOS  
MATERIALES  
A FIN DE REDUCIR  
LA FRECUENCIA DE  
COMPRA»**

*Polymer nanocomposites for food packaging application: high barrier and active materials*

Dr. Marino Lavorgna  
IPCB, Italia

años se ha trabajado con grafeno y sus derivados, buscando composites, esto debido a que sus propiedades estructurales, le dan una ventaja en propiedades mecánicas y conductivas, respecto a otros materiales como arcilla o carbonato de calcio, aunque es muy complicado escalar estas propiedades de nano a macro escala además controlar la morfología del grafeno dentro del polímeros es difícil por lo que se ha buscado aprender de la naturaleza observando la estructura jerárquica del hueso e intentar replicarla.

Se ha investigado mucho respecto a cómo debe ser el manejo del grafeno para lograr mejor manejo de este, llegando a la conclusión de que el control fino de nanoplateletos de grafeno para realizar una morfología de multicapa compacta que contraste la difusión de moléculas de gases, esta morfología puede realizarse controlando el ensamble y las interfaces de grafeno.

Se ha trabajado en lograr:

- Recubrimientos multicapa a base de grafeno por deposición capa por capa en sustratos de PET.
- Nanocompuestos basados en polímero de alcohol vinílico altamente amorfo (HAVOH) mediante recubrimientos por pulverización como materiales de barrera para aplicaciones de embalaje.
- Nanocompuestos basados en quitosano como materiales de barrera para aplicaciones de embalaje.
- Nanocompuestos basados en proteínas mediante el enfoque sol-gel para aplicaciones de envasado, y nanocompuestos basados en HAVOH con nanocelulosa y halloysita para aplicaciones de envasado de alta barrera.

El uso de NPs es una herramienta valiosa que permite:

- Mejorar las propiedades mecánicas, de barrera y termal de las películas de empaque
- Propicia las propiedades antioxidantes y antimicrobianas (en pruebas in vitro o in vivo)
- Controlar la difusión y liberación del compuesto activo.

Pese a esto, la nanotecnología en el embalaje de alimentos es todavía una cuestión de peligros potenciales y preguntas éticas. Sin embargo, es importante recordar que es necesario el trabajo multi e interdisciplinario, abarcando ciencia de materiales, química, microbiología, ciencia de los alimentos, física, diseño y ciencia del consumidor, para lograr una correcta y exitosa implementación de estos materiales, a través del dialogo constante entre compañías, consumidores, autoridades e investigadores.



## MBA. FEDERICO STALIN SANTOS VELASCO

**E**l Mtro. Federico Santos, es Ingeniero en Electrónica con un Posgrado en Diseño de Tecnología de Semiconductores para Sistemas Embebidos y cuenta con una Maestría en Administración de Negocios. Actualmente, es director de COLIBRI 3D y tiene más de 13 años de experiencia en proyectos de la industria de tecnología en áreas como:

desarrollo de pruebas eléctricas y funcionales de tarjetas electrónicas, desarrollo de pruebas de Rayos X, automatización, conectividad, instrumentos de medición, máquinas integradas para entornos austeros, fabricación de tarjetas electrónicas, fabricación ajustada, etc., y ahora busca posicionar a la compañía como un líder global.

# INTERLATIN



**Interlatin** fue fundada en 1999 con el propósito de proveer soluciones tecnológicas para la industria y la manufactura en México y el mundo. Tiene como misión el crear soluciones de alta tecnología para aumentar la productividad de empresas de clase mundial. Se busca el liderazgo global en soluciones tecnológicas innovadoras con ingresos sostenibles del 25% de marcas propias, agregando valor y renovando continuamente. Cuenta con una excelente política de calidad la cual busca superar las expectativas de satisfacción de sus clientes a través de la mejora continua de su sistema de gestión de calidad y con personal altamente calificado

Se brindan servicios principalmente a la industria aeroespacial, médica, automotriz, academia e investigación, retail, semiconductores y manufactura; dentro de los cuales destacan: diseño y manufactura de Software, aplicaciones de industria 4.0, consumibles y equipo SMT, automatización, instrumentos de prueba y medición, ingeniería, entrenamientos PCS industriales, sistemas de prueba electrónica y sensores de visión.

## **Research and Development in 3-D printing for health applications**

MBA. Federico Stalin Santos Velasco  
Interlatin S de RL de CV

**D**urante más de 30 años se ha trabajado con impresión 3D alrededor del mundo y su implementación en aplicaciones médicas se ha desarrollado a través de los años, comenzando siempre con animales, diseñando prótesis que les permite seguir con su vida de manera regular. El siguiente paso es implementar esta tecnología en humanos. “Hace poco más de un año, en Guadalajara, diseñamos y entregamos alrededor de 40 prótesis para niños, ya que desde mi punto de vista la meta es siempre el ser humano”.

Se logró imprimir piel en España en 2016, se han impreso orejas, este año en Corea del Sur piensan en la comercialización de ojos funcionales, e incluso uno de los órganos más complejos como lo es el corazón se ha logrado imprimir. “Lo cual es increíble, ya que, en un futuro si se tiene algún problema, es posible tener un reemplazo, pero no es el límite de la impresión 3D, se puede llegar más allá y combinar lo anterior mencionado, no se sabe en cuántos años, no se sabe qué país, pero podría ser México, ya que tenemos el potencial y podemos hacerlo”.

Colibrí comenzó en 2012 como un proyecto interno de Interlatin, es la primera compañía mexicana en desarrollar y patentar una impresora 3D de polímeros, así como la primer bioimpresora de México en colaboración con CIATEJ en 2016.

BioColibrí como se conoce la bioimpresora, tiene la capacidad imprimir diferentes materiales como lo son el chocolate o betún, cuenta con control de temperatura y se trabaja en un nuevo panel de control que sea táctil y de aplicación remota, siendo la primera con estas características en el mundo.

“Actualmente trabajamos para que nuestra bioimpresora sea capaz de imprimir células madre dentales para obtener tejido de hueso y en la impresión de alimentos de fácil digestión pensado para personas mayores, pero no nos detenemos ahí, ya que se avecinan más proyectos, trabajando siempre en paralelo con CIATEJ” resaltó.



