

## 1. PORTADA

### 1.1 Título del proyecto.

Bioprocesos para aplicaciones ambientales y energía

### 1.2. Línea de investigación del Cuerpo Académico o Grupo de Investigación, o de Posgrado.

El presente proyecto es presentado por el cuerpo académico (CA) consolidado de *Biosistemas en Medio Ambiente y Energía*. A su vez, está vinculado a la LGAC de Procesos y Medio Ambiente del Posgrado en Ciencias Naturales e Ingeniería.

### 1.3. Responsable del proyecto, participantes y adscripción de cada uno de ellos.

Los participantes del proyecto están adscritos al Departamento de Procesos y Tecnología de la División de Ciencias Naturales e Ingeniería de la UAM-Cuajimalpa y al SECIHTI mediante la figura de Investigadora por México.

Responsable	Adela Irmene Ortiz López
Integrantes	Marcia Guadalupe Morales Ibarria
	Miguel Sergio Hernández Jiménez
	Juan Gabriel Vigueras Ramírez
	Teresa de Jesús García Pérez (SECIHTI)

### 1.4. Orientación (se puede seleccionar más de una opción):

Investigación básica	✓
Investigación aplicada	✓
Desarrollo o adaptación	
Transferencia de tecnología	
Desarrollo de tecnología	✓
Otros: Especificar	

### 1.5. Fecha de inicio y duración.

Inicio: octubre 2025

Duración: 4 años

## 2. PROPUESTA:

### 2.1 Resumen

Esta propuesta plantea un proyecto marco que incluya las actividades del CA de Biosistemas en Medio Ambiente y Energía con la finalidad de poder contribuir a la planeación de las actividades de investigación a mediano y largo plazo y optimizar recursos. Los motivos de estudio de este proyecto surgen a partir de problemáticas ambientales ocasionadas por contaminantes en agua, suelos y aire, además de la experiencia en soluciones biotecnológicas que cada uno de los participantes aporta a esta propuesta. Entre los contaminantes que se han identificado como motivo de estudio se encuentran: los gases de efecto invernadero (GEI), compuestos orgánicos e inorgánicos volátiles, plaguicidas organoclorados, microcontaminantes emergentes, materia orgánica, residuos orgánicos, entre otros; con un enfoque en el desarrollo de procesos eficientes y amigables con el medio ambiente. También se busca contribuir al desarrollo de procesos sostenibles mediante la valorización de corrientes residuales y a la generación de fuentes de energía alternativas.

## 2.2. Antecedentes

El antecedente de la presente propuesta es el proyecto de investigación divisional 50-S114-15, en una primera etapa de junio 2015 a junio 2021 y 75-S114-15 en una prórroga de julio 2021 a julio 2025. Los objetivos propuestos fueron completados y los productos académicos obtenidos sobrepasaron lo planeado originalmente. El informe final fue presentado en la sesión CUA-DCNI-288-25 del Consejo Divisional.

La composición del CA se ha modificado debido a las jubilaciones de dos de sus miembros, baja de la catedrática CONACYT e incorporación de una Investigadora por México, por lo cual, en la presente propuesta se hace una actualización del profesorado participante, de los objetivos del mismo, así como de las actividades propuestas para permitir continuar trabajando de manera colaborativa.

La biotecnología ofrece beneficios económicos y ambientales en los procesos de producción, monitoreo y manejo de residuos. Lo anterior permite reducir el impacto ambiental, eficientar procesos biológicos y recuperar productos de valor agregado, aumentando así la sostenibilidad de estos procesos. El desarrollo de conocimiento básico en lo que respecta a las comunidades microbianas, su diversidad, función, etc., permite la mejora y adaptación de estas tecnologías a nuevos retos. Dentro de estos, se encuentran la gestión y aprovechamiento de residuos con enfoque de economía circular, la reducción y control de la contaminación, la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), entre otros. En este proyecto se propone el estudio microorganismos y poblaciones microbianas con potencial de ser utilizadas en sistemas de tratamientos medioambientales y la revalorización de algunos residuos, tales como, aguas residuales domésticas, biomasa lignocelulósica, fracción orgánica de los residuos sólidos, residuos agropecuarios, entre otros.

