

Universidad Veracruzana



MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

Plan de estudios 2023

Datos generales	
Institución que lo propone	Universidad Veracruzana
Entidad académica de adscripción y región	Facultad de Ciencias Químicas-Región Xalapa
Grado que se otorga	Maestría en Ingeniería Química
Orientación	Investigación
Duración máxima	2 años (cuatro semestres)
Modalidad	Escolarizado
Total de horas	990 Horas
Total de créditos	103 Créditos

	Índice
	Página
1 Justificación	3
1.1. Contexto social	4
1.2. El campo profesional y el mercado laboral	11
1.3. Desarrollo del programa de Maestría en Ingeniería Química	13
2 Fundamentación académica y retribución social	18
3 Objetivos y metas	21
4 Recursos humanos, materiales y de infraestructura académica	22
5 Perfil de alumno y requisitos de ingreso	24
6 Perfil y requisitos de permanencia, egreso y titulación	26
7 Perfil del núcleo académico	28
8 Estructura curricular	29
8.1. Mapa curricular	30
8.2. Líneas de generación y aplicación del conocimiento	31
8.3. Alternativas de movilidad	36
8.4. Tutorías	37
9 Duración de los estudios	38
10 Descripción del reconocimiento académico	38
11 Referencias bibliográficas	39
13 Anexos	
A Programas de estudios	41
B Plan de autoevaluación	101
C Plan de mejora	102

1. JUSTIFICACIÓN

Las condiciones sociales, económicas y ambientales que se viven hacen imperativo la puesta en marcha de acciones pertinentes para lograr, entre otras cosas, el uso racional y eficiente de los recursos naturales con los que aún se cuenta, para implementar el uso de energías limpias y para lograr un desarrollo económico con justicia social y con absoluto respeto por la naturaleza y por los derechos de las futuras generaciones. Todo lo anterior plantea una serie de retos sociales, económicos, políticos, científicos, tecnológicos y éticos que deben ser enfrentados de manera multidisciplinaria y considerando tanto las necesidades actuales como las futuras, tal como se establece en la definición de desarrollo sustentable.

En ese contexto la Universidad Veracruzana (UV) debe ser un factor crucial para lograr el bienestar de la población que le da razón de ser a través de la formación de profesionales altamente calificados que entiendan el contexto actual y que sean capaces de generar soluciones creativas, integrales y viables para las problemáticas regionales y nacionales, entendiendo la realidad del entorno y con absoluto respeto a los derechos humanos. Ante esto, la Maestría en Ingeniería Química, programa de posgrado orientado a la investigación, adscrito a la Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa, desde su creación en 2017, asumió precisamente el compromiso de ser una alternativa viable para formar dichos profesionales que pueda integrarse a la industria para contribuir a hacerla más competitiva y que además pueda impulsar la investigación con pertinencia social.

Sin embargo, las problemáticas actuales hacen necesaria una revisión del marco en el cual la Maestría en Ingeniería Química se debe desarrollar para formar a los profesionales capacitados para abordarlas y además generar investigación científica y tecnológica. En este sentido, se pretende atender los problemas relacionados con la industria química, ambiental y de alimentos (y áreas afines), de tal forma que se impulse la generación de ciencia de frontera en concordancia con: (a) la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, que es un plan de acción enfocado en la sostenibilidad económica, social y ambiental y que implica la consecución de 17 objetivos, dentro de los cuales se pueden destacar hambre cero, educación de calidad, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, industria, innovación e infraestructura y acción por el clima y (b) los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) a través de los cuales se pretende establecer la vinculación entre la ciencia y la tecnología y los sectores productivos, sociales y gubernamentales con el fin de enfrentar los retos mencionados. Además, el funcionamiento del posgrado deberá estar en concordancia con el Programa de Trabajo 2021-2025 *Por una transformación integral*, considerando sus tres ejes transversales y con el Plan de Desarrollo Académico de la Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa (2021-2025).

1.1. Contexto social (situación internacional, nacional y estatal)

Un elemento que se consideró para actualizar el programa de la Maestría es el contexto de las problemáticas actuales que se viven a nivel internacional, nacional y estatal con el fin de establecer las problemáticas que deben ser abordadas y sobre las cuales se debe enfocar el desarrollo de la investigación que se realice.

Situación internacional

En 2015, alrededor de 736 millones de personas aún vivían con menos de \$40 al día y carecían de alimentos, agua potable y saneamiento. Se estima que para el año 2050 en el planeta haya 10000 millones de personas, lo que implicará un enorme reto en términos de alimentación, disponibilidad de agua y energía, entre otros aspectos. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la temperatura mundial en 2022 fue 1.15°C superior a la que se tuvo en el periodo 1850-1900 y de 2015 a 2022 han sido los años más calientes en la historia. Lo anterior ha traído graves consecuencias. El nivel del mar aumentó 10% desde 1993; los principales glaciares han perdido 6% de su volumen y África lo mismo enfrenta niveles de lluvia por debajo del promedio durante cuatro años que fuertes ciclones, lo que ha afectado a más de 20 millones de personas que enfrentan, entre otros problemas una grave crisis alimentaria. El secretario general de la ONU, Antonio Guterres, ha advertido que el planeta se acerca rápidamente a puntos de inflexión que pueden hacer irreversible el caos climático (FAO(b), 2023; ONU, 2023; UNDP, 2022; WMO, 2023). Para enfrentar la situación que se vive, en 2015, la Asamblea General de la ONU signó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, que es un plan de acción enfocado en la sostenibilidad económica, social y ambiental. Esta Agenda implica la consecución de 17 objetivos y 169 metas. Dentro de estos objetivos se pueden destacar los siguientes:

(2) Hambre cero. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. Los sistemas alimentarios deben ser capaces de proporcionar alimentos a toda la población y ser sostenibles para asegurar una alimentación adecuada a las generaciones futuras. Desde el punto de vista de la ingeniería, lo anterior requiere del diseño de procesos de producción (agrícola e industrial), conservación y distribución de alimentos y la gestión de la calidad atendiendo la normatividad vigente con el fin de asegurar, entre otras cosas la inocuidad de los productos.

(4) Educación de calidad. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente. Entre otros aspectos se requiere de la actualización la oferta educativa de acuerdo con las necesidades específicas de cada país y, además, al existir un acceso segmentado por sexo a la formación técnica, profesional y superior de calidad, se busca asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.

(6) Agua limpia y saneamiento. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento. Las metas en este caso implican el diseño y mejoramiento de los procesos de distribución y saneamiento del agua y de

tratamiento de las aguas residuales, así como el aprovechamiento de las diversas fuentes.

(7) Energía asequible y no contaminante. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna. Se necesitan diseñar procesos para obtener y almacenar y utilizar la energía proveniente de fuentes renovables como el sol, el aire, el agua y la biomasa (residuos agroindustriales).

(9) Industria, innovación e infraestructura. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Es necesario innovar en el desarrollo de tecnologías limpias que impliquen una menor huella de carbono. Así mismo, es necesario el desarrollo de tecnologías propias que disminuyan la dependencia del exterior.

(13) Acción por el clima. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Es necesario diseñar procesos que permitan la mitigación y control de la contaminación del ambiente.

El cumplimiento de las metas planteadas en la Agenda 2030 implican el desarrollo de investigación científica y tecnológica y, por lo tanto, la necesidad de contar con profesionales capacitados para esa tarea.

Situación nacional

En México, en 2017 la temperatura estuvo 1.6°C por encima del promedio para el periodo 1981-2010 y en general, las temperaturas registradas a partir de 2005 han estado al menos 0.5°C por encima de los promedios anuales registrados desde 1960. Por otro lado, los niveles de lluvia han estado por debajo del promedio anual hasta antes del 2015 y en 2015 fueron 11.5% más altos. Además, la mala calidad del aire impacta cada vez más en la salud de la población y por lo tanto en la economía del país. Si la concentración de partículas PM₂₅ se mantuviera, al menos por debajo de los límites establecidos en las normas mexicanas, en la zona metropolitana del Valle de México, se podrían evitar alrededor de 1500 muertes y gastos de aproximadamente 30000 millones de pesos; aunque si se redujeran por debajo de los valores establecidos por la ONU, se podrían evitar alrededor de 10000 muertes. La mala calidad del aire afecta a la población pues es un factor fundamental para el padecimiento de enfermedades como las respiratorias, cardiovasculares y el cáncer, así como para el aumento del calentamiento global y por las afectaciones a los ecosistemas, a la productividad agrícola y por lo tanto a la seguridad alimentaria. Los datos anteriores son sólo una parte de las evidencias de las consecuencias del cambio climático que hacen imperativo la implementación de medidas innovadoras y sustentables para enfrentarlo. Así, por ejemplo, es fundamental la reducción de emisiones, para lo cual existen tecnologías que implican la captura de carbono, la reducción de combustibles fósiles y el uso de energías renovables, sin embargo, algunas tecnologías siguen siendo técnica y económicamente inviables (SEMARNAT(a), 2023; SEMARNAT(c), 2023).

En términos energéticos, México es el decimoquinto productor mundial de energía primaria (solar, hidráulica, geotérmica, eólica y la obtenida a partir de petróleo, gas natural, carbón y biomasa) y el petróleo sigue siendo el principal energético del país. Sin embargo, la producción de energía genera alrededor del 71% de las emisiones de gases de efecto invernadero. En 2021, aproximadamente el 82% de la producción de energía fue a partir de hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural) y el 15% a partir de energías renovables (geoenergía, solar, eólica, hidroenergía, biomasa). Con respecto a 2020 hubo un aumento de 1.3% en la producción a partir de hidrocarburos, pero el aumento en la producción de energías renovables fue de 37%. En este sentido, la obtención de energía a partir de fuentes renovables se presenta como un reto y el gobierno federal ha fijado como meta que para 2024, el 35% de la energía provenga de energías limpias y que para 2050 sea el 50% (SENER, 2022; SEMARNAT(b), 2023).

La industria química en México básicamente está relacionada con la transformación del petróleo y el gas. Es una industria fundamental para la economía del país ya que requiere insumos y provee productos a más de 70 ramas industriales. El PIB de la industria química en México en el 2021 fue de \$4.74B MX, 1.93% mayor con respecto a 2020 y en el primer trimestre de 2023 fue 0.93% superior al trimestre anterior, pero ha venido disminuyendo desde 1999. En 2022 esta industria empleó a 336000 personas (63% hombres, 37% mujeres) con un salario promedio de \$6000.00 M.N., aunque las mujeres tuvieron un salario 30% menor al de los hombres. En el último trimestre 2023, el 58% de la población ocupada trabajaba en la industria química, del plástico y el hule y de transformación de petróleo. En 2018, el 17% de las unidades económicas de la industria química desarrollaron actividades de innovación, de las cuales aproximadamente el 8% desarrolló actividades de innovación en productos, procesos y adaptación de tecnología. En 2019 aproximadamente 400 unidades económicas contaban con personal calificado dedicado a actividades de investigación y desarrollo tecnológico y esta cantidad fue 20% mayor con respecto a 2016, lo que indica que cada vez más industrias buscan contar con ese tipo de personal (DataMéxico, 2023).

Por otro lado, el objetivo de la industria petroquímica es transformar el petróleo y el gas natural en productos que son la base de otras industrias como la textil, la automotriz, la electrónica, la de construcción, la de plásticos, la farmacéutica, la química, la de fertilizantes, entre otras, abasteciendo de insumos a aproximadamente al 60% de ramas básicas de la economía, lo que la convierte en parte esencial de la estructura industrial y económica del país. Aunque aproximadamente el 86% de los hidrocarburos provienen del petróleo, la industria petroquímica en México aún no tiene la suficiente capacidad de procesamiento que haga más importante su operación. De hecho, el país básicamente es un exportador de materias primas y comprador de productos terminados, como las gasolineras. Aún más, la demanda nacional de productos químicos aumentó en 140% de 2002 a 2018, pero la producción de estos sólo aumentó 30%, debido a la baja en la producción de materias primas, ya que en los últimos 10 años ha habido una disminución aproximada del 50% en la producción de hidrocarburos (PEMEX, 2023).

Lo anterior puede cambiar con las nuevas políticas del gobierno federal: actualmente desarrolla trabajo en 22 campos terrestres y de aguas someras en Tabasco, Campeche y Veracruz; busca ampliar la producción de combustibles y petroquímicos mediante la reactivación del Sistema Nacional de Refinación, la construcción de la refinería de Dos Bocas, la compra de la refinería Deer Park (Texas) y la reconfiguración y actualización de alguno otros complejos procesadores de gas y petróleo; también busca diversificar las fuentes de abastecimiento de gas y además incrementar la disponibilidad y diversificación de las fuentes de materia prima para la producción de etileno y sus derivados, así como de la cadena de aromáticos; y recuperar de la producción de amoniaco para fortalecer la fabricación de fertilizantes. Lo anterior implica que México puede estar en vías de pasar de ser un país que sólo extrae y vende materia prima a uno que procesa esa materia prima para obtener productos de alto valor agregado y con ellos obtener más riqueza y depender menos del exterior y lograr la autosuficiencia energética.