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN IMPRESIÓN 3D PARA APLICACIONES EN LA SALUD



*«LA META ES  
SIEMPRE EL SER  
HUMANO»*



## DRA. ROBERTA MARZELLA

Ingeniera Química, experta en el manejo de la investigación y desarrollo de proyectos nacionales y europeos. Se ha orientado en el soporte de proyectos científicos como líder de manejo de actividades de proyectos. Además, ha desarrollado una gran experiencia en la supervisión del presupuesto de proyectos, la producción de reportes financieros y la cooperación con varios grupos de investigación a través de Europa.

# TÓPICOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y OPORTUNIDADES DE FINANCIAMIENTO EN LA COMUNIDAD EUROPEA

«LA EDUCACIÓN  
E INNOVACIÓN  
TIENEN QUE SER  
UN PROCESO  
INTERACTIVO»

**R**oberta Marzella es manager de productos en el IPCB, Italia; por lo que ayuda a los investigadores en sus propuestas para recibir financiamientos. Resaltó que la educación e innovación tienen que ser un proceso interactivo entre varios actores, además explicó el programa Horizon 2020, que es el más importante de Europa en Investigación e Innovación.

Este programa trata de encontrar todas las actividades que van desde la investigación básica a la aceptación del mercado; la innovación por lo tanto tiene que considerarse como un proceso interactivo en donde tanto el gobierno, como centros de investigación y universidades trabajen en conjunto para crear ideas de productos para el desarrollo del país. El punto de partida para esto es conocer a los clientes y la experiencia en problemas pasados, para saber que necesidades existen y tratar de resolver estos problemas. En el desarrollo del producto, en el nivel de tecnología, lo más importante es cruzar el valle de la muerte, eso quiere decir que, el punto más crítico es el de ir de la validación del producto en el laboratorio a su uso en el ambiente operacional.

Es por esto, que el programa Horizon 2020 trata de encontrar todas las actividades que van de la investigación básica a la aceptación del mercado cubriendo todos los retos de innovación, así mismo, trata de responder a la crisis económica, invirtiendo en futuros trabajos.

Es el primer programa acoplando la investigación e innovación, va más allá de la investigación científica y se estructura en 3 diferentes secciones:

- Ciencia de Excelencia: Investigadores con excelente entrenamiento e infraestructuras disponibles.
- Tecnología industrial: Enfocado en la investigación e innovación con enfoque a la competitividad en la industria.
- Retos sociales: Atiende a problemas sociales tales como: Salud, retos de bioeconomía de Europa, eficiencia energética, transporte verde e inteligente, acciones climáticas, seguridad social, entre otros.

En 2004 se firmó un acuerdo bilateral para ciencia y tecnología entre la comunidad europea y los Estados Unidos Mexicanos. Entró en vigor un año después, fue renovado por 5 otros cinco años en 2010 y posteriormente en 2015. “Con el objetivo de fomentar, desarrollar y facilitar las actividades de cooperación en áreas de interés común mediante el apoyo a las actividades científicas y tecnológicas de investigación y desarrollo”.

*Technological Transfer Topics  
and Funding Opportunities in the  
European Community*

Dra. Roberta Marzella

CNR-IPCB



## DR. GABRIEL LUNA BÁRCENAS

**D**octor en Ciencias (1997) por la Universidad de Texas, Estados Unidos con un posdoctorado en el departamento de Ingeniería Química y Biológica por la Universidad de Princeton. Nivel II en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Su línea de investigación se centra en la síntesis y caracterización de

polisacáridos para aplicaciones biomédicas, procesamiento de biomateriales mediante fluidos supercríticos y simulación molecular de polímeros. Actualmente es presidente de la Sociedad Polimérica de México, Coordinador de la Red de Nanociencia y Nanotecnología, además, de ser Investigador Titular en CINVESTAV Querétaro en el área de Nanomateriales.

**La Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología** se crea en el año 2009 con el fin de promover a la Nanociencia y a la Nanotecnología, las cuales son áreas de estudio novedosas y de gran desarrollo. Desde su creación, la Red Nano se ha enfocado en el desarrollo y aplicación del conocimiento para el desarrollo y transferencia tecnológica a fin de incrementar la innovación y competitividad de las empresas y el propiciar aportaciones soportadas científicamente en la regulación y normatividad de las actividades en los procesos de producción, comercialización y consumo. La Red Nano cuenta con 492 miembros con una cobertura en 30 estados de nuestro país.

Las líneas temáticas que abarca la Red Nano son:

•Cálculo Teórico y Modelos Computacionales, Nanocatálisis y Aplicaciones Ambientales. •Nanofotónica y Nanoelectrónica, Nanomedicina y Nanobiotecnología. •Aspectos Sociales, éticos y de Sustentabilidad. •Nanopartículas y Nanocompuestos poliméricos. •Películas Delgadas Nanoestructuradas. •Materiales Nanoestructurados y Nanomateriales. •Sensores de Gases.

Se ha trabajado en la selección y apoyo de proyectos emblemáticos, impulsándolos para que posteriormente sean proyectos que generen convenios de colaboración y puedan sustentarse para su continuo funcionamiento. En este sentido los proyectos emblemáticos son:

- Sistema Nacional de Evaluación Nanotoxicológica (SINANOTOX): Desarrollo de un sistema de gestión de análisis toxicológico de materiales usando la infraestructura existente en nuestro país.
- AQUA 20/20: Desarrollo de un proyecto integral de manejo de agua mediante el uso responsable de las Nanociencias para el aprovechamiento de este recurso vital.
- Comités de Normalización: Desarrollo de iniciativas y normas de regulación para materiales nanométricos.
- Análisis Situacional de las Nanociencias y la Nanotecnología en México.
- Propuesta de Iniciativa para el Desarrollo de la Nanotecnología en México.
- Actualización del Análisis Situacional de las Nanociencias y la Nanotecnología en México.