*Gases de efecto invernadero (GEI)* - En el grupo de trabajo se tiene experiencia en la obtención de poblaciones de sitios de interés para la remoción de CO<sub>2</sub> con microalgas y de CH<sub>4</sub> con bacterias metanotróficas. Los estudios incluyen la caracterización de la remoción en sistemas a escala laboratorio y bench (fermentadores, biofiltros, fotobiorreactores y sistemas de cultivo en estanques), incluyendo estudios microbiológicos, bioquímicos, pero también de la caracterización hidrodinámica y transferencia de masa de algunos de los sistemas de cultivo y su modelamiento matemático. La tendencia actual sobre la implementación de sistemas de control de emisiones o mitigación de los GEI, no se limita a que sean sistemas eficientes y económicos, sino que permitan la valorización de las corrientes del proceso. A este respecto, se propone el uso de bacterias que asimilan el CH<sub>4</sub> y organismos fotosintéticos (microalgas/cianobacterias) que capturan el CO<sub>2</sub>. Además de la remoción de los GEI, se busca la valoración de las corrientes a través de la generación de pigmentos, lípidos, carbohidratos, bioestimulantes para cultivos de plantas, polihidroxialcanoatos (PHAs). El uso de corrientes residuales como aguas residuales y gases de combustión, o que se utilicen en la depuración de biogás, a partir de las cuales se pueden obtener la fuente de carbono y otros nutrientes, contribuyendo a la reducción en los costos de producción de este tipo de materiales, buscando la sustentabilidad del proceso.

*Compuestos orgánicos e inorgánicos volátiles COV y CIV* - En el grupo hay antecedentes de trabajo con estos sistemas aplicados a compuestos azufrados, aromáticos, alifáticos, organosulfurados. Además, se ha estudiado la biofiltración fúngica para el tratamiento de malos olores, ya que han demostrado que son sistemas más resistentes a variaciones en condiciones ambientales y pueden obtenerse mayores capacidades de eliminación que en los biofiltros bacterianos. Los resultados incluyen microorganismos involucrados, reactores, modelamiento matemático, diseño de equipo y escalamiento, por lo que se propone seguir trabajando en esta línea emblemática del grupo.

*Plaguicidas organoclorados (POC)* - Los POC son contaminantes orgánicos persistentes que son resistentes a la fotodegradación, a la degradación biológica y a la química. A este respecto, se ha estudiado desde el monitoreo de dichos compuestos en agua, suelos y sedimentos; aislamiento e identificación de microorganismos con capacidad de degradar POC, y alternativas biológicas y fisicoquímicas para su tratamiento en agua y suelo. Por lo que en este proyecto se propone estudiar las transformaciones, biotransformaciones y eventual mineralización de POC y sus respectivos metabolitos. De igual manera, se profundizará en los mecanismos y rutas metabólicas involucrados en dichos procesos para desarrollar alternativas de biorremediación. Además, se estudiará la degradación de los POC utilizando diversas cepas de bacterias y hongos aisladas de suelos contaminados.

*Microcontaminantes emergentes* - Por otro lado, los contaminantes emergentes, incluyen una gran gama de químicos, como plaguicidas, disruptores endócrinos, fármacos, cosméticos, productos de limpieza personal y doméstica, microplásticos, etc. Estos contaminantes y sus productos de degradación, se encuentran en concentraciones extremadamente bajas y pueden ser considerablemente tóxicos, especialmente si se encuentran formando parte de mezclas complejas. La presencia de estos microcontaminantes persistentes orgánicos incrementa cada vez más en ambientes acuáticos, en gran parte porque las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) convencionales tienen una capacidad limitada para degradarlos, y es uno de los grandes retos de saneamiento del siglo XXI. Más aún no se pueden descartar posibles rutas de distribución de estos microcontaminantes hacia suelos y aire. A este respecto, se propone estudiar microorganismos capaces de degradar dichos contaminantes en aguas residuales.