Sin embargo, esta industria depende en gran medida de tecnología extranjera y el desarrollo de tecnología propia es prácticamente inexistente, lo cual limita su capacidad de operación y hace imperativo el desarrollo de tecnología que sea adecuada a las condiciones del país. Para que sea competitiva, además de inversión en infraestructura, requiere inversión en investigación y desarrollo de tecnologías. La innovación tecnológica y la formación de recursos humanos capacitados son necesarios para enfrentar los retos que la industria enfrenta.

De acuerdo con datos de la FAO y SEDESOL, hace 20 años el 5% de la población en México estaba subnutrida: había 300000 familias en situación de hambre y 20 millones de personas en pobreza alimentaria. Lo anterior implicaba graves problemas nutrición y salud a los que actualmente se suma el problema de la obesidad y es innegable que estos problemas están ligados entre otros factores a las desigualdades sociales y los niveles de ingreso y la industria alimentaria ha respondido a este hecho. En los años 50 cuando casi el 60% de la población era rural la base de la alimentación eran tortilla de maíz, frijoles, algunas verduras y ocasionalmente carne, leche y huevos; mientras que en las zonas urbanas se complementaba con refrescos, pastas y pan de trigo. Para los años sesenta, las políticas gubernamentales y un aumento en el ingreso impulsaron la producción de productos manufacturados que no eran fundamentales para la dieta, pero eran populares (derivados de carne y leche, jugos confitería, panadería, entre otros) y hubo un aumento de aproximadamente 400% en el número de empresas en esta área. En 2012 el 40% de producción de la industria alimentaria en México se concentraba en la elaboración de alimentos para animales, leche líquida, aceites y grasas vegetales comestibles, panificación industria, azúcar de caña y botanas. Además, más del 50% del empleo en esta industria se centraba en la elaboración de tortillas de maíz, panificación industrial, azúcar de caña, dulces y 'en la preparación de embutidos y carnes de ganado y aves. La industria alimentaria ha crecido, sin embargo, gran parte de la producción de alimentos corresponde a productos manufacturados que no necesariamente son adecuados para tener una alimentación adecuada que permita enfrentar los problemas de desnutrición o de

obesidad que persisten en la población mexicana (Montes de Oca y Escudero, 1981; Bourges, 2001; FAO(a), 2003; INEGI, 2004; SE, 2012).

En el primer trimestre de 2023, el PIB de esta industria fue de \$5.48B MX, que fue 1.93% superior al del trimestre anterior y empleó a 2.14 millones de personas (50.8% hombres, 49.2% mujeres) con un salario promedio de \$5000.00 M.N., aunque las mujeres tuvieron un salario 30% menor al de los hombres. En 2018, el 12.6% de las unidades económicas de la industria alimentaria desarrollaron actividades de innovación, de las cuales aproximadamente el 3.68% desarrolló actividades de innovación en productos, procesos y tecnología. En 2019 aproximadamente 473 unidades económicas contaban con personal calificado dedicado a actividades de investigación y desarrollo tecnológico y esta cantidad fue 20% mayor con respecto a 2016, lo que indica que, en este caso también cada vez más industrias buscan contar con ese tipo de personal. De forma muy específica había 2580 ingenieros químicos y otros 6000 profesionistas relacionados con química, bioquímica y medio ambiente trabajando en esta industria (DataMéxico, 2023).

Con respecto a las ramas ligadas a la industria alimentaria, es decir, la pecuaria, agricultura y pesca, también han registrado un crecimiento constante y se espera que en 2023 se produzcan más de 300 millones de toneladas de alimentos y materias primas, 1.2% más que en 2022. El 91% de la producción corresponde al subsector agrícola, el 8.3% al subsector pecuario y el 0.7% al pesquero. Lo anterior coloca al país como el décimo primer productor de alimentos a nivel mundial, siendo los estados de Jalisco, Veracruz, Oaxaca, Chihuahua y Sinaloa, los mayores productores agrícolas y la región Sur-Sureste la que produce un poco más de la cuarta parte de la producción total de alimentos. Con respecto a los productos agrícolas destacan la producción de naranja, plátano, manzana, limón, tomate rojo y alfalfa, pero la producción de frijol y maíz tuvieron disminuciones importantes en 2022 con respecto a 2021. De los productos pecuarios los productos de mayor producción en 2022 fueron leche de vaca, carne de ave y huevo para plato y en el caso de la producción pesquera, las principales especies capturadas fueron sardina, camarón, anchoveta y atún (SADER, 2023).

Sin embargo, la producción de alimentos enfrenta ya una serie de problemas que es urgente atender. Por un lado, las actividades ganaderas y agrícolas son responsables de 14% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y, por otro lado, el cambio climático ha disminuido la capacidad de producción de alimentos. Las sequías cada vez más frecuentes han provocado pérdidas de hasta 50% en la producción agrícola y ganadera, siendo los cultivos de maíz y frijol los más afectados; y se espera que una disminución significativa en la producción de maíz en el decenio 2050-2059 debido a la pérdida de suelos fértiles ocasionada por las altas temperaturas y la falta de agua. Aunado a lo anterior, en 2022 hubo una disminución en la producción de fertilizantes de casi 30% con respecto a 2020 debido al encarecimiento de los energéticos provocada por la guerra entre Rusia y Ucrania (SEMARNAT-b, 2023; SADER, 2023).

La producción de alimentos nutritivos, de alta calidad e inocuos es uno de los mayores retos que se enfrentan actualmente y esto implica una serie de problemas que requieren de soluciones técnica y económicamente viables. Aumentar la producción de materias primas y aprovecharlas de forma integral y desarrollar procesos (producción, almacenamiento, conservación, transformación, distribución) innovadores, integrales, amigables con el medio ambiente y adecuados para la obtención de alimentos saludables y nutritivos, son sólo algunos ejemplos de la problemática que se debe resolver.

Para abordar las situaciones relacionadas con el cambio climático y sus consecuencias, la industria química y petroquímica y la industria alimentaria, el gobierno federal ha encaminado la consecución de las metas de la Agenda 2030 a través de todas las secretarías de gobierno y ha implementado diversas acciones a través del Plan Nacional de Desarrollo. La puesta en marcha de una planta de fertilizantes, de la refinería de Dos Bocas y la rehabilitación de las refinerías existentes, el Programa para el Desarrollo del Istmo de Tehuantepec, el Programa Producción para el Bienestar, el Programa de apoyo a cafetaleros y cañeros del país y el de distribución de fertilizantes químicos y biológicos son acciones que se están desarrollando y que pretenden ser, entre otras cosas, detonadores para la generación de empleo y que requerirán de personal altamente especializado y capacitado (DOF, 2019; SE, 2021)

Por otro lado, el Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (CONAHCyT) ha implementado los Programas de Nacionales Estratégicos (PRONACES) para dar soluciones a las problemáticas nacionales. Los PRONACES están en concordancia con las metas de la Agenda 2030 y con el Plan Nacional de Desarrollo y son estrategias que pretenden organizar el desarrollo de las investigaciones sobre problemas nacionales que requieren una solución urgente, integral profunda y amplia, investigando sus causas y generando soluciones concretas. Funcionan mediante convocatorias para que grupos multidisciplinarios sometan a financiamiento Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (PRONAI) que tienen como objetivo atender las problemáticas planteadas en los PRONACES. En la Tabla 1 se muestran algunos de los PRONACES establecidos por el CONAHCyT y sus respectivos PRONAI

Tabla 1. Algunos PRONACES de interés

PRONACE	Descripción
Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes	Defensa de los derechos ambientales y territoriales, así como el derecho colectivo a la salud mediante la restauración de los ecosistemas que han sido dañados, así como a mejorar la calidad de vida y el bienestar de las comunidades
Agua	Diseñar y gestionen soluciones de fondo y a escala nacional para los más graves problemas del ciclo socionatural del agua.
Energía y cambio climático	Alcanzar un sistema energético sostenible y más equitativo.
Seguridad alimentaria	Crear las condiciones para generar alimentos saludables y culturalmente apropiados, al tiempo que propiciar o fortalecer circuitos territoriales de producción-procesamiento-intercambio-distribución-consumo más justos

Situación estatal

Aunque las problemáticas son globales, toman características particulares de manera regional y local. Particularmente el estado de Veracruz, de acuerdo con el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010, había perdido en los últimos cincuenta años parte de su diversidad biológica, además enfrentaba graves problemas de contaminación de suelos, agua y de aire y de deforestación y de erosión, todo lo cual había puesto en peligro la fauna, la flora, los recursos naturales, diversidad y la producción agrícola, pesquera, ganadera y forestal. Así mismo se reconocía que las medidas tomadas para abordar los problemas no habían sido adecuadas y que no se contaba con un diagnóstico medioambiental integral que permitiera diseñar las estrategias adecuadas de solución (SEFIPLAN, 2005).

Es una de las regiones del país más vulnerables al cambio climático y esto ha llevado a una crisis ecológica y ambiental. Se tienen menos lluvias que hace 20 años, aunque en las montañas llueve más y en la cuenca baja se presenten sequías más intensas. Los frentes fríos y las ondas de calor son más frecuentes y duran más tiempo y el nivel del mar ha aumentado casi 10 cm en los últimos 50 años. Se espera que para 2050 la temperatura promedio aumente 2°C y las lluvias disminuyan en un 5% pero se agravarán el estiaje y la intensidad de las lluvias. Además, la industria petrolera, la de la caña de azúcar y el crecimiento urbano sin control han provocado graves problemas ambientales. Los municipios que concentran mayores emisiones son: Tuxpan (11%), Veracruz (7%), Coatzacoalcos (5%), Xalapa (5%), Ixtaczoquitlán (4%), Minatitlán y Poza Rica (3%). Todo lo anterior ocasiona pérdida de la biodiversidad, alteraciones de los ecosistemas, pérdida de suelos fértiles y de cosechas, dificultades para el suministro de agua, disminución de la producción de alimentos, propagación de enfermedades, pobreza y afectaciones en la salud de la población, entre otros efectos. Así, por ejemplo, aproximadamente el 48% de la población presenta inseguridad alimentaria, el 16% de los municipios tiene altos porcentajes de población en pobreza extrema, el 20% no tiene agua en su vivienda y drenaje sanitario y el estado es el tercer productor de residuos sólidos urbanos a nivel nacional. El PIB ha mostrado un crecimiento por debajo de la media nacional, hay una disminución en la producción petrolera y los sectores primario y secundario tienen crecimientos relativamente bajos y es de los estados con menor generación de empleos formales y con mayor informalidad (SEFIPLAN, 2005; PROGOB, 2019; UV, 2019; SEMARNAT-b, 2023).

El estado tiene una población de más de 8 millones de habitantes (48.1% hombres y 52.8% mujeres) y ocupa el 1er lugar en producción de naranja, toronja, piña, caña de azúcar y carne de bovino; el 2° lugar en aportación al valor de producción del PIB; el 3er lugar en biodiversidad y población indígena; el 4° lugar en recaudación aduanera¹⁴ y el 5° lugar en aportación al PIB nacional, todo lo cual habla de la importancia que representa el estado en todo el país. De la región Sur-Sureste es el que tiene la mayor producción agrícola, pecuaria y pesquera y es el segundo a nivel nacional después del estado de Jalisco. Cuenta con un poco más de 300000 unidades económicas (UE) de las cuales el 10% de están relacionadas con agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza y 10% con la industria manufacturera, de las cuales sólo 172 corresponden a

la industria química. De estas 172 UE, se concentran principalmente en los municipios de Coahuila (23), Veracruz (11), Xalapa (8), Minatitlán (8), Orizaba (7), Córdoba (7), Boca del Río (5), San Andrés Tuxtla (4), Poza Rica (4), Teocelo (3) y Amatlán de los Reyes (3). El municipio de Coahuila es el que tiene la mayor cantidad de empleados y el salario promedio más alto para industria química a nivel nacional. De las UE grandes sólo el 9.84% realiza tareas de innovación (PROGOB, 2019; SADER, 2023, DataMéxico, 2023).

El gobierno estatal, en el Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024 ha delineado las acciones mediante las cuales pretende darle solución a las diversas problemáticas que presenta el estado y de forma muy específica ha incorporado los objetivos de la Agenda 2030 como parte fundamental. En dicho plan se reconoce la importancia del desarrollo e innovación de ciencia y la tecnología para coadyuvar a la solución de los problemas que presenta el estado. De la misma forma, programas federales como los mencionados anteriormente, serán un detonante para el desarrollo del estado ya que se espera la llegada de un gran número de empresas de diversa índole, la construcción de infraestructura para el transporte, el abastecimiento de energía y las comunicaciones entre otros insumos básicos para la población y las empresas. Además, se ofrecerán incentivos fiscales y se construirán escuelas y viviendas y se dotará de infraestructura urbana y para la investigación y el desarrollo tecnológico (PROGOB, 2019; DOF, 2019)

Enfrentar los retos mencionados a nivel internacional, nacional y estatal, requiere de lograr una buena comprensión de los problemas y de sus consecuencias, además de sensibilidad y responsabilidad para abordarlos; pero fundamentalmente se requiere de una buena estrategia y un cambio de paradigmas. Desde el punto de vista científico-tecnológico, los problemas que tienen que ser resueltos están relacionados con la sustitución de las materias primas y el desarrollo de productos de bajo impacto ambiental, la disposición de los desechos generados, el desarrollo de tecnologías alternativas y de bajo costo, el rediseño de los procesos actuales y el uso de energías limpias, entre otros aspectos. Por otro lado, debe reconocerse el hecho fundamental de que la política y el desarrollo y la organización social no pueden ser separados de los avances científicos, por lo tanto, también es crucial establecer que la ciencia y la tecnología no resolverán los problemas si no se acompañan por cambios políticos y sociales.