## ***Mexican Nanoscience and Nanotechnology network***

Dr. Gabriel Luna Bárcenas  
CINVESTAV Querétaro

**C**ONACYT tiene el objetivo de colocar los recursos humanos en los intereses en el mundo académico en nuestro país en diferentes temas. La nanotecnología ha tenido una revolución a través de los años, aunque aún se deben realizar cambios, especialmente en las regulaciones para el uso de esta tecnología en problemas de la sociedad. Los mayores jugadores en esta tecnología son Canadá, Estados Unidos, Alemania, entre otros; En Latinoamérica en nanotecnología los primeros lugares se posicionan Brasil, México y Argentina. Es por esto por lo que es importante la vinculación entre distintos países, especialmente en el ámbito de la comercialización. Las mayores contribuciones en tecnología son en las áreas eléctricas, salud, transportación, energía y metalurgia. Desde hace 10 años México comenzó con algunos proyectos buscando invención, recursos, equipo, etc.

En términos de instituciones, el 70% del territorio mexicano está poblado por diferentes instituciones en nanotecnología con diferentes aplicaciones. Actualmente, existe una red que tiene 492 miembros que es de las más grandes apoyada por CONACYT.

Las actividades son muy variadas en términos de interés en nanomedicina, medio ambiente, recursos naturales, energía, agricultura y comida, ingeniería y ciencia de materiales.

Una de las actividades en las que se tiene gran interés es en el SINANOTOX (Sistema Nacional de Evaluación Nanotoxicológica) en el que también trabajan miembros de CIATEJ, y establece una serie de pruebas a diferentes niveles biológicos para evaluar la interacción de los nanomateriales no sólo con fines académicos sino para la industria. Estas evaluaciones buscan obtener las regulaciones de COFEPRIS para comercializar los productos. El fin, es tener una batería de pruebas con los mejores expertos del país para tener una plataforma electrónica, en donde por medio una serie de preguntas que pruebas el usuario necesita llevar acabo y guiarlo a la institución correspondiente.

Otro proyecto en el que trabaja la red es en buscar colaboraciones con instituciones alrededor del mundo para implementar en México un sistema de regulación referentes a caracterización y definiciones de la nanotecnología.



# RED MEXICANA DE NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA

**«LOS MAYORES  
JUGADORES EN  
ESTA TECNOLOGÍA  
SON: CANADÁ, EUA Y  
ALEMANIA»**

La red temática de Nanociencias y Nanotecnología tiene 5 objetivos importantes:

- Efectuar estudios diagnósticos que presenten el “estado del arte”, los retos y las oportunidades existentes en México, en materia de la temática de la Red.
- Obtener un catálogo de formación de recursos humanos en Nanociencias y Nanotecnología de México.
- Análisis de proyectos académicos multi-institucionales en ciencia básica u orientada de interés e importancia nacional argumentando y sustentando su viabilidad.
- Diseño y ejecución de proyectos en ciencia aplicada susceptibles de lograr la vinculación con el sector público y privado. Además de buscar financiamiento de fuentes tanto nacionales como extranjeras, se dará prioridad a los proyectos que permitan esquemas ejecutables y que consideren la solución de problemas reales de la sociedad mexicana.
- Abrir nuevos espacios de diálogo multidisciplinario que sirvan para abordar grandes retos y detonar ideas de desarrollo tecnológico de trascendencia internacional.

**«LOS MATERIALES  
DE EMPAQUE  
INTELIGENTE  
FACILITAN EL  
SEGUIMIENTO DE  
CALIDAD DE LOS  
PRODUCTOS»**



## **DRA. SOCORRO VILLANUEVA**

**Q**uímico Farmacéutico Biólogo por la Universidad La Salle de la Ciudad de México, realizó la Maestría y el Doctorado en Ciencia de los Alimentos por la Universidad de Bourgogne, Dijon, Francia. En 1991, fungió como Asistente de Ingeniería de Procesos de Optimización en Herdez y en la actualidad es profesora investigadora del CIATEJ en el área de Tecnología de los Alimentos.

Los temas de su interés son: Interacciones fisicoquímicas en matrices alimentarias y su impacto sobre la disponibilidad de sustancias bioactivas propiedades tecnológicas y calidad sensorial de alimentos y bebidas. Además, cuenta con una solicitud de patente y una otorgada en el 2009 llamada “Extracto de polifenólicos a partir de la semilla de aguacate, su proceso de obtención y sus usos”.

# EMPAQUES INTELIGENTES DE ALIMENTOS

Los materiales de empaque requieren una serie de conocimientos e investigaciones para lograr encontrar propiedades que sean capaces de proteger y contener alimentos, así como comunicar información del producto. Esto requiere de diseños, estructuras, resistencias mecánicas, facilidad de apertura, ergonomía los cuales irán cambiando en función de la diversidad de estilos de vida y los avances en ciencia y tecnología.

Los retos de la ciencia de los materiales de empaque para alimentos incluyen:

- Producir empaques de manera eficiente
- Prevenir acumulación de residuos no biodegradables
- Uso racional y sustentable de recursos y materias primas,
- Buscar nuevos materiales biodegradables y reutilizables todo con el fin de mitigar los graves problemas de contaminación.

En el aspecto económico se proyecta un aumento en el volumen de mercado general a nivel mundial, en donde se prevé un aumento en el uso, distribución, venta y aplicación de los materiales de empaque.

Los materiales de empaque inteligente facilitan el seguimiento de la calidad de los productos, directa e indirectamente, informando al usuario sobre la posible degradación o cambios en el producto y su entorno, para lo cual existen estrategias basadas en oxido reducción que muestran cambios de color, así como etiquetas termosensibles para indicar si el producto se ha enfrentado a cambios de temperatura que no eran los adecuados para su conservación.

Por otro lado, se clasifican en materiales de envase activos aquellos que participan en la conservación del producto, que absorben ciertos compuestos dañinos o liberan compuestos que ayudan a estabilizar la vida de anaquel del producto. Otro tipo de materiales son los de sistemas de liberación de antimicrobianos, de antioxidantes, de etileno, de sabor, de conservadores o el atrapamiento de sustancias que dañan el producto. Muchos de los materiales ya existentes se orientan a la inserción de microbicidas en las películas inteligentes.

Existen también las etiquetas indicadoras de radiofrecuencia las cuales a través de varias aplicaciones permiten visualizar información del producto, como ¿cuándo?, ¿cómo?, ¿dónde? se hizo, además de información nutrimental y recetas.