*Valorización de biomásas* - Los desechos sólidos orgánicos son altamente ecotóxicos y causan impacto ambiental ya que contribuyen al cambio climático y a la eutricación. El problema de los desechos sólidos orgánicos se agrava más ya que no tienen un valor comercial como tal y son, en general, altamente heterogéneos. Sin embargo, la biomasa de desecho ofrece una oportunidad de procesar material renovable altamente disponible de bajo costo para la recuperación de productos verdes de valor agregado. A este respecto se propone la recuperación de azúcares fermentables y otros productos de alto valor. Entre otros: enzimas lignocelulolíticas, biopolímeros, proteína para la alimentación animal, bioinsumos, azúcares fermentables para la producción de ácidos orgánicos, biocombustibles y otros productos.

*Energías alternativas: bioetanol, biodiesel, biogás*- La situación actual en términos energéticos es crítica, debido al agotamiento del petróleo, sus variaciones en precio y problemas ambientales generados por el uso de combustibles no renovables, lo cual demanda urgentemente fuentes alternas de energía y los biocombustibles constituyen una alternativa ante esta problemática. Los organismos fotosintéticos como: las microalgas constituyen una fuente de biocombustibles o de materiales para su elaboración: CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, biodiesel a partir de aceites o etanol a partir de procesos de fermentación de los carbohidratos presentes en la biomasa, generando un doble beneficio al eliminar el problema de contaminación generado por materia orgánica y produciendo un biocombustible.

*Análisis de huella de carbono.* Este indicador ambiental cuantifica los GEI emitidos por un producto, servicio u organización. Es uno de los más utilizados ya que permite evaluar el impacto en el cambio climático. En este sentido, se han realizado evaluaciones de huella ambiental de organizaciones, en particular, la de la Unidad Cuajimalpa, la de hogares de zonas metropolitanas de la República Mexicana y se realizará la evaluación de algunos de los bioprocesos estudiados por el grupo.

## 2.3. Objetivos

### *Objetivo general*

Desarrollar soluciones biotecnológicas a problemas actuales de contaminación de agua, aire y suelos, a la generación de bioenergías y químicos verdes a través de investigación básica y aplicada, además de la formación de recursos humanos en el área de biotecnología ambiental.

### *Objetivos particulares.*

1. Aislar, identificar, y caracterizar microorganismos y poblaciones microbianas con potencial de ser utilizadas en sistemas de tratamiento para la eliminación de agentes contaminantes en aire, suelos y agua
2. Desarrollar sistemas de tratamiento de la contaminación ocasionada por la liberación de compuestos persistentes o recalcitrantes en aire, agua y suelo, a nivel laboratorio y piloto, así como, en desarrollos tecnológicos potencialmente aplicables a gran escala.
3. Desarrollar sistemas para la transformación de contaminantes y biomasa de desecho en compuestos de valor agregado o biocombustibles.

## 2.4. Descripción, incluyendo hipótesis y metodología

### *Hipótesis:*

A través del uso de microorganismos, las corrientes residuales y materiales contaminantes se pueden eliminar del ambiente y/o transformar en productos de valor agregado mediante procesos sustentables y amigables con el medio ambiente contribuyendo a: 1) la mitigación de problemas ambientales, 2) la valoración de corrientes residuales y 3) a la reducción de los costos de producción de los productos de interés.