1.2. El campo profesional y el mercado laboral

El planteamiento de soluciones creativas, sustentables y técnica y económicamente viables requiere de profesionistas e investigadores con nuevas y múltiples competencias, con la capacidad para comprender y el abordar los problemas de forma interdisciplinaria, así como para la asimilación y formulación de nuevos conocimientos. Es fundamental la generación de conocimiento con sólidas bases científicas que eventualmente puedan tener impacto no solo en la industria o el campo, sino también en la población. En ese sentido es importante que los egresados de licenciatura adquieran una serie de competencias adicionales a través

de estudios complementarios, por lo que la formación de posgrados es una alternativa para atender estas necesidades

La Universidad Veracruzana oferta el programa de licenciatura en ingeniería química en sus cinco regiones académicas (Coatzacoalcos, Orizaba, Poza Rica, Veracruz y Xalapa), el programa de ingeniería ambiental en cuatro regiones (Coatzacoalcos, Orizaba, Poza Rica y Xalapa), el programa de ingeniería en alimentos en 2 regiones (Orizaba y Xalapa), además de otros programas afines a la ingeniería química como la ingeniería bioquímica. Por otro lado, en los 18 institutos tecnológicos que hay en el estado se ofertan (no necesariamente en todos) programas de ingeniería química, ingeniería ambiental, ingeniería en industrias alimentarias, ingeniería bioquímica, ingeniería biomédica, ingeniería en biotecnología, ingeniería en energías renovables e ingeniería petrolera, entre otras también afines a la ingeniería química. Lo anterior implica una gran comunidad estudiantil que potencialmente podría tener interés en la Maestría en Ingeniería Química y que al egresar tendrían un campo de acción amplio como se ha planteado anteriormente.

Por otro lado, se encuestó en línea a egresados y estudiantes de últimos semestres que se encuentran radicando en la CDMX y en los estados de Puebla, Veracruz, Querétaro y Nuevo León (69% hombres, 31% mujeres) en un rango de edad de los 21 a los 52 años. El 69% de los encuestados tenía trabajo y el resto estaba desempleado o estudiando los últimos semestres de la licenciatura. Los encuestados estudiaron ingeniería química, ingeniería ambiental, ingeniería bioquímica e ingeniería industrial. De la gente que trabaja, el 31% lo hace en la industria química, el 17% en la industria alimentaria, el 7% en el área ambiental y el 7% en el área de energía y el 38% en otros sectores como el área de la salud y la educación. El 69% se encuentra trabajando en empresas del sector privado, el 17% en empresas del sector público y el 14% en alguna institución educativa del sector público. El 94% de los encuestados indicó que consideraba necesario estudiar un posgrado: 20 % de ellos estaría interesado en estudiar un posgrado en calidad y el resto en un posgrado en ingeniería química o afín como ingeniería ambiental, en energía, procesos, alimentos, ambiental o biotecnología. Finalmente, el 86% indicó que estaría interesado en estudiar, de forma específica, la Maestría en Ingeniería Química que se oferta. De igual forma, un seguimiento en redes sociales sobre el interés por esta Maestría en particular arrojó que el 34% estaba en el sector de petróleo y gas, el 23% en la fabricación de productos químicos, el 28% en la producción de alimentos y bebidas y el 15% en el sector educativo.

En México, además de la Universidad Veracruzana, diversas instituciones de nivel superior ofertan la maestría en ingeniería química con registro en el Sistema Nacional de Posgrados como la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de Guanajuato, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, la Universidad Autónoma de Tlaxcala, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad Iberoamericana, la Universidad de Guadalajara, la Universidad de Colima,

Tecnológico Superior de Ecatepec, en los Institutos Tecnológicos de Ciudad Madero, Orizaba, Celaya, Aguascalientes, Sonora, Veracruz). Cabe mencionar que en el proceso de asignación de becas para estudios de posgrado correspondiente a la segunda convocatoria de 2023 de CONAHCyT, de la región sur-sureste, las maestría de la BUAP, del Instituto Tecnológico de Veracruz y la maestría en Ingeniería Química UV-Xalapa fueron clasificadas como elegibles, lo cual hace constar que el desarrollo y funcionamiento del este posgrado lo posiciona como uno de los más importantes en la región. Por otro lado, aunque existen posgrados especializados en áreas del conocimiento que se incluyen en este programa, se puede establecer que, precisamente, son posgrados específicos, y en este sentido este programa de Maestría tiene como una de sus características, que los fundamentos de la Ingeniería Química se pueden aplicar a cualquiera de esas áreas, y además está enfocada en el diseño, análisis, síntesis y optimización de procesos, con el fin de obtener soluciones sobre el desarrollo tecnológico pero también a nivel de ciencia básica.

Los datos anteriormente expuestos indican que la Maestría en Ingeniería Química, aún tiene un gran potencial de crecimiento pues se puede nutrir de egresados de los diversos programas de ingeniería química, ingeniería ambiental, ingeniería en alimentos y otros afines que se ofertan tanto en la Universidad Veracruzana, en los Institutos Tecnológicos y en otras instituciones de educación superior. Además, los egresados de estos programas consideran que este posgrado puede ayudarles a mejorar sus posibilidades para obtener mejores oportunidades de empleo o escalar en el empleo que ya tienen. El interés por esta maestría proviene de profesionales que se desempeñan en diversas áreas y aunque existen otros programas de posgrado similares, este en particular, se posiciona como un referente en la región.

1.3. Desarrollo del Programa Maestría en Ingeniería Química-Xalapa (

La Maestría en Ingeniería Química tuvo su primera admisión en el año 2018 y hasta agosto de 2023 tiene 6 generaciones:

Primera generación (2018-2020). Se registraron 12 aspirantes (8 Xalapa, 2 Coatzacoalcos-Minatitlán, 1 Poza Rica, 1 Veracruz) y después del proceso de evaluación, se admitieron 4 estudiantes, Se tiene una eficiencia terminal del 100%. No se tuvieron becas CONACyT ya que el programa no fue aprobado para ingresar al PNP. Todos los egresados de esa primera generación actualmente se encuentran cursando estudios de doctorado (1 en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y 2 en la Universidad de Guadalajara) y/o trabajando (2 en la Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa como profesores por horas).

Segunda generación (2019-2021). Se registraron 13 aspirantes (10 Xalapa, 1 Coatzacoalcos-Minatitlán, 3 Veracruz) y después del proceso de evaluación, se admitieron 5 estudiantes y se tiene una eficiencia terminal del 80%. El Programa fue admitido en el PNP en agosto de 2020 con el grado de “en formación” y se tuvieron 4 becas, pero por sólo un periodo de septiembre de 2020 a enero de 2021. Todos

los egresados de esta generación actualmente se encuentran cursando estudios de doctorado (1 en la UNAM y 1 en el Instituto Tecnológico de Veracruz) o trabajando (1 en el IMP y 1 como Ingeniero de riesgos ambientales en una consultoría ambiental). De esta generación sólo una estudiante aún no se titula, aunque ya ha concluido su trabajo de tesis. Es pertinente mencionar que en marzo de 2020 se suspendieron las clases presenciales debido a la pandemia ocasionada por el virus COVID19 lo que implicó que dos de los trabajos de tesis se detuvieran al menos 1 año completo ya que requerían del desarrollo de trabajo experimental que no se pudo realizar debido al cierre de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa y a la imposibilidad de tener la materia prima necesaria.

Tercera generación (2020-2022). Se registraron sólo 5 aspirantes (3 Xalapa, 1 Coatzacoalcos-Minatitlán, 1 Orizaba-Córdoba) y después del proceso de evaluación, se admitieron 3 estudiantes. Sólo se solicitaron dos becas que estuvieron vigentes sólo durante los dos periodos finales. De esta generación aún no se tienen titulados. Esta generación cursó tres de los cuatro periodos en línea debido a la pandemia por COVID19, lo cual dificultó el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dos de los tres estudiantes presentaron problemas de salud de los cuales aún no se han recuperado, lo cual retrasó al menos un año su trabajo de tesis. Con respecto al tercer integrante de la generación, su trabajo experimental se vio también detenido por al menos un año. Actualmente, los tres tienen sus trabajos en revisión y se espera que se titulen en octubre de 2023. Cabe mencionar que uno de ellos ha sido aceptado para ocupar una plaza en el Instituto Mexicano del Petróleo

Cuarta generación (2021-2023). Se registraron 10 aspirantes (todos de la región Xalapa de la UV) y después del proceso de evaluación, se admitieron 4 estudiantes, Todos los integrantes de esta generación contaron con becas CONAHCyT durante dos años. Los trabajos de tesis de tres de ellos ya están concluidos y en procesos de revisión y evaluación por parte de sus directores. Se espera que se titulen en octubre de 2023.

Quinta generación (2022-2024). Se tuvieron 12 registros (7 Xalapa, 1 Veracruz, 1 Poza Rica, 3 Cuba) y después del proceso de evaluación, se admitieron 3 estudiantes, Todos los integrantes de esta generación contarán con becas CONAHCyT durante dos años. Se espera que se titulen en agosto de 2024.

Sexta generación (2023-2025). Se tuvieron 25 registros (12 Xalapa, 3 Coatzacoalcos, 4 Orizaba, 4 Poza Rica, 1 Puebla, 1 Tabasco) y después del proceso de evaluación, se admitieron 13 estudiantes, Todos los integrantes de esta generación contarán con becas CONAHCyT durante dos años. Se espera que se titulen en agosto de 2025.

En la Tabla 2 se muestra un resumen del comportamiento del ingreso y el egreso que se ha tenido en el programa

Tabla 2. Ingreso-Egreso				
Generación	Registros	Admitidos	Titulados	Eficiencia
Febrero 2018 Enero 2020	12	4	4	100%
Febrero 2019 Enero 2021	13	5	4	80%
Septiembre 2020 Agosto 2022	5	3	En proceso	
Agosto de 2021 Julio 2023	10	4	En proceso	
Agosto de 2022 Julio 2024	12	3	En proceso	
Agosto de 2023 Julio 2025	25	13	En proceso	

Puede observarse que el interés por la MIQ representado por el número de registros ha sido adecuado desde el inicio y únicamente se tuvo una baja importante para la tercera generación (septiembre 2020-agosto 2022) cuando inició la pandemia, pero la tendencia se recuperó al finalizar la emergencia sanitaria. Generalmente el posgrado ha estado entre los 10 más solicitados durante el proceso de registro. En la Tabla se incluyen datos correspondientes a la más reciente convocatoria de 2023 en la que se puede observar que una vez que se retornó a condiciones normales de trabajo el número de registros aumentó significativamente, lo que reafirma el interés que existe por cursar la MIQ. Cabe destacar que durante las primeras cinco convocatorias los registros correspondieron básicamente a egresados de todas las regiones de la Universidad Veracruzana, pero para la convocatoria de 2023 se tuvieron registros de instituciones diferentes a la UV como el Instituto Tecnológico de Orizaba, el Centro de investigación y estudios universitarios para el desarrollo-(incorporada a la BUAP) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Con respecto a la eficiencia terminal, en las dos primeras generaciones se ha cumplido con la meta establecida de tener al menos 80% de eficiencia terminal. En la tercera generación aún no se titula ninguno de los estudiantes, pero ya se ha mencionado que esto se debe a razones que escapan del control académico del programa y que se espera que en septiembre de este año se titulen todos los estudiantes. De la cuarta generación, un estudiante ya inicio con el proceso para presentar el examen de grado y otros dos ya tienen borradores en revisión, por lo que es factible que todos los alumnos se titulen dentro de los tiempos pertinentes.

Lo anterior lleva a establecer que se puede garantizar que los estudiantes culminen sus estudios de posgrado en tiempo y forma si se lleva a cabo un seguimiento académico riguroso por parte de los profesores que dirigen los trabajos y de los tutores, así mismo indica la pertinencia de los Seminarios de Investigación I, II y III cuyo propósito es darle seguimiento al desarrollo de los trabajos. Debido a esto se propone una primera modificación al mapa curricular que consiste en

eliminar la experiencia educativa de Disertación Pública en donde el estudiante haría una defensa pública de su trabajo considerando que ya estaría presentando su trabajo final. Esto en la práctica, únicamente duplica el propósito del Seminario III (comunicación de resultados) que cursan en el mismo periodo y no aporta en el objetivo de asegurar la titulación.

