

Propuesta de Proyecto Divisional (CNI)

1.1. Título del proyecto:

"Desarrollo y consolidación del Cuerpo Académico Físicoquímica e Interacciones de Biomoléculas (CA-FIB)"

Departamento de Procesos y Tecnología, División de Ciencias Naturales e Ingeniería
Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa

Diciembre 2022

1.2 Líneas de investigación del Cuerpo Académico

a) Catálisis enzimática: esta línea de investigación estudia principalmente la obtención y caracterización de enzimas y sus procesos catalíticos. Además, de la inmovilización de enzimas en nanopartículas o superficies.

b) Propiedades superficiales e interfaciales de biomoléculas: esta línea de investigación se centra en el estudio de las propiedades superficiales e interfaciales de biomoléculas y está orientada al desarrollo de materiales a partir de componentes sintéticos y/o biológicos y el estudio de estos componentes en una superficie o interfase.

1.3 Responsable y participantes:

a) Dr. José Campos Terán, Profesor Titular C, Tiempo Completo,
Departamento de Procesos y Tecnología, DCNI, UAM-Cuajimalpa.

(Responsable del proyecto y del CA-FIB)

b) Dra. Dolores Reyes Duarte, Profesora Titular C, Tiempo Completo,
Departamento de Procesos y Tecnología, DCNI, UAM-Cuajimalpa.

c) Dra. Maribel Hernández Guerrero, Profesora Titular C, Tiempo Completo,
Departamento de Procesos y Tecnología, DCNI, UAM-Cuajimalpa.

d) Dra. Izlia Arroyo Maya, Profesor Curricular, Titular C, Tiempo Completo,
Departamento de Procesos y Tecnología, DCNI, UAM-Cuajimalpa.

1.4. Orientación:

- Investigación básica (X)
- Investigación aplicada (X),
- Transferencia de tecnología (X)

1.5. Fecha de inicio y duración: 12 de diciembre de 2022, por 4 años.

2. Propuesta

2.1 Resumen

En este cuerpo académico se estudia principalmente la obtención y caracterización de enzimas y sus procesos catalíticos, así como la inmovilización de enzimas en superficies o nanopartículas. Por otra parte, también nos enfocamos al desarrollo de materiales a partir de componentes sintéticos y/o biológicos y el estudio de estos componentes en una superficie o interfase. El trabajo es complementario y se basa en el uso de componentes biológicos (proteínas, dentro de estas, las enzimas, así como también carbohidratos, lípidos, ADN, ARN, etc) y sus interacciones superficiales e interfaciales para la obtención y caracterización de materiales con alto valor agregado. Existen dos Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC): 1) Catálisis enzimática, 2) Propiedades superficiales e interfaciales de biomoléculas.

En la primera se considera el estudio de áreas particulares como la obtención y caracterización de enzimas y sus procesos catalíticos, inmovilización de enzimas, el desarrollo de procesos enzimáticos en medio orgánico para la síntesis de ésteres de derivados de productos naturales como alcaloides, azúcares y antioxidantes, así como para pretratamientos de extracción de componentes biológicos de interés o para aumentar la biodisponibilidad de estos compuestos. También el desarrollo de procesos biocatalíticos para la producción de compuestos de interés alimentario, ambiental y farmacéutico. Así como el descubrimiento y caracterización de nuevas enzimas de interés industrial mediante el desarrollo de genotecas metagenómicas.

En la segunda LGAC, se considera el estudio y caracterización de moléculas biológicas como proteínas (enzimas), carbohidratos, lípidos, ADN y ARN para la creación de nuevas estructuras y / o materiales. La utilización de estos componentes es cada día más frecuente y es en estos momentos una de las áreas de mayor desarrollo teórico y tecnológico dada la gran variedad de usos que existen para ellos en diversas industrias como son la química, farmacéutica, cosméticos, alimentos y otras. En la mayoría de estos sistemas la presencia de estos componentes en una superficie o interfase es de primordial importancia por el efecto que pueden tener en el funcionamiento de las estructuras creadas. De ahí la importancia de poder evaluar y cuantificar los diferentes factores que intervienen en los procesos de adsorción superficial.