### *Descripción:*

1. Microorganismos y poblaciones microbianas.
  - 1.1. Evaluar la capacidad de degradación de los POC de estudio de poblaciones microbianas obtenidas a partir de suelos contaminados y cepas previamente caracterizadas para la degradación de otros contaminantes orgánicos.
  - 1.2. Analizar la producción de intermediarios en las biodegradaciones con la finalidad de establecer posibles rutas metabólicas y mecanismos de degradación.
  - 1.3. Aislar microorganismos de ambientes naturales y extremos para la degradación de compuestos contaminantes, incluyendo GEI, y estudiar sus interacciones y capacidades metabólicas.
  - 1.4. Estudiar las aplicaciones de enzimas con actividad sobre carbohidratos complejos (CAZymes) y enzimas oxidativas de lignina (FOLymes) obtenidas de microorganismos asociados a insectos.
2. Sistemas de tratamiento de la contaminación.
  - 2.1. Estudiar y caracterizar tratamientos de GEI, COV, CIV, plaguicidas, microcontaminantes en agua.
  - 2.2. Estudiar sistemas de tratamiento mediante biorreactores *ad hoc* (fermentadores, fotobiorreactores, biodigestores, biofiltros, entre otros).
  - 2.3. Evaluar los tratamientos, en términos de eficiencia de eliminación, tasas de consumo, tiempo requerido para el tratamiento y producción de metabolitos.
  - 2.4. Monitorear la interacción y evolución en espacio y tiempo de comunidades microbianas mediante técnicas de biología molecular.
3. Transformación de contaminantes y biomasa.
  - 3.1. Obtener aceites, biopolímeros, pigmentos, bioestimulantes para cultivo de plantas a partir de biomasa microalgal.

- 3.2. Aprovechar residuos sólidos (biomasa vegetal, microalgal, lodos activados, residuos agropecuarios, etc.) para biocombustibles; digestión anaerobia para la producción de biogás, químicos verdes y bioinsumos utilizables para cultivos de plantas y hortalizas; comunidades microbianas para producción de biopolímeros.
- 3.3. Pretratar, mediante procesos hidrotérmicos, diversas biomasa lignocelulósicas. Caracterización de los hidrolizados y la fracción sólida residual. Obtención de parámetros de operación, presión del vapor, temperatura y tiempo de pretratamiento de las biomasa para maximizar la obtención de azúcares y minimizar la energía invertida. Realizar los balances de masa y energía del proceso. Escalamiento del proceso de pretratamiento a nivel piloto. Simulación del escalamiento del proceso.
- 3.4. Producción de celulosa bacteriana usando al hongo del té Kombucha.
- 3.5. Recuperación de azúcares fermentables y enzimas a partir de residuos agrícolas usando a *L. gongylophorus* en fermentación sólida.
4. Análisis de sostenibilidad y biodegradabilidad.
  - 4.1. Realizar análisis de huella de carbono para evaluar la sostenibilidad de algunos procesos
  - 4.2. Evaluar biodegradabilidad de materiales compostables.

### *Metodología*

*I) Estrategia experimental.* La estrategia general será conocer las condiciones que promueven la remoción del compuesto contaminante en particular y/o la acumulación o eliminación del metabolito de interés. Utilizando diferentes sistemas de cultivo que provean las condiciones para cada caso dependiendo de la actividad buscada.

### *II) Poblaciones microbianas a emplear*

En el grupo de investigación se cuenta con una colección de cepas de bacterias, hongos, microalgas y cianobacterias de interés para la realización del proyecto. Adicionalmente, se realizan aislamientos de ambientes propicios para la búsqueda de microorganismos de interés o se adquieren de colecciones especializadas.

### *III) Medios de cultivo.*

Diversas fuentes de nutrientes que incluyen: i) diferentes medios de cultivo de acuerdo al microorganismo a cultivar y del estado fisiológico a promover para la obtención del metabolito de interés o contaminante a eliminar; ó ii) fuentes contaminantes, aguas residuales, suelos contaminados, hidrolizados enzimáticos, residuos sólidos o sus lixiviados, etc.