Una observación derivada de la información obtenida a partir de encuestas realizadas a los aspirantes y egresados ha sido que el programa está muy centrado en Ingeniería Química y que no parece tan flexible como para que egresados de disciplinas diferentes como Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Alimentos o la Ingeniería Bioquímica, entre otras áreas afines, se pudieran integrar al posgrado. Además, la información obtenida en redes sociales también arrojó que un porcentaje significativo de los interesados en el posgrado se encontraba en el sector de alimentos y bebidas. Hasta antes de la sexta generación, de todos los alumnos admitidos sólo se había tenido a un Ingeniero en Alimentos en la segunda generación y a un Ingeniero Ambiental en la tercera generación, pero en la sexta generación se tienen 3 Ingenieros Ambientales y un Ingeniero en Biotecnología. Inclusive se han recibido solicitudes de información sobre el posgrado de Ingenieros Civiles e Industriales. Lo anterior, aunado a la Esto lleva a una segunda modificación en el mapa curricular. Como el posgrado es en Ingeniería Química es imperativo que se conserven las bases de la disciplina: matemáticas, termodinámica, fenómenos de transporte e ingeniería de reactores. Para el primer periodo se conservarán las experiencias educativas de Matemáticas aplicadas, Termodinámica avanzada y Fenómenos de transporte avanzados, y se harán modificaciones a los contenidos básicamente reorganizando los temas. En el segundo periodo se mantendrán las experiencias de Ingeniería de reactores y Seminario de investigación I, pero se dará de baja la experiencia de Fenómenos de transporte II y se incorporará la experiencia de Análisis de procesos. Se considera que los contenidos de Fenómenos de transporte II son muy específicos y limita el extender su aplicación a disciplinas diferentes de la Ingeniería Química y por otro lado, Análisis de Procesos pretende ser una materia en la que se aborden las aplicaciones de las metodologías propias de la Ingeniería Química a otras disciplinas. La experiencia de Fenómenos de transporte II se ofertará como optativa como Fenómenos de transporte en sistemas multifásicos.

Otra observación importante al programa era la aparente falta de variedad en los temas que se ofrecen para desarrollar los trabajos de tesis, lo cual está definitivamente ligado a los integrantes del Núcleo Académico Básico. Así la mayor parte de las tesis estaban relacionadas con el diseño y modelado de procesos químicos, el tratamiento de efluentes y el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Por esta razón se incorporaron al NAB cuatro nuevos integrantes y dos colaboradores que reforzarán básicamente el área de Ingeniería Ambiental y el área de Ingeniería en Alimentos con todo lo que implica en términos de los temas que se pueden desarrollar. La diversificación del NAB permitirá también diversificar los temas que se pueden desarrollar en los trabajos de tesis y se espera que esto junto con las modificaciones al mapa curricular, pueda aumentar el interés por la MIQ de una mayor población de egresados de diferentes disciplinas afines a la

Ingeniería Química y de una mayor cantidad de instituciones. De esta manera, el NAB podría agruparse de la siguiente manera:

Ingeniería Química

Dr. Eliseo Hernández Martínez	SNI II	Perfil Prodep
Dr. Epifanio Morales Zárate	SNI I	Perfil Prodep
Dr. Jorge Octavio Virues Delgadillo	-	Perfil Prodep
Dr. Miguel Ángel Morales Cabrera	SNI I	Perfil Prodep
Dr. Victor Manuel Rivera Arredondo	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Myrna Hernández Matus	SNI II	Perfil Prodep

Ingeniería Ambiental

Dr. Eduardo Castillo González	SNI I	Perfil Prodep
Dr. Mario Rafael Giraldi Diaz	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Lorena de Medina Salas	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Ma. Teresa Leal Ascencio	-	Perfil Prodep
Dra. Zaira Domínguez Esquivel	SNI II	Perfil Prodep
Dr. Héctor Hernández García (Colaborador)	SNI I	Perfil Prodep

Ingeniería en Alimentos

Dr. Rafael Rufino Díaz Sobac	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Alma Vázquez Luna	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Laura Acosta Domínguez	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Rocío de los Ángeles García Hernández	SNI I	Perfil Prodep
Dra. Yolanda Cocotle Ronzón	-	Perfil Prodep
Dr. Julio Alberto Solís Fuentes	SNI I	Perfil Prodep
Dr. Samuel García Díaz (Colaborador)	SNI I	Perfil Prodep

La diversificación de las temáticas también implica una reorganización en las Experiencias Educativas que se denominan Optativas. Se seguirá manteniendo que los estudiantes cursen tres materias optativas relacionadas con su trabajo de tesis y estas podrán cursarse dentro o fuera de la UV según convenga a cada proyecto. En particular, el programa ofrecerá la posibilidad de cursar optativas que han sido agrupadas de la siguiente manera

Optativas que ofertará el programa

Ingeniería Química	Ingeniería Ambiental	Ingeniería en Alimentos
Modelado y simulación de procesos	Bioprocesos	Microbiología industrial
Análisis de series de tiempo e imágenes	Ecología industrial	Estabilidad fisicoquímica de los alimentos
Fenómenos de transporte en sistemas multifásicos	Diseño experimental	Tópicos selectos de Ingeniería en Alimentos

2.FUNDAMENTACIÓN ACADÉMICA

La ingeniería puede considerarse como la aplicación de la ciencia a la solución de problemas a través de la creación o innovación de los sistemas, procesos o productos. En particular, la ingeniería química tiene por objetivo desarrollar procesos y mejorar los existentes para obtener tecnologías sustentables, lo cual implica que los procesos sean altamente competitivos, que tengan un efecto mínimo sobre el medio ambiente y que sean socialmente adecuados desde el punto de vista de seguridad e higiene industrial. Así mismo, debido a las necesidades actuales, el campo de acción de la ingeniería química ha extendido sus horizontes al estudio de los procesos biológicos de sistemas energéticos alternativos, conservando la base del conocimiento de la ingeniería química, tales como las matemáticas, la termodinámica, los fenómenos de transporte, la ingeniería de procesos e ingeniería de reactores.

Actualmente, las severas condiciones económicas, políticas, sociales y ambientales que se viven en nuestro país, están imponiendo una nueva meta para la cual se requieren soluciones creativas, innovadoras y eficaces. Dicha problemática tiene que ver con áreas de energías alternativas, reutilización de energía, uso y reutilización del agua, cambio climático, sistemas biológicos, procesos a partir de biomasa (biocombustibles) y otras áreas que comúnmente no son abordadas por los ingenieros como la ecología (especies invasivas, destrucción de hábitats y prácticas no sustentables). Las soluciones que se necesitan deberán implicar el uso eficiente de la energía, procesos y tecnologías limpias y amigables con el ambiente, y definitivamente requerirán de trabajar de forma interdisciplinaria, buscando soluciones que representan nuevos retos y oportunidades para considerar nuevas opciones e innovar. Lo anterior refleja la necesidad de profesionistas mejor preparados para enfrentar dichos retos e identificar esas oportunidades.

Los ingenieros que aborden los problemas antes mencionados deberán entender la compleja interacción entre la industria, la sociedad y los ecosistemas, así como la estrecha relación que debe establecerse con otras disciplinas y otros factores que van más allá de la manera tradicional en la que han trabajado. Pero también deberá ser claro para ellos qué, aunque los retos son nuevos, el punto de partida para enfrentarlos es tener una buena comprensión de los fundamentos teóricos y las metodologías ya existentes, y ser capaz de extenderlos y aplicarlos en nuevas áreas.

En este contexto, la Universidad Veracruzana está comprometida a formar profesionales en el área de la ingeniería química, capaces de proponer y ejecutar programas en los que se manifieste un equilibrio entre el desarrollo económico, la calidad de vida de la población, el uso racional de los recursos y la conservación del medio ambiente; razón por la cual, el posgrado en ingeniería química tiene como meta desarrollar la capacidad de los egresados de la misma para identificar, plantear, analizar, desarrollar y adaptar nuevos procesos y tecnologías

sustentables, limpias y benignas con el ambiente. Asimismo, contribuir con la formación de profesionistas con sólidos fundamentos teóricos, con capacidad de generar conocimientos, aplicar, innovar y desarrollar tecnología en procesos en el área de la ingeniería química. Lo anterior bajo el principio del desarrollo sustentable que implica el uso eficiente de la energía en un esquema ambientalmente amigable. Esto es, la Maestría en Ingeniería Apunta a la formación de recursos humanos con habilidades analíticas, creativas, de liderazgo, de calidad humana y con capacidad para integrarse a equipos inter y multidisciplinarios.

Este programa de posgrado se creó en 2017 y tuvo su primera admisión en 2018. Se han recibido 6 generaciones de las cuales 3 están en proceso y en 2023 se realizará la primera actualización. El plan de estudios fue diseñado tomando en cuenta las necesidades de crecimiento regional, considerando tanto los procesos industriales en sí, como los aspectos biológicos de los mismos, sin dejar de lado las necesidades de desarrollo profesional y las características que debe tener un ingeniero químico para una industria transnacional. Sin embargo, el programa se percibió como demasiado rígido con pocas probabilidades de abrirse y ser atractivo a egresados de otros programas diferentes a la ingeniería química. Es por eso por lo que, conservando el carácter fundamental de la disciplina se proponen cambios con el fin de ser un posgrado que pueda ser una opción para egresados de programas afines a la ingeniería química.

La MIQ ha establecido colaboración con los sectores productivo, social y educativo. A través de los trabajos de tesis y más recientemente con las actividades de retribución social, se colabora con productores de azúcar, cafeticultores, alfareros y con Petróleos Mexicanos. En la tabla se muestran las colaboraciones que se han establecido con el sector productivo o social

Colaboración	Acciones
Cafeticultores de Coatepec	Análisis del efecto del pretratamiento en la composición del café
Ingenio azucarero de Mahuixtlán	Análisis de ciclo de vida del proceso de producción de caña
Complejo Procesador de Gas de Matapionche	Estudio del proceso de endulzamiento de gas natural
Alfareros de San Miguel Tenextatiloyan, Puebla	Elaboración de materiales sobre el proceso de transferencia de calor en hornos alfareros

También se han tenido colaboraciones académicas con investigadores de otras instituciones: Universidad de Guadalajara Centro de Investigación en Química Aplicada CIQA Universidad Autónoma de Zacatecas, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y la Universidad de Guanajuato. De igual manera los estudiantes han realizado movilidad en la Universidad Autónoma de la CDMX, la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, el Centro de Investigación en Química Aplicada, la Universidad de Guadalajara y la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Considerando el hecho fundamental de que la Universidad tiene el compromiso de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población y tomando en cuenta los lineamientos del CONAHCyT de abordar los problemas prioritarios, se han establecido acciones de trabajo muy específicas con el Centro de Estudios Alfareros (CEA) ubicado en la comunidad de San Miguel Tenextatiloyan, Puebla y con la SEDEMA, particularmente a través de la Dirección de Cambio Climático. Con el CEA, la Maestría ha colaborado desde 2017 cuando se creó el posgrado, a través de sus profesores, en el desarrollo y adaptación de tecnologías para los procesos de transferencia de calor en hornos alfareros y actualmente se desarrollan materiales didácticos. Con la Dirección de Cambio Climático se está desarrollando un programa de trabajo que permita a los estudiantes involucrarse en problemáticas reales a partir de las cuales podrían desarrollar sus trabajos de tesis. En ambos casos, estas colaboraciones se han priorizado como parte de las actividades de retribución social que deben llevar a cabo.

La Maestría en Ingeniería Química se ha fortalecido en sus actividades de investigación ya que los integrantes del NAB son integrantes y colaboradores de seis importantes cuerpos académicos: CA Fisicoquímica y química verde (consolidado), CA Matemática aplicadas para el análisis de procesos (consolidado), CA Ingeniería de los procesos químicos y biológicos (en consolidación), CA Tecnologías de control de la contaminación ambiental para la sustentabilidad (en consolidación), CA Biología, química y funcionalidad molecular de metabolitos vegetales (en consolidación) y CA Ciencia, ingeniería y tecnología de alimentos (en formación). En estos cuerpos académicos puede observarse la diversidad de líneas de generación y aplicación del conocimiento y la diversidad de problemáticas que se pueden abordar.

Misión

La Maestría en Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana, es un posgrado comprometido con la generación de conocimiento y la formación integral de recursos humanos especializados y competitivos en el área de Ingeniería Química, que contribuyen con el desarrollo tecnológico y atienden necesidades sociales del estado de Veracruz y del país, realizando sus funciones con calidad, equidad, ética, en continua promoción de la conservación del ambiente, asimismo, con una permanente generación y difusión del conocimiento.

Visión

Para 2030 ser un programa de maestría de excelencia en la realización de investigación con sustento científico y con una amplia vinculación con los diferentes sectores de la sociedad, con líneas de generación y aplicación del conocimiento consolidadas, en el área de ingeniería química, que impulsen el desarrollo tecnológico y responden a las necesidades sociales del estado de Veracruz y del país.

3.OBJETIVOS

Formar recursos humanos de alto nivel competitivos capaces de generar y aplicar conocimientos con sustento científico en el área de la ingeniería química, con amplio sentido creativo, crítico, ético y humanístico, así como ser capaces de contribuir al desarrollo tecnológico y responder a las necesidades sociales del estado de Veracruz y del país.