México es dependiente de materiales de empaque, sin embargo, existen muy pocas empresas nacionales, los costos de estos materiales muchas veces no son accesibles para medianas o pequeñas empresas, la disponibilidad de materiales de empaque depende del consumo.

Por lo que, algo que se necesita hacer urgentemente es impulsar la interacción entre universidades, equipos de investigación y empresas, para desarrollar la tecnología para elaborar empaques y que permita exportar productos y tener un seguimiento adecuado de los mismos.

## ***Intelligent Food Packaging***

Dra. Socorro Josefina Villanueva  
Rodríguez

CIATEJ A.C.

# TENDENCIAS ACTUALES EN MATERIALES POLIMÉRICOS PARA CIENCIAS DE LA VIDA

**POLÍMEROS EN APLICACIONES FARMACÉUTICAS Y BIOMÉDICAS**  
*POLYMERS IN PHARMA AND BIOMEDICAL APPLICATIONS*

## ***NANOERITROSOMAS : UN VEHÍCULO TERANÓSTICO PARA TRATAMIENTO DE GLIOMA***



**E**l Glioma es el tumor maligno cerebral más frecuente en adultos y en México su incidencia aumenta progresivamente, la cual es de 3.8 casos por cada 100 mil habitantes. Una vez diagnosticado, los pacientes presentan baja supervivencia, aunado a esto los efectos colaterales de la quimioterapia provocan daño sistémico. Por lo que se deben desarrollar estrategias selectivas y efectivas contra el glioma con bajos nulo efecto secundario.

El uso de vesículas derivadas de células, son tecnologías emergentes para la entrega de fármacos, donde se usan las propias células del paciente. Esta tecnología se considera como medicina personalizada, ya que funciona por tener un tamaño y composición compatible con la membrana celular del paciente. En el presente trabajo se realizó el estudio fisicoquímico de los nanoeritrosomas cargados con nano partículas metálicas, temozolomida y anticuerpos anti-EGFRvIII como sistema teragnóstico, los parámetros medidos fueron: tamaño de partícula promedio, potencial Zeta, fluidez de la membrana y espectrometría de masas MALDI-TOF.

***Nanoerythroosome: A theragnostic conjugate, proposed as treatment for glioma***

Esteban Beltrán Gracia, Dra. Alba  
Adriana Vallejo Cardona

CIATEJ A.C.

# CÉLULAS MADRE Y ENFERMEDAD DE PARKINSON

## *Advances in Stem cells and Development research*

José Agustín Cota, Dr. Néstor Emmanuel Díaz Martínez

CIATEJ A.C



La enfermedad de Parkinson (EP) es el segundo trastorno neurodegenerativo más común. Los estudios actuales han demostrado mutaciones en varios genes familiares de la EP que probablemente están implicados en la aparición o el desarrollo de la enfermedad y muestran que algunos de ellos también están relacionados con el tipo esporádico de la EP, como el gen LRRRK2.

Nuestro objetivo es descifrar el papel de la mutación G2019S en el gen LRRRK2 implicado en el desarrollo de la EP, que es la mutación más común en poblaciones de todo el mundo.

En primer lugar, se obtuvieron células madre mesenquimales derivadas del tejido adiposo humano (hAMSCs) de tres individuos sanos y la caracterización morfológica/inmunocitoquímica de los marcadores clásicos de superficie (CD90/CD105/CD44). Luego, la ingeniería de una nueva línea celular de

Knock-out en (hAMCs)-KO(hG2019S-/-), se logró con complejos de RNP formados por un ARN de Guía Única (sgRNA) y un reportero eGFP-Cas9 con una señal de localización nuclear (NLS) para apuntar a un codón temprano del gen LRRRK2.

El 15% de los hAMSC expresan la BPA que indica el éxito de la edición genética. Posteriormente, sometimos a los hAMSCs a un protocolo de diferenciación neural, para sondear la plasticidad hacia el linaje neural. Bajo el suplemento Neurobasal + B27 y FGF2 al día 7, el crecimiento neurítico fue evidente en el 60% del cultivo celular.

Este modelo proporcionará una fuente de auto-renovación de células similares al Parkinson, útil para probar la corrección genética (terapia génica), la detección de moléculas (diagnóstico precoz) y la búsqueda de dianas terapéuticas.

## **INTERACCIONES MOLECULARES Y SISTEMAS NANOENCAPSULADOS A BASE DE QUITOSANO**



**E**l quitosano (CS) es un amino polisacárido natural formado por unidades *N*-acetil-*D*-glucosamina y *D*-glucosamina. Debido a sus propiedades fisicoquímicas y biológicas presenta enorme interés en el desarrollo de nanosistemas para la encapsulación de moléculas con importancia farmacológica. Compuestos como la capsaicina (CP) tienen limitaciones en su aplicación terapéutica debido a su hidrofobicidad, baja afinidad y corta vida media.

Por lo tanto, el desarrollo de nuevos enfoques mediante el uso de la nanotecnología resulta de gran relevancia para mejorar la eficiencia y reducir sus efectos secundarios. Sin embargo, para asegurar que el diseño de los nanosistemas sea óptimo tanto desde el punto de vista funcional como estructural, es importante realizar estudios exhaustivos de las características fisicoquímicas básicas y biológicas, así como la elucidación de las interacciones a nivel molecular presentes en los nanosistemas. Las interacciones entre los componentes de los nanosistemas y las interacciones *intra* e *intermoleculares* de CS y CP pueden ser evidenciadas utilizando técnicas experimentales y modelado molecular. Comprender las interacciones moleculares es fundamental para mejorar enormemente el diseño de sistemas de administración de moléculas activas.

### ***Molecular interactions in Nanoencapsulated Systems***

Evelin Martínez, Dr. Inocencio Higuera  
Ciapara

CIATEJ A.C.

# ENCAPSULAMIENTO DE CÉLULAS HUMANAS EN HIDROGELES PEPTÍDICOS

*Developing a methodology to efficiently isolate human cell from self-assembled peptide hydrogels for biological evaluations in vitro*

Aldo Fernando Corona Escalera, Dr.  
Luis Alberto Castillo Díaz

CIATEJ A.C.