2.2 Antecedentes

La pandemia en la que se encuentra nuestro país ha mostrado la necesidad de generar estrategias que ayuden a preservar la salud y nutrición de los mexicanos sin requerir procesos complejos para ello. En el caso de la vacunación, la cual es un componente fundamental de la salud mundial, para algunos casos, i.e., COVID-19, es imperante su

almacenamiento en todo momento a temperaturas entre 2 y 8 °C y cualquier falla en esta "cadena de frío" puede resultar en la administración de vacunas ineficaces. Este problema es importante para los países en desarrollo y zonas marginadas. Lo anterior es agravado por el rápido cambio climático que ha aumentado significativamente la propagación de enfermedades infecciosas como el dengue y el Zika. Por lo tanto, el desarrollo de métodos para la estabilización térmica de vacunas es una necesidad urgente. Así mismo, es importante generar el conocimiento para el desarrollo de nuevas formulaciones de vacunas y, en este sentido, el uso de nuevas alternativas como son las partículas tipo virus (VLP, por sus siglas en inglés) deben impulsarse.

Por otro lado, de acuerdo al Instituto Nacional de Salud Pública, casi la mitad de la población del país habita en comunidades marginadas y el 75 % de este grupo se ubica en el tercil más pobre de la población. Esta situación tiene un impacto negativo en la nutrición y salud de este segmento, ejemplo de ello es que en la población infantil se observan deficiencias nutricionales en 1 de cada 5 niños, siendo más grave esta situación en poblaciones indígenas (1 de cada 3), y en la población adulta se presenta una elevada incidencia de enfermedades como diabetes, hipertensión, sobrepeso y obesidad, lo que enfatiza la importancia de encontrar alternativas que mejoren la nutrición de la población vulnerable. En este sentido, los compuestos nutracéuticos pueden ser utilizados para prevenir o coadyuvar en el tratamiento de enfermedades. Tal es el caso de los compuestos obtenidos de microalgas (por ejemplo, la proteína C-ficocianina) que presentan actividad antioxidante. Sin embargo, mantener la estabilidad química de este tipo de moléculas durante su procesamiento representa importantes desafíos tecnológicos. Una estrategia para resolver lo anterior es el desarrollo de sistemas que permitan mantener la integridad química/biológica de estos compuestos para su utilización como alimentos funcionales. Por otro lado, es de interés proponer nuevas alternativas alimentarias con un aporte nutricional adecuado basadas en plantas, hongos, bacterias, algas, insectos, etc. con el fin de desarrollar alimentos saludables y con menor impacto ambiental.

Adicionalmente, el uso desmedido de plásticos previo a la pandemia y durante ella, actualmente presenta un grave problema ambiental y un reto económico. Varias estrategias buscan desarrollar alternativas dentro de la economía circular. En este sentido, la biotecnología como una alternativa de proceso, brinda herramientas para disminuir la presencia de microplásticos y plásticos a través del uso de enzimas o el desarrollo de materiales alternativos.

Las tres temáticas mencionadas involucran la generación de materiales a partir de componentes sintéticos y/o biológicos, el aprovechamiento de recursos biológicos de fuentes no convencionales y la obtención y caracterización de materiales que incrementen la estabilidad de moléculas de alto valor agregado. Esto representa áreas potenciales de desarrollo dentro de los sectores químico, farmacéutico, alimentos, energía, médico, entre otros.

2.3 Objetivo general y objetivos particulares.

Objetivo General:

Consolidar las líneas de investigación del CA-FIB relacionadas con el uso de biomoléculas a través de proyectos que involucren a los miembros del Cuerpo académico y al alumnado de la DCNI, y que atiendan a las necesidades nacionales actuales en términos de salud, alimentación y medio ambiente.

Objetivos Particulares:

- Fortalecer los proyectos del CA relacionados con sus líneas de investigación involucrando a alumnado de licenciatura y posgrado.
- Fomentar la colaboración con otros cuerpos académicos o grupos de investigación de la UAM u otras instituciones que estén relacionados con la obtención, caracterización y estudio de biomoléculas con aplicaciones en las áreas de salud, alimentación y medio ambiente.
- Fomentar la colaboración con otras instituciones de educación superior relacionadas con los proyectos del CA.
- Dar a conocer los proyectos realizados en el CA para aumentar la difusión del trabajo realizado en los mismos.
- Consolidar la infraestructura accesible al CA mediante la obtención de nuevos espacios de investigación, recursos para mantenimiento y compra de equipo nuevo, a través de la búsqueda de financiamiento interno y externo.