Objetivos específicos

- Formar recursos humanos a nivel posgrado capaces de contribuir en la resolución de problemas en diferentes ámbitos profesionales de la ingeniería química, tanto en proyectos de investigación científica y/o desarrollo de tecnología. El estudiante será capaz de incorporarse y contribuir en proyectos de investigación aplicados en los diferentes campos de la ingeniería química.
 - Propiciar y promover la difusión y divulgación de los conocimientos en el área de ingeniería química, para fortalecer la cultura científica y tecnológica regional.
 - Promover la vinculación con los sectores social y productivo y con ello aumentar la pertinencia, y mejorar la competitividad de los procesos y productos industriales.
 - Fomentar valores de compromiso y responsabilidad del conocimiento para generación de bienestar social.

Metas

- Alcanzar una eficiencia terminal de por lo menos un 80% de los alumnos inscritos al programa de maestría.
- Lograr un 70% de movilidad estudiantil por generación, mediante convenios con las instituciones externas que colaboren con el posgrado.
- Garantizar que al menos el 80% de los resultados generados en las tesis de maestría se presenten en eventos académicos como congresos nacionales o internacionales, seminarios, foros de investigación científica y/o publicaciones en revistas indizadas.

4.RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y DE INFRAESTRUCTURA ACADÉMICA

Todos los académicos que participan como integrantes del Núcleo Académico Básico y los colaboradores del programa de Maestría en Ingeniería Química son doctores especialistas en los diversos campos de la ingeniería química, ingeniería ambiental e ingeniería en alimentos. Todos cuentan con el reconocimiento de Perfil PRODEP, 17 pertenecen al SNI (2 nivel II, 14 Nivel I y 1 Nivel Candidato) y todos pertenecen a cuerpos académicos (2 consolidados, 3 en consolidación y 1 en formación). Así mismo, con el propósito de fortalecer las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) se cuenta con la colaboración de académicos de los cinco campus de la Universidad Veracruzana. y de académicos adscritos a importantes instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Guadalajara, el Centro de Investigación en Química Aplicada CIQA, la Universidad Autónoma de Zacatecas, la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, la Universidad de Guanajuato, la Universidad Autónoma de la CDMX y el Instituto Politécnico Nacional. El Núcleo Académico Básico está conformado de la siguiente manera

NOMBRE	Adscripción	Grado	Institución donde obtuvo el grado
Zaira Domínguez Esquivel	Instituto de Química Aplicada	Doctorado en Ciencias (Química Orgánica)	CINVESTAV-IPN
Yolanda Cocotle Ronzón	Facultad de Química Farmacéutica Biológica	Doctorado en Ciencias Alimentarias	Universidad Veracruzana
Rocío de los Ángeles Hernández García	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Ingeniería Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Myrna Hernández Matus	Instituto de Química Aplicada	Doctorado en Ciencias (Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Ma. Teresa Leal Ascencio	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias Ambientales	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Lorena de Medina Salas	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Química Inorgánica) Doctorado en Proyectos (Medio ambiente, calidad y prevención)	Pacific Wester University Universidad Internacional Iberoamericana
Laura Acosta Domínguez	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias en Alimentos	IPN
Alma Vázquez Luna	Instituto de Ciencias Básicas	Doctorado en Ciencias Biológicas	Universidad Autónoma Metropolitana
Victor Manuel Rivera Arredondo	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Ingeniería Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Rafael Díaz Sobac	Instituto de Ciencias Básicas	Doctorado en Ciencias Biológicas	Universidad Autónoma Metropolitana
Miguel Ángel Morales Cabrera	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Ingeniería Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Mario Rafael Giraldi Díaz	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ingeniería Ambiental	Universidad Politécnica de Cataluña
Julio Alberto Solís Fuentes	Instituto de Ciencias Básicas	Doctor en Ciencias Químicas (IQ)	UNAM
Jorge Virues Delgadillo	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ingeniería Química	Universidad de Columbia Británica
Eliseo Hernández Martínez	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Ingeniería Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Eduardo Castillo González	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Educación	Universidad IVES

Epifanio Morales Zárate	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Ciencias (Ingeniería Química)	Universidad Autónoma Metropolitana
Héctor Hernández García (colaborador)	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Biotecnología Ambiental	INECOL
Samuel García Díaz (colaborador)	Facultad de Ciencias Químicas-Xalapa	Doctorado en Biotecnología	Universidad Autónoma Metropolitana

Respecto a la infraestructura, el programa de maestría en ingeniería química tiene a su disposición un laboratorio de ingeniería aplicada con equipos de operaciones unitarias que pueden ser usados para el desarrollo de los proyectos de investigación de los estudiantes. Así mismo, se dispone con tres laboratorios, con equipos especializados destinados exclusivamente para el desarrollo de los proyectos de investigación. Además, se cuenta con el apoyo de la infraestructura de las universidades y facultades externas que colaboran con el posgrado.

Para la impartición de los cursos la Universidad Veracruzana cuenta con mobiliario y equipo de cómputo en excelente estado físico y funcionalidad. Los profesores adscritos a la facultad tienen a su disposición cubículos, computadora, internet y mobiliario para atender sus funciones de tutorías, asesorías de tesis, etc. Así mismo, los estudiantes tomarán sus clases dentro de aulas destinadas exclusivamente a los programas de maestría, donde cada una de ellas cuenta con un pintarrón, video proyector, internet inalámbrico, toma de corriente para equipos eléctricos, ventilador, clima, persianas, etc. Además, podrán disponer de centros de cómputo que cuentan con software especializado para realizar sus investigaciones. De la misma forma tienen a su disposición la Unidad de Sistemas Bibliotecarios (USBI), biblioteca virtual y la biblioteca propia de cada Facultad, que cuentan con toda la bibliografía incluida en las experiencias educativas del programa. Así mismo, se cuenta con amplios acervos documentales y electrónicos, bases de datos, entre otros.

5.PERFIL DE ALUMNO Y REQUISITOS DE INGRESO

a) Perfil de Ingreso

El aspirante por ingresar a la Maestría en Ingeniería Química debe tener el grado de licenciatura en alguna de las siguientes ingenierías: Química, Bioquímica, Biotecnología, Alimentos, Ambiental, o carreras afines a la Ciencias Químicas. Además, debe contar con:

Conocimientos

- Básicos en las áreas de la ingeniería química: matemáticas, fenómenos de transporte, termodinámica, ingeniería de reactores.
- Manejo de herramientas computacionales para la solución de problemas de ingeniería.
- Sobre la aplicación del método científico para el desarrollo de proyectos de investigación.

Habilidades

- Poseer capacidad para realizar trabajo experimental o manejar herramientas y programas computacionales.
- Capacidad para tomar decisiones.
- Tener clara comunicación oral y escrita.

Aptitudes

- Entusiasmo para el desarrollo de investigación.
- Capacidad analítica crítica y creativa.
- Facilidad para el trabajo en equipo y ser cooperativo.

Actitudes

- Espíritu de superación personal.
- Actitud responsable y emprendedora.
- Conciencia clara de las necesidades del país y de sus regiones.

Valores

- Respeto al trabajo conjunto e individual.
- Tolerancia hacia sus compañeros y maestros.
- Manifestar un alto sentido de responsabilidad, ética y compromiso social.

b) Requisitos

Ingreso al posgrado

La Unidad de Estudios de Posgrado emitirá cada año la convocatoria correspondiente para el ingreso al posgrado en donde se indicará el procedimiento que debe seguirse, los pagos que se deben hacer y la documentación que se debe presentar. En este sentido, los requisitos y los

procedimientos pueden cambiar en cada convocatoria.

Los documentos que se deberán presentar son título de licenciatura o constancia de título en trámite o acta de examen profesional, certificado de estudios, acta de nacimiento, CURP, credencial del INE, carta de exposición de motivos, carta compromiso de dedicación al posgrado, currículum vitae con documentación comprobatoria, y cualquier otro documento que sea especificado en la convocatoria vigente o por el posgrado.

Además, el aspirante deberá aprobar el examen de conocimientos básicos generales (EXANI III) y las evaluaciones especiales: entrevista con el comité de admisión de posgrado, presentación y defensa de un protocolo de investigación y el examen de conocimientos generales.

Para el caso de los aspirantes extranjeros, la convocatoria establecerá los lineamientos correspondientes.

Inscripción al posgrado

Los aspirantes con derecho a inscripción deben comprobar conocimiento del idioma inglés a nivel básico (EXAVER Nivel 1) y deben de cumplir con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado de acuerdo con la convocatoria vigente y con el programa de estudios.

6.EL PERFIL Y REQUISITOS DE PERMANENCIA, EGRESO Y TITULACIÓN

a) Requisitos de permanencia

- Asistencial mínima del 80% a las sesiones presenciales.
- Aprobar las asignaturas correspondientes a cada semestre.
- Asistir a todas las tutorías establecidas.
- Asistencia a todas las asesorías de seguimiento establecidas por el director del trabajo recepcional.
- Presentar avances del trabajo recepcional al finalizar cada semestre.
- Cumplir con los requisitos administrativos requeridos durante el semestre.

b) Requisitos de egreso y titulación

- Aprobar el 100% de las asignaturas, con calificación mínima aprobatoria de 70.
- Elaborar documento de trabajo recepcional.
- Defensa del trabajo recepcional ante un jurado pertinente.
- Comprobar conocimiento del idioma inglés a nivel intermedio (EXAVER Nivel 2).
- Cubrir los requisitos administrativos.

c) Perfil de Egreso

El egresado de la maestría en ingeniería química deberá contar con:

Conocimientos

- Sólidos y avanzados en las áreas de la ingeniería química: matemáticas, fenómenos de transporte, termodinámica, ingeniería de reactores.
- Para evaluar, analizar, diseñar, modificar y optimizar procesos químicos y biológicos.
- Manejo e implementación de tecnologías renovables amigables con el ambiente.

Habilidades

- Disposición para interactuar con los sectores social y productivo, y aplicar los conocimientos adquiridos para atener problemáticas afines al campo de la ingeniería química.
- Realizar actividades de investigación para generar conocimiento de problemas relevantes y actuales dentro del campo de la ingeniería química.
- Ser capaz de comunicar sus resultados de su investigación de manera acertada y objetiva, en foros académicos de su área de especialización.

Aptitudes

- Implementar estrategias racionales, innovadoras y sustentables que permitan atender las problemáticas y necesidades de los sectores social y productivo, relacionados con su área de especialización.

Actitudes

- Fortalecer su capacidad para trabajar en equipo.
- Poseer visión emprendedora y liderazgo.
- Ser propositivo en la implementación de proyectos para la solución de problemáticas.

Valores

- Ejercer con alto sentido de responsabilidad, honestidad y ética, al aplicar los conocimientos adquiridos, para beneficio del desarrollo social y productivo.
- Ética para el manejo de recursos de proyectos de investigación.
- Tomar en cuenta la preservación de los recursos naturales y el respeto al medio ambiente.

7.PERFIL DEL NÚCLEO ACADÉMICO

Los docentes deberán presentar grado de doctorado o mínimo de maestría y deberán tener trayectoria, experiencia y formación en áreas de ingeniería química, bioquímica, alimentos, ambiental o áreas afines. De la misma manera, deberán participar activamente en trabajos de investigación en líneas de generación y aplicación de conocimiento relacionadas con tales áreas. El núcleo académico básico consta de 17 profesores de los cuales:

- a) **Formación académica:** El 100% de ellos cuenta con doctorado, de los cuales el 88% pertenece al sistema nacional de investigadores y el 100% cuenta con perfil deseable PRODEP.
- b) **Experiencia:** Todos los profesores cuentan con experiencia en docencia, investigación y generación de conocimientos, teniendo 5 años como mínimo de práctica. El trabajo, experiencia y desarrollos en sus respectivas áreas se hace constatar con la impartición de cursos de nivel licenciatura y posgrado, el desarrollo de trabajos recepcionales, publicación de artículos y capítulos de libros, así como en su participación en foros y congresos.
- c) **Tutorías:** La asignación de tutores se realizará en el primer semestre, quien será la guía del estudiante desde el comienzo de su formación. Son candidatos a tutores únicamente los profesores del núcleo académico básico. El número de estudiantes por tutor puede variar siendo obligatorio al menos un tutorado y estableciéndose un máximo de 5 tutorados por académico.

Adicionalmente, la maestría cuenta con un amplio listado de investigadores que participan como colaboradores y que fortalecerán las LGAC. Se cuenta con aproximadamente 20 colaboradores que poseen el grado de doctorado en áreas afines a la maestría.

8. ESTRUCTURA CURRICULAR

La estructura curricular fue establecida para la formación de profesionales capaces de generar y aplicar el conocimiento para la solución de problemas en los diferentes campos de la ingeniería química, considerando las necesidades de la industria y el entorno social. El mapa curricular maneja una estructura secuencial debido al contenido de las experiencias educativas. Cabe mencionar que la atención a cada alumno es personalizada desde el momento de su ingreso, para ello se le asignarán tres académicos que lo acompañen en el desarrollo de trabajo recepcional. Las funciones de cada uno se describen a continuación:

- **Director de Tesis:** es la guía del alumno, quien apoya en la realización del trabajo recepcional, desde la propuesta hasta la disertación oral del trabajo escrito. La asignación del director de tesis será en el primer semestre.
- **Asesor:** es aquel que brinda orientación adicional al alumno en la realización del trabajo recepcional. La asignación del asesor de tesis será en el primer semestre, en caso de ser necesario para el desarrollo del proyecto.
- **Tutor Académico:** brinda acompañamiento y orientación académica al alumno desde su ingreso al posgrado, también puede ejercer funciones de director o asesor de tesis.