**E**l advenimiento de los biomateriales ha ampliado las posibilidades de mejorar las estrategias terapéuticas actuales centradas en el tratamiento de diversas enfermedades crónicas. Las matrices extracelulares análogas, como lo son los hidrogeles avanzados, sirven como nichos tridimensionales (3D) para investigar respuestas biológicas in vitro. Ha habido una oleada de investigaciones en el campo para desarrollar métodos factibles para la recuperación eficiente de entidades biológicas encapsuladas en materiales poliméricos. Aquí, evaluamos la factibilidad de una metodología que permita desensamblar un hidrogel peptídico para poder recuperar de manera eficiente las células humanas viables para posteriores evaluaciones biológicas.

Pruebas reológicas fueron realizadas al hidrogel, con las cuales se obtuvieron resultados prometedores al mostrar que el comportamiento mecánico del gel es el deseado, ya que la inyectabilidad del gel es fundamental para aplicaciones futuras. Debido a que es necesario desensamblar el hidrogel para extraer las células, se probaron distintos compuestos

orgánicos para dicho propósito. Donde, además de evaluar el desensamble, se evaluó el impacto producido por dichos compuestos en las células durante el proceso.

Las células humanas viables pueden recuperarse de manera eficiente a partir de hidrogeles peptídicos después de la disolución con un compuesto orgánico. Esto permite posteriores evaluaciones biológicas para aplicaciones biomédicas. Se necesita más investigación para evaluar la viabilidad de esta metodología para recuperar otras entidades biológicas, como ARN, ADN y proteínas, de los hidrogeles, para permitir su cuantificación confiable. Actualmente se están llevando a cabo pruebas para determinar la no inmunogenicidad del hidrogel peptídico, para esto se aislaron células mononucleares humanas, y se evaluará la expresión de interleucinas en distintos periodos de tiempo. Descartar cualquier inmunogenicidad relacionada con los hidrogeles facilitaría su traducción clínica para su posible uso como transferentes terapéuticos biológicos, dispositivos sensores, vehículos de entrega de células y fármacos, candidatos a vacunas, etc.

## MEMBRANAS DE QITOSANO CON TRICLOSÁN PARA TRATAMIENTO DE PERIODONTITIS CRÓNICA



*Research and development of functional membranes made of chitosan with triclosan microcapsules for treatment of chronic periodontitis*

Walter Manuel Warren Vega, Dr. Tito Enrique Herrera Larrasilla

UAG

**E**l quitosano es un polisacárido natural, biodegradable y biocompatible, que se obtiene principalmente de la quitina, una sustancia abundante en la naturaleza que forma el exoesqueleto de camarones y cangrejos.

En los últimos años el quitosano ha incursionado en el campo de las especialidades de la odontología como la cirugía y la periodoncia como agente antibacteriano.

Dentro de la especialidad de Periodoncia es vital el uso de antimicrobianos para el tratamiento de diferentes tipos de periodontitis. Los agentes antimicrobianos más comunes utilizados en la última década han sido los siguientes Clorhexidina y Triclosán. Por lo tanto, dar un punto de partida para el desarrollo de nuevos productos que tienen como objetivo combinar las propiedades individuales de dos agentes para lograr un efecto sinérgico para

contrarrestar la enfermedad.

Se propone como la forma más viable de lograr este proceso es mediante el uso de la membrana de quitosano preparada que contiene microcápsulas de triclosán, colocadas en las bolsas periodontales de cada paciente, las cuales irán liberando la propiedad de retener el agente de microencapsulación en un plazo aproximado de un mes dentro de la boca de un paciente.

Se establecieron las condiciones necesarias para la microencapsulación del triclosán, para la formulación y elaboración de las membranas. Las membranas fueron probadas tanto *in vitro* y con los pacientes. Finalmente, se hicieron los ajustes necesarios para estabilizar la calidad del producto para desarrollar un prototipo funcional para su comercialización.

# TENDENCIAS ACTUALES EN MATERIALES POLIMÉRICOS PARA CIENCIAS DE LA VIDA

**POLÍMEROS EN APLICACIONES DE ALIMENTOS**  
*POLYMERS IN FOOD APPLICATIONS*

## ENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE CAFÉ VERDE MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN



*Spray drying of Green coffee oil*

Paloma Barajas Álvarez, Dr.  
Hugo Espinosa Andrews

CIATEJ A.C.

**E**l aceite de café verde ha tenido gran impacto debido a la presencia de compuestos antioxidantes como los ácidos clorogénicos, compuestos de interés para las industrias cosmética, farmacéutica y de alimentos. En este trabajo se desarrollaron y caracterizaron microencapsulados de aceite de café verde con el objetivo de obtener encapsulados estables de aceite de café verde que conserven el ácido clorogénico. Para ello, se utilizó un diseño de experimentos  $2^2$  variando la temperatura de secado y la formulación de aceite de café verde y goma arábiga, sobre la eficiencia de encapsulación y retención de ácido clorogénico; además se dio a conocer la morfología de los microencapsulados.

Los resultados mostraron que se alcanzó una mayor eficiencia de encapsulación (87.52%) cuando se utilizó una mayor cantidad de goma arábiga, y una mayor retención del ácido clorogénico (85%) se logró empleando esta formulación. Las partículas que contenían menor cantidad de goma arábiga

mostraron estructuras aglomeradas resultado de una mala protección del aceite. Por otro lado, aquellos encapsulados que presentan una mayor cantidad de goma permitieron la formación de partículas sin fisuras y de forma esférica, lo que puede ser resultado de un completo recubrimiento del aceite de café verde, lo que puede asegurar una baja permeabilidad de gases y una mejor protección del aceite de café contra reacciones de degradación de compuestos. Como conclusión, es posible encapsular aceite de Café verde empleando goma arábiga como material encapsulante, con buenas características físicas. Emplear una mayor cantidad de goma arábiga permitirá promover un mejor recubrimiento y protección del aceite de café verde y el ácido clorogénico presente en él, y la formación de partículas con una morfología sin rupturas. Además, debido a la presencia de compuestos antioxidantes, los microencapsulados podrían ser utilizados en formulaciones cosmeceúticas o de alimentos.

## MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE PESCADO



### *Microencapsulation of fish oil*

Gladys Páez Hernández, Dr. Gustavo Adolfo Castillo Herrera.

CIATEJ A.C.

**E**l aceite de pescado es reconocido como la principal fuente de ácidos grasos omega-3 específicamente, del ácido docosahexaenoico (DHA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA).

El consumo de aceite de pescado ha sido relacionado con la prevención y el tratamiento de la hipertensión, diabetes mellitus, artritis y cáncer gastrointestinal. Sin embargo, el aceite de pescado es altamente susceptible a la oxidación. Durante la oxidación del aceite, se llevan a cabo reacciones que producen sabores indeseables y productos potencialmente tóxicos, con la finalidad de prevenir y retrasar la oxidación del aceite de pescado se han desarrollado diferentes técnicas de encapsulación. Dentro de estas técnicas de encapsulación se encuentran las emulsiones multicapa.

Las emulsiones multicapa mejoran la estabilidad oxidativa de los ácidos grasos omega-3 al reducir la interacción entre los ácidos grasos y los iones metálicos mediante la formación de múltiples capas.

Para el desarrollo de la emulsión multicapa se utilizó la técnica de deposición electrostática de capa por capa, la cual, produce gotas de aceite recubiertas por varias capas. La emulsión primaria se forma utilizando un agente emulsificante, en este caso la lecitina. La emulsión primaria se pasó a través del microfluidizador con la finalidad de reducir el tamaño de partícula y producir una emulsión primaria estable. Posteriormente para formar la emulsión secundaria, la emulsión primaria se mezcla con una solución de un polímero catiónico. Finalmente, la emulsión secundaria se mezcla con una solución de un polímero aniónico para formar la emulsión multicapa. La emulsión multicapa presentó un tamaño de partícula de  $0.3 \mu\text{m}$ . Una vez que se tenía, la emulsión primaria, secundaria y emulsión multicapa se secaron mediante un secador por aspersion para producir microcápsulas.

Para evaluar la estabilidad oxidativa de las tres diferentes microcápsulas se almacenaron a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  durante un mes, pasado este tiempo, se determinó el índice de peróxidos de cada una de las microcápsulas. Las microcápsulas obtenidas de la emulsión multicapa presentaron un menor índice de peróxidos en comparación con las microcápsulas de la emulsión secundaria y primaria.

En base a los resultados mostrados, se puede determinar que las emulsiones multicapa son una técnica efectiva para encapsular el aceite de pescado y preservar su integridad.

## IMPRESIÓN DE MATERIAL COMESTIBLE



*Food 3D*

Jonathan Michel Barba,  
Dra. Zaira Yunuen García

CIATEJ A.C.

Debido a que la industria de alimentos nutraceuticos y funcionales se encuentra en crecimiento se ha buscado la implementación de la impresión 3D, ya que, en la actualidad se tiene un gran auge en investigación y desarrollo de nuevos productos, esto debido a la gran versatilidad que implica diseñar y crear un prototipo funcional.

Dentro de la impresión 3D existen varios parámetros como la viscosidad y temperatura que ayudan a determinar si un alimento pueda o no ser extruido, manteniendo la integridad frente a los procesos mecánicos a los que se somete la matriz (alimento-bacteria) y así se pueda ir dándole forma hasta obtener el producto deseado.

Se trabajó en el diseño de un alimento tipo

golosina (chocolate y betún), para funcionalizarlo con bacterias probióticas y así generar una matriz compuesta para que la bacteria esté protegida y pueda presentar una mayor supervivencia hacia los medios externos.

El alimento funcional está dirigido principalmente a personas de la tercera edad, los cuales presentan problemas en el momento de deglutir los tratamientos convencionales con probióticos.

Como conclusión, se requiere de más investigación para explorar nuevos materiales que sirvan para la creación de nuevas estrategias para crear alimentos funcionales por medio de la impresión 3D y que tengan una gran aceptación por las partes a quien va dirigido.

## PELÍCULAS A BASE DE PROTEÍNAS PARA EL ENVASADO DE ALIMENTOS

*Protein-based films:  
Advances in the  
development of materials  
applicable to food  
packaging*

Sergio de Jesús Calva-  
Estrada, Dra. Eugenia del  
Carmen Lugo Cervantes.

CIATEJ A.C.



Las demandas de los consumidores y los requisitos de las agencias reguladoras para el empleo de envases más ecológicos y menos contaminantes, ha conllevado a la búsqueda y desarrollo de nuevos materiales que deriven de fuentes naturales renovables con potencial de reducir cada vez más el uso de algunos polímeros sintéticos derivados del petróleo para aplicaciones específicas en el envasado alimentos, tal es el caso de las películas obtenidas a partir de proteínas. Sin embargo, para su aplicación, las películas de proteínas deben ser fuertes, elásticas y tener muy baja permeabilidad a la humedad y a gases.

Por ello, estudios recientes se han centrado en mejorar sus propiedades aplicando técnicas de plastificación, de entrecruzamiento y desarrollando películas compuestas por mezcla con otros polímeros. Los resultados indican que las propiedades funcionales de las películas de proteínas todavía no son comparables con las de las películas sintéticas, pero existen metodologías prometedoras que pueden mejorar aún más sus propiedades funcionales.

En la actualidad, la inclusión de nanopartículas y el desarrollo de nuevas técnicas que permiten la manipulación de estructuras a nivel molecular ha generado un impacto significativo en la fabricación y propiedades de los nuevos biomateriales.

Las películas nanocompuestas con estructuras bien controladas, comprenden un campo de investigación que podría proporcionar la oportunidad de diseñar materiales de envase con propiedades funcionales (antimicrobianas y/o antioxidantes) deseadas que prometen prolongar la vida de anaquel de los alimentos. El desafío actual, radica en el desarrollo de diferentes soluciones para múltiples productos, debido a que cada uno exige una película de envase de acuerdo con su aplicación específica y a los principales mecanismos que deterioran su calidad.