### *IV) Sistemas de cultivo*

Los sistemas de cultivo abarcarán desde cajas Petri, matraces, fermentadores, biodigestores, fotobiorreactores abiertos (estanque tipo raceway) y cerrados (fotobiorreactores tipo columnas de burbujeo, de columna, placa plana, entre otros), reactores de mezclado de sólidos y biofiltros.

### *V) Análisis*

Composición de biomasa (ejemplo: CHONS, polisacáridos, proteínas, etc.); caracterización y rendimientos de aceites y biopolímeros (ejemplo: PHA, alginato); determinación de contaminantes, metabolitos, producción de CO<sub>2</sub>, consumo de O<sub>2</sub>, estudios ómicos, etc. que involucrarán el uso de equipos analíticos como: HPLC, cromatógrafo de gases, analizadores de gases, analizador elemental, cámaras de digestión, bioanalizadores, espectrofotómetros, entre otros.

#### VI) Análisis de sostenibilidad y de biodegradabilidad de materiales

Se utilizarán las herramientas de análisis de ciclo de vida, protocolo de gases de efecto invernadero propuesto por el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible para las evaluaciones de huella de carbono de proceso, productos y servicios. Mientras que se utilizará la norma mexicana NMX-E-273-NYCE-2019 para la evaluación de biodegradabilidad de plásticos “compostables”.

### 2.5. Formación de recursos humanos.

Los productos mínimos esperados en la duración total del proyecto son:

Producto	Cantidad
Servicios sociales	12 (3x año)
Proyectos terminales	12 (3x año)
Alumnado de Maestría	4 (1x año)
Alumnado de Doctorado	2

### 2.6. Productos esperados.

Producto	Cantidad
Publicaciones de trabajos en revistas indizadas	12 (3x año)
Presentaciones en congresos	16 (4x año)
Capítulos de libro	2
Conferencias	8 (2x año)
Memorias de congresos in extenso	4 (1x año)

### 2.7. Impacto esperado del proyecto.

- Apoyar a la resolución de Problemas Nacionales, incluyendo: gestión integral del agua, seguridad hídrica y derecho del agua; Mitigación y adaptación al cambio climático; Ciudades y desarrollo urbano; Desarrollo y aprovechamiento de energías renovables limpias)
- Formación de recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado
- Mantener la consolidación de CA
- Obtención de financiamiento externo
- Además del impacto científico, tecnológico, social y ambiental de este proyecto, este se vincula directamente con una de las líneas emblemáticas de la Unidad Cuajimalpa que es la Sostenibilidad.
- Contribuir a la consolidación del proyecto académico de la DCNI, buscando la incidencia en la sociedad y el desarrollo de las líneas emblemáticas de investigación de la DCNI como son: **Bioprocesos e Ingeniería y Diseño (bio) Molecular y de (bio) Materiales**, tal como se describe en el Plan de Desarrollo de la DCNI 2014-2024.
- Contribuir a los objetivos de la investigación de la Unidad relacionados con la formación de recursos humanos desde nivel licenciatura hasta posgrado de alta calidad, enriqueciendo la docencia y los programas y procesos educativos de la Unidad a través de la investigación.
- Contribuir al objetivo de desarrollar las líneas emblemáticas de la Unidad para construir nichos de identidad en los ámbitos de la educación superior, la ciencia, la tecnología y la innovación, en el contexto nacional e internacional, así como fortalecer el liderazgo y el posicionamiento social de la misma.

## **2.8. Recursos necesarios para el proyecto:**

*a. Financiamiento e infraestructura física y humana actual en el proyecto.*

*a.1 Financiamiento interno:* Presupuesto departamental, Proyectos interdisciplinarios. El financiamiento externo se detalla más adelante.