2.4 Descripción, incluyendo hipótesis y metodología.

Los proyectos del CA-FIB activos y por implementarse se relacionan con el estudio, caracterización y desarrollo de diversos componentes o materiales utilizando moléculas sintéticas y/o biológicas a partir del aprovechamiento de recursos biológicos y de fuentes no convencionales, como por ejemplo, recursos naturales de bajo impacto ambiental y social y residuos agroindustriales, microalgas (cianobacterias) y algas superiores (sargazo). También se estudian técnicas enzimáticas para la producción o degradación de biomoléculas complejas y su posible uso como biomateriales o como aditivos funcionales, así como para mejorar la biodisponibilidad de biomoléculas activas. Por otra parte, se estudia la obtención y caracterización de enzimas y sus procesos catalíticos. Además, de la inmovilización de enzimas en nanopartículas o superficies.

Hipótesis

El estudio, desarrollo y caracterización in vitro, superficie o interfase de materiales a partir de componentes sintéticos y/o biológicos así como la investigación de diversos procesos enzimáticos permitirá aportar conocimientos y tecnologías que provean soluciones a

problemas nacionales y fortalezcan las áreas de salud, alimentos y medio ambiente con relación a la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible.

Metodología general del proyecto

- Búsqueda de información, conceptos y principales resultados obtenidos por otros grupos de investigación sobre el problema de interés en la literatura especializada.
- Reuniones periódicas entre los miembros del CA y el alumnado involucrado para discutir y plantear estrategias de solución a los problemas planteados.
- Desarrollo de las estrategias planteadas mediante actividades experimentales o teóricas.
- Análisis y discusión de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos.
- Exposición y divulgación de resultados obtenidos en foros académicos nacionales o internacionales por parte del profesorado y alumnado.
- Comunicar los resultados obtenidos en diferentes plataformas y medios digitales, así como publicaciones especializadas con arbitraje y/o indizados.

Las temáticas de este proyecto son las siguientes:

Salud

- Producción sostenible de vacunas mediante el uso de partículas tipo virus (VLPs por su siglas en inglés).
- Generación de andamios para tejidos celulares mediante biopolímeros.
- Síntesis de nanopartículas de oro para funcionalizar andamios de alginato-quitosano para el cultivo de células cardíacas.

Metodología particular: VLPs vacías, es decir sin ADN o ARN, y producidas mediante técnicas biotecnológicas se obtendrán de una colaboración con el Dr. Mauricio Comas del Centro de Investigaciones de Ciencias de la Salud y Biomedicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. La interacción virus-membrana será estudiada mediante la técnica de Langmuir para realizar monocapas lipídicas modelo que permiten simular o modelar algunos aspectos de una membrana celular (Luke *et al.*, 2020). Por otro lado, y en colaboración con el grupo de Ingeniería de Tejidos y Medicina Regenerativa de la UAM-C, se desarrollarán y validarán andamios compuestos de alginato-quitosano para el cultivo de células cardíacas estudiando el porcentaje de hinchamiento y permeabilidad del andamio, así como también su viabilidad celular (Beltrán-Vargas *et al.*, 2022). Así mismo, los andamios se funcionalizarán con nanopartículas de oro (NPAu) para estudiar el efecto en las características mecánicas y eléctricas y si éstas favorecen la adhesión y viabilidad celular. La síntesis de nanopartículas se realizará siguiendo la metodología de Topete Camacho, 2013 (Topete, 2013). El tamaño de partícula y la concentración de NPAu serán determinados mediante el uso de las técnicas de dispersión dinámica de luz (DLS) y UV-Vis. La caracterización morfológica de las NPAu y los andamios se realizará mediante técnicas de microscopía (AFM y SEM) y difracción de rayos X.

Alimentos

- Encapsulación de compuestos de interés biológico como vitaminas, antioxidantes, aceites, prebióticos, entre otros: generación de nanopartículas proteicas, de hidrogel, lipídicas, nanoemulsiones, emulsiones pickering y micropartículas (Cuevas *et al.*, 2022; Jimenez-Cruz, *et al.*, 2022).
- Estudio y desarrollo de nuevas alternativas alimentarias: obtención y aislamiento de nutrientes derivados de fuentes no convencionales, por ejemplo, proteínas vegetales, así como obtención de biomoléculas a partir de hongos, bacterias, algas, insectos, etc.
- Síntesis enzimática de nutraceuticos y desarrollo de alimentos enriquecidos con probióticos (encapsulación de probióticos y prebióticos y desarrollo de nuevos alimentos fermentados).
- Estudio de biomoléculas con actividades antioxidante, prebiótica, antimicrobiana (Reyes-Duarte *et al.*, 2011).
- Evaluación de la digestibilidad y biodisponibilidad de alimentos funcionales: diseño e implementación de modelos de digestibilidad estática o *in vitro*.