Dado que la maestría es de investigación se busca satisfacer la demanda de los profesionales que requieren conocimientos que puedan aplicar directamente a problemas reales en su labor actual y futura, es claro que hay concordancia entre ambos factores, por lo cual cada asignatura está diseñada como curso-taller.

El mapa curricular de la maestría en ingeniería química contempla cinco materias formativas (matemáticas aplicadas, fenómenos de transporte avanzados, termodinámica avanzada, ingeniería de reactores e ingeniería de procesos) que le proveerán al estudiante la base teórica-conceptual de los principios de la ingeniería química para la solución de problemas actuales. Para dichos cursos se asignarán 45 créditos distribuidos en 300 horas teóricas y 75 horas prácticas. Cabe mencionar que las horas prácticas son destinadas para la solución de problemas mediante el apoyo de programas de cómputo especializados como Aspen Plus, Comsol Multiphysics, UniSim y Matlab. Después de los cursos formativos el estudiante debe cubrir 3 materias optativas que tienen la finalidad de proveer los conocimientos especializados para el adecuado desarrollo de su trabajo de investigación. De acuerdo con la temática de su trabajo a desarrollar, el estudiante seleccionará los cursos optativos que más contribuya a su formación académica. El programa de ingeniería química considera 10 optativas, y así mismo el estudiante podrá realizar sus cursos en las diferentes dependencias de las 5 regiones de la Universidad Veracruzana, o en instituciones externas a la UV, previa autorización del Consejo Técnico del posgrado. Además, con el propósito de fortalecer las habilidades de presentación y comunicación de resultados, el programa de maestría de ingeniería química considera 3 seminarios de investigación, donde el estudiante adquirirá los saberes del quehacer científico. Para esto, en cada curso se impartirá en 30 horas

teóricas y 45 horas prácticas (10 créditos). Además, consecutivamente los tres seminarios cubrirán la función del seguimiento de los avances del trabajo de tesis, que consisten en la evaluación de la propuesta de investigación, avances y conclusión del proyecto de investigación, respectivamente.

8.1. Mapa curricular de la Maestría en Ingeniería Química

Nombre del curso	Créditos	Horas			
		Horas teoría con profesor	Horas teoría sin profesor	Horas práctica con profesor	Horas práctica sin profesor
Área Disciplinar					
Matemáticas Aplicadas	9	45	15	15	0
Fenómenos de Transporte Avanzados	9	45	15	15	0
Termodinámica Avanzada	9	45	15	15	0
Ingeniería de Reactores	9	45	15	15	0
Análisis de Procesos	9	45	15	15	0
Área Investigación					
Seminario de Investigación I. Protocolo de investigación	10	30	15	15	45
Seminario de Investigación II. Metodología de investigación	10	30	15	15	45
Seminario de Investigación III. Comunicación de resultados	10	30	15	15	45
Área Terminal					
Optativa I	9	45	15	15	0
Optativa II	9	45	15	15	0
Actividades Académicas					
Actividades complementarias	10				150
TOTAL					
TOTAL EN CREDITOS	103	TOTAL EN HORAS TEÓRICAS		TOTAL EN HORAS PRÁCTICAS	
		555		435	

Distribución de las experiencias educativas por semestre

Semestre	1	2	3	4
Metodológico	Matemáticas Aplicadas (9 créditos) Fenómenos de transporte Avanzados (9 créditos) Termodinámica Avanzada (9 créditos)	Análisis de procesos (9 créditos) Ingeniería de Reactores (9 créditos) Seminario de Investigación I. Protocolo de Investigación (10 créditos) Optativa I (9 créditos)	Seminario de Investigación II. Metodología de investigación (10 créditos) Optativa II (9 créditos)	Seminario de Investigación III. Comunicación de resultados (10 créditos)

Tabla 2.1 Primer Semestre

Nombre de la Experiencia Educativa	Créditos	Horas	
		Teoría	Práctica
Matemáticas Aplicada	9	60	15
Fenómenos de Transporte Avanzados	9	60	15
Termodinámica Avanzada	9	60	15

Tabla 2.2 Segundo Semestre

Nombre de la Experiencia Educativa	Créditos	Horas	
		Teoría	Práctica
Ingeniería de reactores	9	60	15
Análisis de procesos	9	60	15
Seminario de Investigación I. Protocolo de investigación	10	45	60
Optativa I	9	60	15

Tabla 2.3 Tercer Semestre

Nombre de la Experiencia Educativa	Créditos	Horas	
		Teoría	Práctica
Seminario de Investigación II. Metodología de investigación	10	45	60
Optativa II	9	60	15

Tabla 2.4 Cuarto Semestre

Nombre de la Experiencia Educativa	Créditos	Horas	
		Teoría	Práctica
Seminario de Investigación III. Comunicación de resultados	10	45	60

Optativas

Acorde a la experiencia de los académicos que integran el NAB se proponen un conjunto de asignaturas optativas. Sin embargo, de acuerdo con el tema de tesis a desarrollar, el estudiante podrá cursar optativas en diferentes dependencias de la Universidad Veracruzana o en instituciones externas ajenas a la UV. Las optativas que se podrán ofertar son las siguientes:

Ingeniería Química	Ingeniería Ambiental	Ingeniería en Alimentos
Análisis de series de tiempo e imágenes	Bioprocesos	Microbiología industrial
Fenómenos de transporte en sistemas multifásicos	Ecología industrial	Estabilidad fisicoquímica de los alimentos
Modelado y simulación de procesos	Diseño experimental	Tópicos selectos de Ingeniería en Alimentos

Actividades complementarias

Los estudiantes deberán llevar a cabo actividades complementarias relacionadas con el perfil de investigación del posgrado. En total, estas actividades les darán 10 créditos. En la tabla se muestran las actividades (con sus respectivos créditos) que se podrán llevar a cabo y los estudiantes realizarán las actividades que consideren necesarias y pertinentes para cumplir con el número de créditos totales.

Actividad	Créditos
Artículo científico indizado publicado o aceptado para publicación	10
Artículo científico arbitrado publicado o aceptado para publicación	7
Artículo de divulgación publicado o aceptado para publicación	7
Trabajo presentado en evento académico con memoria en extenso	5
Trabajo presentado en evento académico con memoria resumida	3
Estancia de investigación	7
Actividades de divulgación de la ciencia	5

8.2. Líneas de generación y aplicación del conocimiento

Para el desarrollo de los proyectos de investigación, los académicos que participan como integrantes y colaboradores del núcleo académico básico del programa de maestría en ingeniería química cultivan dos LGAC que sustentan y diversifican el programa de estudio,

- I. **Ingeniería de los procesos químicos y biológicos.** Esta LGAC está enfocada al planteamiento, desarrollo, mejora y optimización de los procesos donde intervienen interacciones entre los fenómenos de transporte y las reacciones químicas o bioquímicas. El desarrollo de esta LGAC considera metodologías, teóricas y prácticas, para análisis de los procesos químicos y biológicos que surgen en problemas actuales en el campo de la ingeniería química. En particular, el análisis teórico comprende el modelado, simulación, control y optimización de los procesos, donde se hará uso de herramientas computacionales y técnicas de análisis de información novedosas. Mientras que, en el análisis experimental comprende el desarrollo, implementación, instrumentación y monitoreo de los procesos, considerando tecnologías actuales y novedosas.

- II. **Innovación tecnológica y desarrollo sustentable de procesos.** Esta LGAC está enfocada al desarrollo de nuevas tecnologías y la mejora de las ya existentes, buscando que sean amigables con el ambiente. La aplicación comprende una amplia gama de procesos que surgen en ingeniería química, que incluyen desde procesos de generación de energías alternativas limpias y renovables, hasta el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Las LGAC que cultiva cada académico se describe como sigue:

LGAC	Profesores del NAB
I. Ingeniería de los procesos químicos biológicos	Dra. Myrna Hernández Matus
	Dra. Laura Acosta Domínguez
	Dra. Rocío de los Ángeles García Hernández
	Dr. Eliseo Hernández Martínez
	Dr. Epifanio Morales Zárate
	Dr. Jorge Virues Delgadillo
	Dr. Miguel Ángel Morales Cabrera
	Dr. Victor Manuel Rivera Arredondo
II. Innovación tecnológica y desarrollo sustentable de procesos	Dra. Zaira Domínguez Esquivel
	Dra. Alma Vázquez Luna
	Dra. Yolanda Cocotle Ronzón
	Dra. Ma. Teresa Leal Ascencio
	Dra. Lorena de Medina Salas
	Dr. Mario Rafael Giraldi Díaz
	Dr. Eduardo Castillo González
	Dr. Rafael Díaz Sobac
Dr. Julio Alberto Solís Fuentes	

Los integrantes del NAB, a través de los cuerpos académicos, cultivan las dos LGAC mediante proyectos de investigación donde participan activamente estudiantes de licenciatura. Derivado del trabajo conjunto se han generado productos académicos como publicación de artículos científicos, trabajos de experiencia recepcional, ponencias en foros nacionales e internacionales, entre otros productos. El desarrollo de tales LGAC en el programa de maestría en ingeniería impactará positivamente en las facultades de ciencias químicas de la Universidad Veracruzana, ya que fortalecerá los siguientes aspectos:

- Los estudiantes egresados de licenciatura con deseos de continuar su formación académica con estudios de posgrado en el área de la ingeniería química encontrarán una alternativa en la Universidad Veracruzana.
- Al contar con estudiantes de posgrado, se fortalecerá la gestión y ejecución de proyectos de investigación. Esto se traduce en el mejoramiento de la infraestructura de la Universidad Veracruzana, así como en la disposición de recursos para la realización de trabajos recepcionales.
- Se promoverá la colaboración académica mediante el desarrollo conjunto de trabajos recepcionales entre académicos de diferentes regiones, por lo que se fortalecerá la movilidad académica de estudiantes y profesores.

Las áreas que se trabajarán por cada LGAC son las siguientes:

- **Catálisis y materiales (LGAC I y II)**

Una de las áreas tradicionales y que se han mantenido a lo largo de la historia de la ingeniería química, por su importancia, es la relacionada con la síntesis, caracterización y evaluación de catalizadores y materiales tanto químicos como biológicos. Los catalizadores y materiales son relevantes en el desarrollo eficiente y eficaz de los procesos de la industria química y afines, por lo que especialistas en esta área se mantienen en su desarrollo, innovación, modificación e investigación continua tanto para nuevos como para los ya existentes, en una búsqueda constante de aumentar su eficiencia integral física, química y/o biológica en dichos procesos.

- **Energías alternativas (LGAC II)**

Las energías renovables son fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal y ante el agotamiento de los combustibles fósiles es imperativo potencializar el uso de dichas energías. Particularmente en esta área se trabaja sobre la obtención de biocombustibles como el metano y el hidrógeno a partir de residuos sólidos a través del proceso de digestión anaerobia.

- **Fisicoquímica de procesos (LGAC II)**

La fisicoquímica es, desde un punto de vista general, un área de la química relacionada con el estudio de la materia y la forma en que ocurren las reacciones químicas a partir de leyes y conceptos de la física. Por lo anterior, la fisicoquímica es un área clave para la ingeniería química, ya que emplea

herramientas tanto teóricas como experimentales de la termodinámica, la cinética química, la electroquímica, la química analítica, entre otras áreas del conocimiento, en la descripción y el entendimiento de los procesos y de los cambios en las propiedades de los materiales que se emplean en dichos procesos, los cuales se consideran como objeto de estudio y análisis de la ingeniería química. Lo anterior es de gran ayuda en el desarrollo, innovación, modificación e investigación de materiales naturales y sintéticos, así como también de procesos físicos, químicos y/o biológicos con posible aplicación tanto en la ciencia básica como en la industria química.

- **Instrumentación, monitoreo y control de procesos (LGAC I)**

Para la correcta operación de los procesos, químicos y biológicos, es imprescindible contar dispositivos de monitoreo para el seguimiento dinámico de las variables operativas clave, así mismo se requiere de esquemas robustos de control que regulen el proceso a las condiciones deseadas. El surgimiento de nuevos procesos y la necesidad de mejora de los procesos actuales, hace necesario desarrollo de sistemas de medición que permitan el seguimiento del proceso en línea y su aplicación en esquemas robustos de control. Las investigaciones en esta área consideran el uso de modelado matemático para la descripción de los procesos, aplicación de técnicas de análisis modernas para el seguimiento indirecto de las variables clave del proceso, así como el diseño y aplicación del control robusto en procesos de interés práctico industrial.