*a.2 Infraestructura física:* El proyecto se desarrollará en el laboratorio de bioprocesos, laboratorio analítico, la planta piloto de bioprocesos, invernadero en la azotea de la Torre III, procesamiento de biomasa y fermentaciones, PTAR-UAM Cuajimalpa, Centro de Experimentación Docencia e Investigación (CENEDI) en el Encinal. Se cuenta con la infraestructura y el equipo analítico que garantiza la ejecución del proyecto.

*a.3 Humana:* 2 profesoras titulares y 2 técnicos académicos y una investigadora por México, alumnos de licenciatura y posgrado, adicionalmente se buscará involucrar nuevos estudiantes a lo largo del desarrollo del proyecto.

*a. Presupuesto calendarizado.*

Se contempla el presupuesto departamental asignado a los profesores involucrados, así como los de los proyectos actuales financiados que se detallan abajo y los que se aprueben a lo largo del desarrollo del proyecto.

*Fuentes de financiamiento externas.*

Proyectos vigentes con financiamiento involucrados.

1. Proyecto 47401040. Alimentación sostenible: diseño de agroecosistemas, medio ambiente y política pública para la Ciudad de México. Convocatoria Desafíos Actuales. UAM. 2024-2026. Responsable Técnico: Irmene Ortíz. Participantes: Sergio Hernández, Teresa García.
2. Proyecto 47410750. Soberanía alimentaria: Sistema agroalimentario sostenible para la Ciudad de México CASA-UAM Centro Articulador para la Sostenibilidad Alimentaria. SECTEI/010/24. Responsable Operativo de la UAM-C. Abril 2024 - abril 2026. Responsable operativo UAMC: Irmene Ortíz. Participantes: Sergio Hernández, Teresa García.
3. Proyecto Transición de las plantas de tratamiento de aguas residuales hacia la economía circular y la sostenibilidad mediante el uso de microalgas. Responsable Técnico: Marcia Morales. Profesorado Participantes: Irmene Ortíz, Sergio Hernández, León Sánchez García (PTAR-UAM Cuajimalpa Secretaría de Unidad)
4. Proyecto SECTEI/044/24 Tecnologías basadas en microalgas para el desarrollo sustentable en horticultura peri-urbana, gestión del agua y cambio climático IPN-UAM. Responsable Técnico: Marcia Morales, Profesorado Participante: Gabriel Vigueras, León Sánchez García (PTAR-UAM Cuajimalpa Secretaría de Unidad)

Se participará en diferentes convocatorias en la búsqueda de patrocinio externo ante órganos como SECIHTI, fondos del SECTEI CDMX, convenios patrocinados por empresas etc.

### 3. Calendario de actividades en períodos trimestrales.

Actividad	AÑO I			AÑO II			AÑO III			AÑO IV		
1.1. Evaluación la capacidad de degradación de los POC de estudio de poblaciones microbianas obtenidas a partir de suelos contaminados y cepas previamente caracterizadas para degradación de otros contaminantes orgánicos	X	X	X				X	X	X			
1.2. Producción de intermediarios en las biodegradaciones con la finalidad de establecer posibles rutas metabólicas y mecanismos de degradación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.3. Aislamiento de microorganismos de ambientes naturales y extremos para la degradación de compuestos contaminantes, incluyendo GEI, y estudiar sus interacciones y capacidades metabólicas.	X	X	X	X	X	X						
1.4. Estudio de las capacidades metabólicas de <i>L. gongylophorus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.1. Estudio y caracterización de tratamientos de GEI, COV, CIV, plaguicidas, microcontaminantes en agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.2. Estudio de sistemas de tratamiento mediante biorreactores <i>ad hoc</i> (fermentadores, fotobiorreactores, biodigestores, biofiltros, entre otros).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.3. Evaluación de los tratamientos, en términos de eficiencia de eliminación, tasas de consumo, tiempo requerido para el tratamiento y producción de metabolitos.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.4. Monitoreo de la interacción y evolución en espacio y tiempo de comunidades microbianas mediante técnicas de biología molecular.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.1. Obtención de aceites, biopolímeros, pigmentos, bioestimulantes para cultivo de plantas a partir de biomasa microalgal.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.2. Aprovechamiento residuos sólidos (biomasa vegetal, microalgal, lodos activados, residuos agropecuarios, etc.) para biocombustibles; digestión anaerobia para la producción de biogás, químicos verdes y bioinsumos utilizables para cultivos de plantas y hortalizas; comunidades microbianas para producción de biopolímeros.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.3. Pretratamiento mediante procesos hidrotérmicos diversas biomásas lignocelulósicas y caracterización de las corrientes resultantes.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.4. Producción de celulosa bacteriana usando al hongo del té Kombucha.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.5. Recuperación de azúcares fermentables y enzimas a partir de residuos agrícolas usando a <i>L. gongylophorus</i> en fermentación sólida.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.1. Realizar análisis de huella de carbono para evaluar la sostenibilidad de algunos procesos.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.2. Evaluar biodegradabilidad de materiales compostables.				X	X	X				X	X	X