Metodología particular: Síntesis y/o degradación de moléculas utilizando enzimas o biocatalizadores, en medios acuosos u orgánicos (Chávez-Flores *et al.*, 2017). El análisis se lleva a cabo utilizando técnicas de cromatografía (TLC, HPLC) con detectores UV-Vis, IR, Light Scattering. Otras técnicas utilizadas son para la medición de: actividad antioxidante (TEAC-Capacidad antioxidante en base a equivalentes de Trolox, por espectrofotometría), actividad antimicrobiana (determinación de las CMI-Concentración mínima inhibitoria y la CMB-concentración mínima bactericida), y actividad prebiótica (evaluación del crecimiento de cepas probióticas como *L. acidophilus* y *L. casei*).

Medio ambiente

- Estudio y aprovechamiento de recursos naturales, residuos agroindustriales y biomoléculas para la fabricación de bioplásticos u otros productos de valor agregado (Gómez-Patiño, *et al.*, 2012).
- Estudio, aislamiento y utilización de enzimas para catálisis verde y degradación/síntesis de bioplásticos y estrategias para el desarrollo de nuevos productos biobasados (Peña García, 2022; Vázquez Morillas, *et al.*, 2021).

Metodología particular: Se utilizarán recursos naturales y residuos agroindustriales de bajo impacto ambiental considerando la responsabilidad ética y social para obtener materiales y productos de valor agregado incluyendo bioplásticos y enzimas, entre otros. Las metodologías utilizadas implican el uso de los recursos y residuos en bulto o la extracción de biomoléculas utilizando métodos químicos y/o enzimáticos en medios acuosos u orgánicos. El análisis se llevará a cabo utilizando técnicas de caracterización como FT-IR,

dispersión de luz, ángulo de contacto y de microscopía. Se requerirán estudios de biodegradabilidad de bioplásticos en presencia y ausencia de tratamiento enzimático.

2.5 Formación de recursos humanos.

Durante el desarrollo de este proyecto se tiene contemplado la participación de alumnado de licenciatura y posgrado de acuerdo con el esquema descrito a continuación en donde se contempla al menos la participación de dos profesores del CA en la formación de recursos humanos:

Nivel Licenciatura

- Al menos cuatro alumnos de licenciatura por año, desarrollando proyectos terminales.
- Al menos dos alumnos de licenciatura por año, desarrollando servicio social.

Nivel Posgrado

- Al menos dos alumnos de posgrado por año, desarrollando tesis de maestría o doctorado. Se incluye una estancia postdoctoral ya autorizada y apoyada por CONACYT (periodo 2022-2023).

Cabe mencionar que en el CA participan actualmente tres alumnos de posgrado y 7 de licenciatura realizando proyectos experimentales relacionados a las LGAC.

2.6 Productos esperados.

Al concluir el presente proyecto, se espera obtener los siguientes resultados:

Publicaciones:

- Al menos tres artículos en revistas indizadas internacionales con la participación de al menos dos miembros del CA.
- Al menos dos artículos en revistas indizadas nacionales con la participación de al menos dos miembros del CA.
- Al menos dos capítulos de libro con la participación de al menos dos miembros del CA.

Difusión o Divulgación:

- Al menos un artículo de divulgación por año con la participación de al menos dos miembros del CA.
- Al menos cuatro participaciones en congresos y/o conferencias por año en eventos académicos locales, nacionales o internacionales.

- Al menos una participación por año en las actividades de divulgación, promoción y contribución social de la Licenciatura en Ingeniería Biológica y el Posgrado en Ciencias Naturales e Ingeniería.
- Al menos una participación por año para comunicar temáticas del proyecto y los resultados obtenidos en diferentes plataformas y medios digitales.

2.7 Impacto esperado del proyecto (problemática nacional abordada).

Las dos líneas específicas de investigación del CA se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS) y del Plan Nacional de Desarrollo (2019-2024) (PND) y contribuyen a la solución de problemas nacionales.