Además, es necesaria investigación adicional centrada en aplicaciones comerciales que proporcionen información más realista que conduzca a la comercialización de nuevos e innovadores materiales biodegradables a base de proteínas

# CONCLUSIONES

“Muy impresionante e interesante la información presentada por los estudiantes lo que dio lugar a un intercambio de ideas y conocimiento entre investigadores y estudiantes, esperando que el próximo año pueda ver los resultados de una etapa más avanzada de los proyectos presentados”.

“La mayoría de las presentaciones tienen como tema central la micro y nano encapsulado de ingredientes variados, que puedan servir como protección o para ser incorporados en matrices. Se llegó a la conclusión de que se necesitan empaques a base de materiales funcionales como las películas a base de proteínas, esto para resolver los problemas de contaminación, así como que sea económicamente factible para competir con productos que ya se encuentran en el mercado. Además de comentar que la impresión 3D tiene mucho alcance a futuro en cuanto a funcionalidad e invitando a Interlatin a participar en ello”.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Página electrónica de CIATEJ. Disponible en internet [<https://ciatej.mx/>].
2. Página electrónica de la Embajada de México en Italia. Sección Cultura y Cooperación. Cooperación bilateral. Disponible en internet. [<https://embamex.sre.gob.mx/italia/index.php/es/organismos-internacionales/cooperacion-bilateral>].
3. Bioinspired scaffolds for bone and neural tissue and interface engineering. Vincenzo Guarino, Valentina Benfenati, Iriczalli Cruz-Maya, Ana I. Borrachero-Conejo, Roberto Zamboni, Luigi Ambrosio. Functional 3D Tissue Engineering Scaffolds Materials, Technologies and Applications 2018, Pages 51-74. Chapter book in Highlights significant and successful applications of functional 3D scaffolds. Editors: Ying Deng and Jordan Kuiper  
ISBN: 978-0-08-100979-6. doi.org/10.1016/B978-0-08-100979-6.00003-3
4. Mayra Elizabeth García-Sánchez, Jorge A. Perez-Naitoh, Daniel E. Ramirez-Arreola, Jorge R. Robledo-Ortíz, Pedro Ortega-Gudiño and Inés Jiménez-Palomar. Characterization of Ceramic-Hydrogel Composites for Use in Bone Scaffolds Made Using Additive Manufacturing Techniques. Soft Materials and Biomaterials 2016. Vol 1, Issue 29., pp. 2161-2166. doi.org/10.1557/adv.2016.448
5. Dessì M, Raucci MG, Zeppetelli S, Ambrosio L. Design of injectable organic-inorganic hybrid for bone tissue repair. J Biomed Mater Res A. 2012 Aug; 100(8):2063-70. doi: 10.1002/jbm.a.34112.
6. Chiara Giuliani, Marianna Pascucci, Cristina Riccucci, Elena Messina, Martina Salzano de Luna, Marino Lavorgna, Gabriel Maria Ingo, Gabriella Di Carlo. Chitosan-based coatings for corrosion protection of copper-based alloys: A promising more sustainable approach for cultural heritage applications. Progress in Organic Coatings, Volume 122, September 2018, Pages 138-146. doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.05.002
7. Helena Dodziuk. Applications of 3D printing in healthcare. Kardiochir Torakochirurgia Pol. 2016 Sep; 13(3): 283–293. doi: [10.5114/kitp.2016.62625].
8. European Commission initiatives on technology transfer and SMEs. Workshop on investment Vehicles and Financial Instruments for Technology Transfer and Innovation. Belgrade, 1 March 2017. Disponible en internet. [[https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/20170301-02-tech-transfer-innovation-mccutcheon\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/20170301-02-tech-transfer-innovation-mccutcheon_en.pdf)]
9. Red Temática de Nanociencia y Nanotecnología. Conacyt. Dirección Adjunta de Desarrollo Científico y Académico. Dirección de Redes. Revista Mundo Nano. Vol. 3, No. 2, julio-diciembre, 2010. Disponible en internet. [file:///E:/Users/zgarcia.REDCIATEJ/Downloads/52224-146842-1-PB.pdf].
10. Han X, Wang C, Liu Z. Red Blood Cells as Smart Delivery Systems. Bioconjug

# BIBLIOGRAFÍA

Chem. 2018 Apr 18;29(4):852-860. doi: 10.1021/acs.bioconjchem.7b00758. Epub 2018 Jan 22.

11. Sonntag KC, Song B, Lee N, Jung JH, Cha Y, Leblanc P, Neff C, Kong SW, Carter BS, Schweitzer J, Kim KS. Pluripotent stem cell-based therapy for Parkinson's disease: Current status and future prospects. *Prog Neurobiol.* 2018 Sep; 168:1-20. doi: 10.1016/j.pneurobio.2018.04.005. Epub 2018 Ap 11

12. Higuera-Ciapara I, Virués C, Jiménez-Chávez M, Martínez-Benavidez E, Hernández J, Domínguez Z, López-Rendón R, Velázquez EF, Inoue M. 1H NMR studies of molecular interaction of D-glucosamine and N-acetyl-D-glucosamine with capsaicin in aqueous and non-aqueous media. *Carbohydr Res.* 2017 Nov 27;452:6-16. doi: 10.1016/j.carres.2017.09.014. Epub 2017 Sep 29.

13. Luis A Castillo Diaz, Mohamed Elsayy, Alberto Saiani, Julie E Gough, Aline F Miller. Osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells promotes mineralization within a biodegradable peptide hydrogel. *J Tissue Eng.* 2016 Jan-Dec; 7: 2041731416649789.

14. Arancibia R, Maturana C, Silva D, Tobar N, Tapia C, Salazar JC, Martínez J, Smith PC. Effects of chitosan particles in periodontal pathogens and gingival fibroblasts. *JDentRes.* 2013Aug;92(8):740-5. doi:10.1177/0022034513494816. Epub 2013 Jun 20.

15. A.G.S.Carvalho, V.M.Silva, M.D.Hubinger. Microencapsulation by spray drying of emulsified green coffee oil with two-layered membranes. *Food Research International.* Volume 61, July 2014, Pages 236-245. doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.012.