#### 4. Información para el seguimiento del proyecto:

##### 4.1. Calendarización de productos esperados a lo largo del proyecto.

En la Tabla 2. Se muestra el número mínimo de productos esperados, considerando las colaboraciones entre los diferentes participantes del CA.

AÑO	I	II	III	IV
Servicios Sociales	3	3	3	3
Estudiantes de proyectos terminales dirigidos	3	3	3	3
Estudiantes de Maestría graduados	1	1	1	1
Estudiantes de Doctorado graduados			1	1
Publicaciones	3	3	3	3
Presentaciones en congresos	4	4	4	4
Capítulos de libro		1		1
Conferencias	2	2	2	2
Memorias de congresos in extenso	1	1	1	1

*4.2. Resultados esperados, según sea el caso, en términos de conocimiento producido, productividad científica, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos e impacto, o cualquier otra que, a juicio del Responsable y de los participantes en el proyecto, sirva para realizar una adecuada evaluación de seguimiento.*

Cumplir con las actividades y productos planteados, lograr y conservar financiamiento

**ANEXO 1. Matriz de temas**

TEMAS PRINCIPALES	Marcia Morales	Irmene Ortíz	Sergio Hernández	Gabriel Vigueras	Teresa García
A. Aislar, identificar y caracterizar microorganismos y poblaciones microbianas con potencial de ser utilizadas en sistemas de tratamiento para la eliminación de agentes contaminantes.	Agua (microalgas, cianobacterias y otros organismos fijadores de CO <sub>2</sub> )	Suelo (bacterias, hongos)	Hongos	Hongos	bacterias metanotróficas
B. Desarrollar sistemas de tratamiento para la contaminación ocasionada por la liberación de compuestos persistentes o recalcitrantes en aire, agua y suelo, tanto a nivel laboratorio como en desarrollos tecnológicos.	CO <sub>2</sub> , contaminantes de agua	Plaguicidas, microcontaminantes, residuos sólidos orgánicos	COVs,		Residuos sólidos orgánicos
C. Desarrollar sistemas para la transformación de contaminantes y biomasa de desecho en compuestos de valor agregado o biocombustibles.	Aceites, pigmentos biopolímeros, biocombustibles, bioestimulantes	Pretratamiento e hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica	Análisis energético en reactor de pretratamiento <i>steam explosion</i>	Biopolímeros (celulosa bacteriana)	Biogás
D. Desarrollo de reactores para uso en sistemas ambientales.	fotobiorreactores,	Reactores para pretratamiento hidrotérmico Biodigestores	Biofiltros fúngicos biodigestores	Fermentación sólida	Biodigestores Biofiltros
E. Análisis de biodegradabilidad y de huella de carbono		Huella de carbono de procesos e instituciones Materiales compostables			Materiales compostables