- **Fenómenos de Transporte (LGAC I)**

Los fenómenos de transporte implican el estudio de cambios de la velocidad, la temperatura y la composición, tanto en sistemas homogéneos o heterogéneos. En la ingeniería química y otras áreas afines, los procesos de transporte se analizan con la finalidad de describir, predecir y manipular dichas variaciones. Las investigaciones en esta área incluyen pruebas experimentales y/o el modelado matemático y simulación de los procesos de transporte, en sistemas con o sin la participación de reacciones. Las aplicaciones potenciales están enfocadas a diversos procesos físicos, químicos y biológicos.

- **Procesos químicos y biológicos con aplicaciones medioambientales (LGAC I y II)**

El estudio de los procesos biológicos y químicos en el medio ambiente involucra tratamientos de agua, suelo (remediación), agua, acuíferos, residuos sólidos y peligrosos. En aplicaciones ambientales, la ingeniería química y áreas afines investigan métodos novedosos de tratamiento y remediación, tanto como aplicaciones novedosas de métodos antiguos. Esto con el fin de reducir el impacto de los desechos, la mejora de procesos, el ahorro de materia prima, la reducción de la toxicidad de los residuos, la descontaminación de matrices ambientales, etc. Estas innovaciones llevan principalmente, a aplicaciones en remediación de problemáticas en aire, agua y suelo; rehabilitación de acuíferos, neutralización de residuos peligrosos, entre muchas otras.

- **Sistemas y bioprocesos (LGAC I y II)**

Los avances históricos y recientes en la implementación y desarrollo de nuevas alternativas de sistemas biológicos, así como el mejoramiento de los ya existentes aplicados a procesos industriales han permitido considerables avances en el desarrollo de nuevos productos alimentarios, biomédicos, coadyuvantes metabólicos, entre otros; además de favorecen a un aprovechamiento integral de los recursos agroindustriales. Todo lo anterior en una continua búsqueda de generar y mejorar procesos biológicos industriales con la finalidad de alcanzar la calidad total.

Dichas líneas corresponden a los temas y áreas de conocimiento del programa educativo de la maestría en ingeniería química. Además, se cuenta con profesores fuera del núcleo básico, con amplia experiencia profesional en el área de la ingeniería de los procesos químicos y biológicos, así como en la innovación tecnológica y desarrollo sustentable, que contribuirán con el desarrollo de las LGAC.

8.3. Alternativas de movilidad académica

El programa de maestría en ingeniería química contempla la movilidad estudiantil de acuerdo con el reglamento de estudios de posgrado donde se establece que la movilidad es una alternativa que tienen los alumnos para realizar cursar y obtener créditos en otras entidades académicas de la misma institución o en otras instituciones de educación superior. Lo anterior manteniendo el carácter de alumnos de la Universidad Veracruzana, siempre y cuando se encuentren inscritos en el programa educativo de origen. En particular, para la maestría en ingeniería química la movilidad se podrá aplicar en los siguientes casos:

- **Cursos optativos:** para complementar la formación académica y fortalecer conocimientos específicos del proyecto de investigación a desarrollar. Para acceder a la opción de movilidad para cubrir los cursos optativos se deberá justificar académicamente la necesidad de la movilidad y el estudiante deberá haber cubierto todos los cursos del área disciplinar, es decir, a partir del tercer semestre del posgrado. Para el financiamiento de la movilidad se consideran las convocatorias propias de la Universidad Veracruzana y el apoyo de los asesores con proyectos financiados.
- **Trabajo de tesis:** para fortalecer la calidad de los trabajos de investigación, el programa de maestría en ingeniería química contempla la realización de trabajos recepcionales en colaboración con académicos de las diferentes regiones de la Universidad Veracruzana (Coatzacoalcos, Orizaba, Poza Rica, Xalapa y Veracruz), así mismo con académicos de otras instituciones nacionales o internacionales. En tales casos el estudiante deberá acceder a la opción de movilidad, nacional o internacional, para fortalecer y/o aprender herramientas específicas que permitan el desarrollo del trabajo de investigación. Para el financiamiento de las estancias de investigación se contempla el programa de movilidad de la Universidad Veracruzana, así como programas

externos como el programa de becas mixtas de CONAHCyT. Además, la Universidad Veracruzana mantiene un convenio vigente con el sistema de becas del programa Santander Universidades el cual fomenta la movilidad nacional e internacional de estudiantes y académicos. Por otro lado, se cuenta con un programa de becas para la educación superior que en concordancia con los objetivos del programa de movilidad del consorcio de universidades mexicanas (CUMex) al cual pertenece la UV.

Finalmente, en el marco del programa institucional de superación académica, el núcleo básico de profesores tiene la opción de superación académica, como parte de la actualización constante y es apoyado de igual manera por los programas de becas antes mencionados.

8.4. Tutorías

En los cinco años que lleva funcionando la Maestría en Ingeniería Química, la relación entre el estudiante y su tutor ha demostrado ser una herramienta fundamental para lograr que en las dos primeras generaciones se tengan eficiencias terminales de 100 y 80% y para mantener a la tercera generación bajo las condiciones de la pandemia por COVID-19. A través de la tutoría se da un seguimiento puntal al desempeño académico de los alumnos tratando de detectar problemáticas subyacentes que pudieran afectar dicho desempeño pero además se puede fortalecer la formación integral, no sólo desde el punto de vista académico sino también humano, siendo también estableciendo una relación de empatía entre tutor y tutorado, que logre orientar a los alumnos sobre la mejor forma de llevar sus estudios y de esta manera alcanzar la titulación y por lo tanto la eficiencia terminal.

Al ingresar a la maestría a los estudiantes se les asigna un tutor que los guiará durante todo el tiempo que permanezcan en el posgrado. El tutor les orientará sobre cómo llevar de la mejor manera su trayectoria escolar y los alumnos estarán obligados a asistir a todas las sesiones de tutoría que su tutor les indique. Por otro lado, al final del primer semestre, los estudiantes elegirán un tema de tesis que será dirigido por alguno de los integrantes del NAB y por lo tanto, será su director. En caso de que se considere pertinente por parte del director y en función de las necesidades del proyecto, se puede asignar un asesor, que básicamente orientará al estudiante sobre el desarrollo de la tesis.

9. DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS

La Maestría en Ingeniería Química tiene una duración de dos años, dividido en cuatro semestres. Para evitar del retraso de los alumnos en su proceso de titulación, durante los cuatro semestres se programarán diversas asesorías con el tutor, director y asesor de tesis para el seguimiento y evaluación del rendimiento académico del alumno.

10. DESCRIPCIÓN DEL RECONOCIMIENTO ACADÉMICO Y DOCUMENTACIÓN

Al concluir sus estudios, el estudiante recibe por parte de la Universidad Veracruzana el **Título de Maestro en Ingeniería Química/ Maestra en Ingeniería Química**. Para titularse los estudiantes requieren haber cubierto la totalidad de créditos del plan de estudios, cubrir los pagos arancelarios correspondientes, realizar un trabajo recepcional, así como una defensa oral del mismo ante un jurado pertinente.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Bourges R.H. (2001). La alimentación y la nutrición en México. *Comercio Exterior*. **51**(10). Disponible en <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/31/6/RCE.pdf>. Accesado en mayo de 2023
- DataMéxico. (2023). Industria Química. Disponible en <https://datamexico.org/es/profile/industry/chemical-manufacturing>. Accesado en enero de 2023
- DOF. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0. Accesado en mayor de 2023.
- FAO(a) (2003). Perfiles nutricionales por países: México. Disponible en <https://www.fao.org/3/bc690s/bc690s.pdf>. Accesado en junio de 2023.
- FAO(b) (2023). La transformación de los sistemas agroalimentarios y los ODS. Disponible en <https://www.fao.org/3/cc2063es/online/fao-sustainable-development-goals-2022/chapter-1.html>. Accesado en enero de 2023.
- INEGI. (2004). Sistema de cuentas nacionales. Cuentas de bienes y servicios. Disponible en http://centro.paot.org.mx/documentos/inegi/scnm_cuentas_bieyservicios_99-04t1yt2.pdf. Accesado en mayo de 2023.
- Montes de Oca, L.R.E. y Escudero, G. (1981). Las empresas transnacionales en la industria alimentaria mexicana. *Comercio Exterior*. **31**(9). Disponible en <https://studylib.es/doc/4543503/las-empresas-transnacionales-en-la-industria-alimentaria>. Accesado en junio de 2023.
- ONU.(2022). Noticias ONU. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516697>. Accesado en enero de 2022.
- PEMEX. (2023). informe mensual sobre producción y comercio de hidrocarburos. Disponible en <https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf>. Accesado en junio de 2023.
- PROGOB. (2019). Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024. Disponible en [http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd_2019_2024/Gac2019-224_Miercoles_05_TOMO_II_Ext_\(PLAN_VERACRUZANO_2019_2024\).pdf](http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd_2019_2024/Gac2019-224_Miercoles_05_TOMO_II_Ext_(PLAN_VERACRUZANO_2019_2024).pdf). Accesado en mayo de 2023
- SADER. (2023). Expectativas agroalimentarias 2023. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/819645/Expectativas-2023.pdf>. Accesado en mayo de 2023
- SE. (2012). Industria alimentaria. Disponible en <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/informacion-sectorial/industria-industria-alimentaria>. Accesado en mayo de 2023
- SE. (2021). Agenda 2030 en México. Informe nacional voluntario 2021. Disponible en https://agenda2030.mx/docs/doctos/InfNaVol_FPAN_DS_2021_es.pdf. Accesado en mayo de 2023.

- SEFIPLAN. (2005). Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010. Disponible en <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/transparencia-abrogada/obligaciones-transparencia/fraccion-iv/planes-de-desarrollo/plan-veracruzano-de-desarrollo-2005-2010/>. Accesado en junio de 2023.
- SEMARNAT(a). (2023). Informe del Medio Ambiente. Disponible en [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap5.html#:~:text=Se%20estima%20adem%C3%A1s%20que%20la,1971%20\(Conagua%2C%202017\)](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap5.html#:~:text=Se%20estima%20adem%C3%A1s%20que%20la,1971%20(Conagua%2C%202017).). Accesado en enero de 2023
- SEMARNAT(b). (2023). Sexta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Disponible en <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/introduccion.php>. Accesado en enero de 2023
- SEMARNAT(c). (2018). Impactos en la salud y económicos por contaminación atmosférica en la Región Centro de México. Disponible en https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/recuadros/recuadro1_7.html. Accesado en enero de 2023
- SENER. (2022). Balance Nacional de Energía 2021. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/805509/BNE-2021.pdf>. Accesado en mayo de 2023.
- UNDP. (2022). Sustainable Development Goals. Disponible en https://www.undp.org/sustainable-development-goals/no-poverty?qclid=CjwKCAjw9J2iBhBPEiwAErwpeZ66pLveejj9uFFBnzJ9_FNDxr4_DDbKfiAx4Q4wUaDjE9ILiSPcbWxoCAS8QAvD_BwE. Accesado en enero de 2023.
- UV. (2019). Veracruz ante el cambio climático: acciones mínimas 2019-2024. Disponible en https://www.uv.mx/peccuv/files/2019/07/Veracruz-ante-el-CC_Propuestas-minimas-2019-2024.pdf. Accesado en mayo de 2023.
- WMO. (2023). WMO Provisional State of the Global Climate 2022. Disponible en https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22156#.ZEWkpnbMK0Q. Accesado en marzo de 2023.

ANEXOS
A. PROGRAMAS DE ESTUDIO

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
MATEMÁTICAS APLICADAS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Matemáticas Aplicadas se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos). Este curso pretende que el estudiante aprenda las matemáticas necesarias para el estudio de cursos a nivel posgrado de fenómenos de transporte. Las matemáticas y en especial las ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, tienen numerosas aplicaciones y son derivadas de los planteamientos de problemas de varios campos de la ciencia, tales como las teorías de transferencia de calor y masa, hidrodinámica, aerodinámica, elasticidad, acústica, electrostática, teoría de onda, teoría de control y de las ciencias de la ingeniería química en general.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno desarrollará las habilidades necesarias para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, lo cual le ayudará significativamente al análisis y comprensión del planteamiento, solución, análisis y discusión de problemas de transferencia de cantidad de movimiento, energía y masa (fenómenos de transporte).