- a) Hambre cero (ODS 2). La búsqueda de nuevas fuentes de biomoléculas con impacto alimentario a partir de insectos, hongos, algas, plantas con impacto en la producción alimentaria saludable y sostenible.
- b) Salud y bienestar (ODS 3). Algunos de los intereses del proyecto se dirigen a desarrollar, proteger, estabilizar y/o liberar de manera controlada compuestos de interés biológico (fármacos, antivirales, vitaminas, antioxidantes, aceites, prebióticos, etc.), los cuales impactan en áreas de salud y mejoramiento de la alimentación. Estas actividades se engloban también en el objetivo 2 (Bienestar) del PND que indica: *“Promover y garantizar el derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad.”*
- c) Industria, innovación e infraestructura (ODS 9). En el proyecto se busca desarrollar/implementar tecnologías para usar eficientemente los recursos. También impacta en el objetivo 2 (Bienestar) del PND: *“Garantizar el derecho a un medio ambiente sano con enfoque de sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad, el patrimonio y los paisajes bioculturales.”*
- d) Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) y Producción y consumo responsable (ODS 12). Este proyecto fomenta la economía circular: busca el mejor aprovechamiento de los alimentos ya sea disminuyendo los desperdicios o aprovechando los residuos y, propone soluciones alternativas para la sustitución de plásticos. También impacta en el objetivo 3 (Desarrollo económico) del PND: *“Promover la innovación, la competencia, la integración en las cadenas de valor y la generación de un mayor valor agregado en todos los sectores productivos bajo un enfoque de sostenibilidad”.*

2.8 Recursos necesarios para el proyecto:

Financiamiento e infraestructura física y humana actual en el proyecto.

Fuentes de financiamiento internas y externas:

- De manera interna se cuenta con los recursos financieros asignados individualmente al profesorado del Departamento de Procesos y Tecnología. Así como partidas de mantenimiento de equipo experimental del mismo departamento.
- No hay actualmente financiamiento externo para el proyecto, sin embargo, se continúa trabajando en base a colaboraciones internas y externas y preparando propuestas de proyectos para ser sometidas a distintas instancias: CONACYT, SECTEI, entre otros.

Infraestructura física:

- Se cuenta con acceso a la infraestructura existente en los Laboratorios de Superficies e Interfases y de Biotecnología, de Química y Bioprocesos de la DCNI.

Recursos humanos:

Cuatro profesores-investigadores (los participantes del proyecto), un posdoctorante, 3 alumnos de posgrado y 7 alumnos de licenciatura desarrollando actividades en temas relacionados con el presente proyecto.

3. Calendario de actividades en periodos trimestrales.

Periodo	Año 1			Año 2			Año 3			Año 4		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Desarrollo de trabajos en base a proyectos terminales												
Desarrollo de trabajos en base a tesis de posgrado												
Presentación de trabajos en congresos												
Publicación de resultados (artículos de investigación)												
Participación en actividades de divulgación, promoción y contribución social												

4. Información para el seguimiento del proyecto:

4.1 Calendarización de productos esperados a lo largo del proyecto.

Producto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Formación de recursos humanos nivel licenciatura				
Servicio Social	2	2	2	2
Proyecto terminal	4	4	4	4
Formación de recursos humanos posgrado *Se considera el inicio de los estudios				
Maestría	1	1	1	1
Doctorado	1		1	
Postdoctorado	1		1	
Publicaciones				
Artículo en revista indizada nacional/ internacional	1	2	1	1
Capítulo de libro	1			1
Difusión o Divulgación				
Artículo de divulgación	1	1	1	1
Congresos en eventos locales, nacionales o internacionales	4	4	4	4
Actividades de divulgación y contribución social de la Licenciatura en Ingeniería Biológica y el Posgrado en Ciencias Naturales e Ingeniería.	1	1	1	1
Comunicación de las temáticas del proyecto y los resultados obtenidos en diferentes plataformas y medios digitales.	1	1	1	1

4.2 Resultados esperados

Al concluir este proyecto se esperan alcanzar los siguientes resultados:

- Consolidación del CA Físicoquímica e Interacciones de Biomoléculas (CA-FIB).
- Fortalecimiento de las LGAC del CA-FIB.
- Formación de recursos humanos a nivel licenciatura o posgrado.
- Generación de conocimiento en temáticas de interés nacional en las áreas de salud, alimentos y medio ambiente que atiendan a necesidades nacionales actuales.
- Comunicación de resultados en foros especializados nacionales e internacionales.
- Contribuir a la sociedad a través del desarrollo de soluciones a problemáticas de interés, así mismo con la difusión y recirculación del conocimiento.