16. Enrique J. Olloqui, Araceli Castañeda-Ovando, Elizabeth Contreras-López David Hernandez-Sanchez , Daniel Tapia-Maruri, Javier Piloni-Martini, Javier Añorve-Morga. Encapsulation of Fish Oil Into Low-Cost Alginate Beads and EPA-DHA Release in a Rumino-Intestinal In Vitro Digestion. *Model. European Journal of Lipid Science and Technology.* 2018. Volume120, Issue9. doi.org/10.1002/ejlt.201800036

17. Zhenbin Liu, Min Zhang, Bhesh Bhandari, Yuchuan Wang. 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science & Technology,* Volume 69, Part A, November 2017, Pages 83-94. doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018

18. Matías L.Picchio, Yamila Garro Linck, Gustavo A. Monti, Luis M. Gugliotta, Roque J. Minari, Cecilia I.Alvarez Igarzabal. Casein films crosslinked by tannic acid for food packaging applications. *Food Hydrocolloids.* Volume 84, November 2018, Pages 424-434. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.028

**ANEXO**

# DR. INOCENCIO HIGUERA CIAPARA

**E**l Dr. Inocencio nació en Guaymas, Sonora, México. Se recibió de Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, y obtuvo el grado de maestría y doctorado en Ciencias de la Alimentación y Economía Agrícola en la Universidad de Cornell, Estados Unidos y un posdoctorado en el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling, Escocia.

Comenzó su carrera en 1985 como jefe del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), luego llegó a ser el director de esa división y en 1991 ocupó el cargo de Director General de CIAD. Posteriormente fue director adjunto en la coordinación del Sistema SEP-CONACyT, director adjunto de Desarrollo Regional, Director Adjunto a la Coordinación de Grupos y Centros de Investigación, Director Adjunto al Desarrollo Científico y Académico en CONACyT.

En el 2008 paso a ser Director General del CICY y en el 2014 del CIATEJ.

En su labor académica ha generado aproximadamente 70 artículos científicos en revistas con arbitraje internacional, ha dirigido 10 tesis de maestría y 5 tesis de doctorado, 3 codirecciones y 2 en proceso; Nivel 2 del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), 20 capítulos de libro, 6 libros en coedición, 10 informes técnicos para agencias internacionales; 2 patentes otorgadas, y 2 más en trámite, además de un secreto industrial.

**«DOCTOR EN CIENCIAS  
DE LA ALIMENTACIÓN  
Y ECONOMÍA  
AGRÍCOLA»**



# DR. LUIGI AMBROSIO



*«DOCTOR EN  
INGENIERÍA  
QUÍMICA»*

**E**l Dr. Ambrosio nació en Giuseppe Vesuviano, Nápoles, Italia. Obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería Química por la Universidad de Nápoles, Italia. Ha ocupado importantes cargos como investigador asociado en el Departamento de Materiales e Ingeniería de Producción de la Universidad de Nápoles, investigador asociado en el Departamento de Ingeniería Química y en el Instituto de Ciencia de los Materiales, en el

Programa de Polímeros de la Universidad de Connecticut, Estados Unidos. Además, ha sido Investigador Titular en Kontron Medical, en el Instituto de Tecnología de Materiales Compuestos, Italia y profesor designado en la cátedra de Biomateriales, en la Universidad de Nápoles “Federico II”. Actualmente, es el Director del Instituto de Polímeros, Materiales Compuestos y Biomédicos (IPCB-CNR) en Nápoles, Italia.

# DRA. ZAIRA YUNUEN GARCÍA CARVAJAL



«DOCTORA EN  
FARMACIA Y  
TECNOLOGÍA  
FARMACÉUTICA»

**Q**uímico Farmacobiólogo egresada de la Universidad de Guadalajara. Recibió su título de Maestría en Farmacia Industrial y Galénica y Doctorado en Tecnología Farmacéutica por la Universidad de Complutense de Madrid, España.

Su doctorado lo realizó en el grupo de Materiales Bioinspirados del Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (ICMM-CSIC). Realizó una estancia postdoctoral en el Grupo de Polímeros y Biopolímeros del CINVESTAV-Querétaro. Además de una estancia de investigación en la unidad de ingeniería de tejidos, terapia celular y medicina regenerativa del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Cuenta con experiencia laboral en la industria farmacéutica. Ha trabajado en departamentos de

I+D+i, Control de calidad, producción y ventas para empresas como. Sophia, PiSA, Merck-México, Berna-Biotech, España.

Pertenece a la Asociación Farmacéutica Mexicana, a la Asociación de Farmacéuticos de E.U.A y de España. Así mismo, pertenece a la Red Nacional de Nanociencias y Nanotecnología, al Sistema Nacional de la Toxicidad de Nanomateriales, Red Interna CIATEJ de Nanobiotechnología.

Su campo de experiencia científica se enfoca en los Materiales polémicos para aplicaciones en la salud, alimentación y medio ambiente.

Actualmente, trabaja como científico investigador en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco y es responsable de los Módulos de Impresión 3D, SINANOTOX y Desarrollo Galénico del laboratorio. de Materiales del CIATEJ.

# DRA. EMILIA GIORGETTI



## «DOCTORA EN FÍSICA»

**E**milia Giorgetti nació en Florencia, Italia. Obtuvo el grado en Física y fue la primera investigadora en el Instituto de Sistemas Complejos del Consejo Nacional de Investigación de Italia (CNR, por sus siglas en italiano). De marzo del 2015 a la fecha, funge como agregada científica al servicio de la embajada de Italia en México.

Antes de que tomara posesión del cargo en Latinoamérica, tuvo una carrera muy prolífica, en la que realizó investigación en materiales orgánicos fluorescentes para el desarrollo de sensores, así como en la manufactura y caracterización de nanopartículas metálicas, con especialidad en el uso de Espectroscopía Raman.

A la fecha, ha publicado más de 100 artículos científicos en revistas de arbitraje internacional.

### **Agradecimientos**

Este libro fue conducido bajo el auspicio del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, (CIATEJ) A.C. Se agradece el apoyo y la ayuda de investigadores y estudiantes que con su experiencia y conocimiento contribuyó a la realización y culminación de esta obra intelectual. Cada autor es responsable de la información contenida en este texto.

Este trabajo fue impreso gracias al financiamiento del Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social, SSA/IMSS/ISSSTE-CONACYT” bajo el proyecto con clave 234073 y el Proyecto FORT-CAI.