- Con el conocimiento adquirido y desarrollado tener impacto en la impartición de UEA de la Licenciatura en Ingeniería Biológica y el Posgrado en Ciencias Naturales e Ingeniería.

Referencias

1. Beltran-Vargas, N., Peña-Mercado, E., Sánchez-Gómez, C., Garcia-Lorenzana, M., Ruiz J.C., Arroyo-Maya, I., Huerta-Yepez, S. y Campos-Terán, J. “Sodium Alginate/Chitosan Scaffolds for Cardiac Tissue Engineering: The Influence of Its Three-Dimensional Material Preparation and the Use of Gold Nanoparticles”, *Polymers* 2022, 14(16), 3233-3253 <https://doi.org/10.3390/polym14163233>
2. Chávez-Flores, L. F., Beltran, H. I., Arrieta-Baez, D., & Reyes-Duarte, D. (2017). Regioselective synthesis of lactulose esters by *Candida antarctica* and *Thermomyces lanuginosus* lipases. *Catalysts*, 7(9), 263.
3. Cuevas-Gómez AP, González-Magallanes B, Arroyo-Maya IJ, Gutiérrez-López GF, Cornejo-Mazón M, Hernández-Sánchez H. *Squalene-Rich Amaranth Oil Pickering Emulsions Stabilized by Native α -Lactalbumin Nanoparticles*. *Foods*. 2022 Jul 6;11(14):1998. <https://doi.org/10.3390/foods11141998>
4. Gómez-Patiño, B., López Simeón, R., Espinosa Domínguez, S., Hernández Guerrero, M., Arrieta-Baez, D., Beltrán Conde, H., Campos Terán, J., Reyes Duarte, D. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: composición, modificación enzimática y evaluación de sus potenciales aplicaciones en *Obtención enzimática de compuestos bioactivos a partir de recursos naturales iberoamericanos*. Biblioteca de Ciencias. CSIC. Ed. Francisco José Plou Gasca y Georgina Coral Sandoval Fabián. ISBN: 978-84-00-09568. Madrid, España, 2012.
5. Jiménez-Cruz, E., Cuevas-Gómez, A.P., Unsworth, L., Cornejo-Mazón, M., Arroyo-Maya, I.J. and Hernandez-Sanchez, H. (2022), Poly-L-lysine-coated α -lactalbumin nanoparticles: preparation, effect of pH, and stability under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. *J Chem Technol Biotechnol*, 97: 1597-1603. <https://doi.org/10.1002/jctb.6952>
6. Luke A. Clifton, Richard A. Campbell, Federica Sebastiani, José Campos-Terán, Juan F. Gonzalez-Martinez, Sebastian Björklund, Javier Sotres, Marité Cárdenas, “*Design and Use of Model Biomembranes to Study Biomolecular Interactions using Complementary Surface-Sensitive Techniques*”, *Advances in Colloid and Interface Science* 277 (2020) 102118. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102118>
7. ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible, ONU) disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> Revisado el 1o de diciembre de 2022.
8. Plan Nacional de Desarrollo, disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-de-mexico-2019-2024> Revisado el 1o de diciembre de 2022.

9. Peña García, O. Proyecto Terminal “Revisión bibliográfica de la sustitución de plásticos por materiales biodegradables: el caso de charolas para disposición y venta de alimentos”. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Cuajimalpa. Febrero, 2022.
10. Reyes-Duarte, D., Lopez-Cortes, N., Torres, P., Comelles, F., Parra, J. L., Peña, S., Ugidos, A. V., Ballesteros, A. and Plou, F. J. Synthesis and Properties of Ascorbyl Esters Catalyzed by Lipozyme TL IM using Triglycerides as Acyl Donors. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2011, 88 (1):57-64. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1643-5>
11. Topete, C. A. (2013). Development of Hybrid Nanoplateforms for Theranostic Applications. Tesis para Doctorado. Departamento de Física de la Materia Condensada. Universidad de Santiago de Compostela. Capítulo 4.
12. Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R. M., Beltrán Villavicencio, M. & Velasco Pérez, M. (2021). *Bioplásticos y plásticos degradables*. Asociación Nacional de la Industria del Plástico. Disponible en: <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/bioplasticos.pdf>