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Expansión de series y funciones especiales
Objetivos particulares
Presentar y discutir diferentes métodos de evaluación de las expansiones de series y funciones especiales de mayor aplicación en la solución de problemas clásicos en ingeniería química. Desarrollar analíticamente diferentes series y funciones, y analizar las soluciones mediante esquemas numéricos. Finalmente, discutir su aplicación en diferentes casos de estudio típicos en el campo de la ingeniería química.
Temas
1.1 Características generales de las series infinitas 1.2 Serie de Taylor 1.3 Series de Fourier 1.4 Polinomios de Legendre

1.5 Funciones de Bessel 1.6 Función error
--

UNIDAD 2
Ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO's)
Objetivos particulares
Aplicar y analizar diferentes métodos de solución en el estudio de las ecuaciones diferenciales ordinarias con aplicaciones de modelado de procesos en el campo de la ingeniería química, considerando sistemas espaciales y temporales sujetos a diferentes tipos de condiciones inicial y de frontera.
Temas
2.1 Clasificación de EDO's 2.2 EDO's de primer orden 2.3 EDO's de segundo orden 2.4 EDO's de orden superior

UNIDAD 3
Ecuaciones diferenciales parciales EDP's
Objetivos particulares
Aplicar y analizar diferentes métodos de solución en el estudio de las ecuaciones diferenciales parciales con aplicaciones de modelado de procesos en el campo de la ingeniería química, considerando sistemas espaciales y temporales en 1D y 2D, sujetos a diferentes tipos de condiciones inicial y de frontera.
Temas
3.1 Método de separación de variables 3.2 Funciones ortogonales y condiciones de Sturm-Liouville 3.3 EDP's no homogéneas 3.4 Transformada de Laplace

UNIDAD 4
Métodos de aproximación numérica
Objetivos particulares
Revisar e implementar métodos de aproximación numérica para la resolución de EDO's y EDP's, abordando problemas de valor inicial y de valores a la frontera en estado estacionarios, dinámicos, sujetos a diferentes condiciones inicial y de frontera.
Temas
4.1 Métodos de Runge – Kutta 4.2 Diferencias Finitas 4.3 Colocación Ortogonal 4.4 Formulaciones integrales

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Lectura y discusión de artículos científicos internacionales

- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado, Matlab y CFD
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
 Internet
 Material audiovisual
 Artículos científicos (en físico o en electrónico)
 Programas de cómputo
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Conexión a internet
 Proyector
 Software Especializado (COMSOL, MATLAB)

BIBLIOGRAFÍA

- Do, D. D., Maneval, J. E., & Rice, R. G. (2023). *Applied mathematics and modeling for chemical engineers*. John Wiley & Sons.
- Kreizig, E. (2020). *Advanced engineering mathematics*, 10th Ed., Wiley.
- O'Neil, P. P. (2015). *Matemáticas avanzadas para ingeniería*, 7^a Ed., CENGAGE Learning.
- Polyanin, A. D. (2016). *Handbook of linear partial differential equations for engineers and scientists*, 2nd Ed., Chapan and Hall/CRC.
- Rice, G. R., Do, D. D. (2023). *Applied mathematics and modelling for chemical engineers*, 3th Ed., John Wiley & Sons.
- Zill, D. G, Wright, W. S. (2022). *Advance engineering mathematics*, 7th Ed., Jones and Barlett Learning.

Otros Materiales de Consulta:

- Haghghi, A. M, Lian, J. A., Mishev, D. P. (2013). *Advance mathematics for engineers with applications in stochastic processes*, Nova Science Publishers.
- Ochoa-Tapia, J. A. (2013). *Métodos matemáticos aplicados a la ingeniería química*, Editorial UAM.
- Stakgold, I. (2011). *Green functions and boundary value problems*, 3th Ed., Wiley.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

Forma de	Concepto	Porcentaje
----------	----------	------------

Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	60 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	20 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
FENÓMENOS DE TRANSPORTE AVANZADOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Fenómenos de Transporte Avanzados se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos). Es crucial en la formación de un Maestro en Ingeniería Química ya que profundiza los conocimientos sobre transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa y le aporta la capacidad para plantear, modelar, simular y analizar dichos fenómenos, los cuales son fundamentales para el diseño, análisis, optimización y control de las operaciones unitarias y de reacción involucradas tanto en los procesos químicos como en los biológicos. Lo anterior requiere de la obtención de soluciones analíticas y numéricas de ecuaciones algebraicas, ecuaciones diferenciales (ordinarias y/o parciales), así como del uso de software especializado. Para la integración de esta experiencia educativa se han tomado en cuenta las problemáticas actuales que requieren de soluciones creativas e integrales.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno comprenderá y analizará los conceptos básicos y avanzados de fenómenos de transporte y los aplicará al diseño, análisis, optimización y control de las operaciones unitarias y de reacción de manera individual o en equipo, con responsabilidad, compromiso y respeto.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Ecuaciones de Conservación
Objetivos particulares
Comprender y desarrollar las ecuaciones básicas (constitutivas y de conservación) de fenómenos de transporte.
Temas
1.1 Mecanismos de transporte 1.2 Ecuaciones constitutivas 1.3 Propiedades de transporte 1.4 Deducción de ecuaciones de continuidad, momentum, calor y especies.

UNIDAD 2

Transporte de Momentum
Objetivos particulares
Comprender y aplicar los conceptos de mecánica de fluidos para lograr una descripción de la hidrodinámica de los procesos.
Temas
2.1 Flujo laminar en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas 2.2 Flujo bidimensional 2.3 Teoría de la Capa Límite 2.4 Flujo turbulento

UNIDAD 3
Transporte de Calor y Masa
Objetivos particulares
Comprender y aplicar los conceptos de convección natural y forzada en el cálculo de coeficientes de transporte.
Temas
3.1 Transporte de Calor en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas 3.2 Transporte de Masa en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas 3.3 Análisis dimensional 3.4 Balances macroscópicos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Lectura y discusión de artículos científicos internacionales • Exposición de temas con apoyo didáctico variado • Representadores gráficos • Organización de grupos de trabajo • Tareas para estudio independiente y en equipo • Solución de problemas prácticos • Manejo de software especializado como Comsol Multiphysics • Clasificaciones • Procedimientos • Mapas conceptuales • Aprendizaje basado en problemas • Resúmenes • Plenaria

EQUIPO NECESARIO
Libros (en físico y en electrónico) Internet Material audiovisual Artículos científicos (en físico o en electrónico) Programas de cómputo Pizarrón Marcadores Equipo de cómputo

Conexión a internet
 Proyector
 Software Especializado (COMSOL, POLYMATH, MATLAB)

BIBLIOGRAFÍA

- Bird, R. B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. N. (2010). *Transport Phenomena*, 2nd Ed., Limusa Wiley.
- Slattery, J. (2007). *Interfacial transport phenomena*, Cambridge University Press.
- Slattery, J. (1999). *Advanced transport phenomena*, Cambridge University Press.
- Welty, J. R., Rorrer, G. L., Foster, D. G. (2015). *Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer*, 6^{ta} Ed., Wiley.

Otros Materiales de Consulta:

- Bergman, T., Lavine, A., Incropera, F., Dewitt, D. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*, John Wiley & Sons.
- Fahien, R. W. (1983). *Fundamentals of transport phenomena*, McGraw-Hill.
- Whitaker, S. (1981). *Introduction to fluid mechanics*, Krieger Publishing Co.
- Whitaker, S. (1983). *Fundamental principles of heat transfer*, Krieger Publishing Co.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	60 %
	TAREAS Y PARTICIPACIÓN	20 %
	PROYECTO FINAL	20 %
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
TERMODINÁMICA AVANZADA

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Termodinámica Avanzada se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos). En ella se estudian el equilibrio termodinámico y de reacciones químicas desde varios modelos matemáticos. A través de este curso y mediante el desarrollo de los temas, el estudiante adquirirá herramientas que le servirán para el entendimiento y análisis e las variables fisicoquímicas de los procesos de la ingeniería química.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno adquirirá las herramientas, conceptuales y matemáticas, de la termodinámica para el análisis y resolución de problemas fisicoquímicos de los procesos en ingeniería química, con responsabilidad, compromiso y respeto.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Energía y primera ley de la termodinámica
Objetivos particulares
Comprender los conceptos básicos y aplicación de la primera ley de la termodinámica.
Temas
1.5 Energía. 1.6 Primera ley de la termodinámica. 1.7 Balance de energía para sistemas cerrados. 1.8 Estado termodinámico y funciones de estado. 1.9 Equilibrio. 1.10 Entalpía.

UNIDAD 2
Propiedades volumétricas de los fluidos puros
Objetivos particulares
Comprender los conceptos básicos y calcular las propiedades termodinámicas, como la energía interna y la entalpía.

Temas
2.5 Comportamiento PVT de sustancias puras. 2.6 Ecuaciones de estado virales. 2.7 El gas ideal. 2.8 Ecuaciones cúbicas de estado. 2.9 Correlaciones generalizadas.

UNIDAD 3
Reversibilidad y segunda ley de la termodinámica
Objetivos particulares
Comprender los conceptos básicos y aplicación de la segunda ley de la termodinámica.
Temas
3.5 El proceso reversible. 3.6 Efectos térmicos. 3.7 Planteamiento de la segunda ley de la termodinámica. 3.8 Máquinas térmicas. 3.9 Entropía. 3.10 Balances de entropía para sistemas abiertos.

UNIDAD 4
Aplicaciones de la termodinámica
Objetivos particulares
Aplicar los conceptos termodinámicos en los procesos de flujo.
Temas
4.1 Propiedades termodinámicas de los fluidos. 4.2 Diagramas termodinámicos. 4.3 Aplicaciones de la termodinámica a los procesos de flujo. 4.4 Generación de potencia a partir de calor.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Lectura y discusión de artículos científicos internacionales • Exposición de temas con apoyo didáctico variado • Representadores gráficos • Organización de grupos de trabajo • Tareas para estudio independiente y en equipo • Solución de problemas prácticos • Clasificaciones • Procedimientos • Mapas conceptuales • Aprendizaje basado en problemas • Resúmenes • Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Internet
Material audiovisual
Artículos científicos (en físico o en electrónico)
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Proyector

BIBLIOGRAFÍA

- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M. and Swihart, M. T. (2021). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*, 9th ed., McGraw-Hill.
- Tester J. W. y Modell, M. (1997). *Thermodynamics and its applications*, 3rd ed., Prentice Hall PTR.
- Levenspiel, O. (1997). *Fundamentos de termodinámica*, Pearson Prentice Hall.

Otros Materiales de Consulta:

- Walas, S. M. (2013). *Phase equilibria in chemical engineering*, Butterworth-Heinemann.
- Bejan, A. (2016). *Advanced Engineering Thermodynamics*, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	50 %
	TAREAS Y PARTICIPACIÓN	20 %
	PROYECTO FINAL	30 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
INGENIERÍA DE REACTORES

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Ingeniería de Reactores se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos). Esta experiencia educativa aporta al perfil del Maestro en Ingeniería Química la capacidad para modelar, simular y diseñar reactores en los diferentes procesos de producción, haciendo un uso eficiente y sustentable de la materia y la energía. Para integrarla se ha hecho un análisis de las diferentes áreas requeridas para llevar a cabo una reacción química, identificando los temas que tienen una mayor aplicación en el quehacer en el área de ingeniería químico y de procesos. Permite la aplicación de los balances de materia y energía, cinética química, equilibrio químico, ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, métodos numéricos y el uso de software especializado de manera integral. Las competencias adquiridas en esta asignatura se aplican en dinámica, control, síntesis, optimización, modelado y simulación de procesos. Lo anterior fundamenta la comprensión de lo que se considera la parte principal de la mayoría de los procesos químicos: los reactores. Se profundiza en conceptos más avanzados de la ingeniería de reactores y su aplicación a problemas reales y no tan idealizados. Esto se efectúa a través de lectura, síntesis e interpretación, solución de problemas y trabajo colaborativo.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno analizará los conceptos básicos y avanzados de la ingeniería de los reactores contemplados en la Ingeniería Química, aplicando los conocimientos adquiridos al análisis, diseño y escalamiento de reactores utilizados en procesos químicos, biológicos y catalíticos, de manera individual o en equipo, con responsabilidad, compromiso y respeto.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
UNIDAD 1
Conceptos básicos para el diseño reactores
Objetivos particulares
Comprender y aplicar conceptos y herramientas para la selección de reactores para procesos homogéneos o heterogéneos, químicos y biológicos.
Temas
1.1 Balances molares

1.2 Leyes de velocidad y estequiometría 1.3 Termoquímica 1.4 Diseño de reactores ideales 1.5 Cinética química y catálisis
--

UNIDAD 2
Reacciones múltiples y nuevas configuraciones de reactores
Objetivos particulares
Abordar con mayor profundidad en conceptos de la ingeniería de reactores, con sistemas reaccionantes complejos y nuevas configuraciones de reactores, para su aplicación a problemas reales y no tan idealizados.
Temas
2.1 Reacciones múltiples en PFR/PBR 2.2 Reacciones múltiples en CSTR 2.3 Nuevas configuraciones de reactores (Reactores de membrana, microrreactores, etc.)

UNIDAD 3
Ingeniería de las Reacciones Catalizadas
Objetivos particulares
Comprender y aplicar las herramientas de la cinética de reacciones químicas y biológicas en procesos de reacción heterogénea.
Temas
3.1 Rutas de reacción 3.2 Catálisis heterogénea 3.3 Catálisis enzimática 3.4 Actividad e inhibición en reactores catalíticos y biológicos

UNIDAD 4
Diseño de Reactores No Isotérmicos en Estado Transitorio
Objetivos particulares
Comprender y aplicar herramientas de ingeniería de las reacciones químicas en procesos que incluyan transferencia de energía y a su vez que sean dependientes del tiempo.
Temas
4.1 Reactores Isotérmicos y No Isotérmicos 4.2 Análisis de Reactores de Flujo No Estacionarios 4.3 Estabilidad y Seguridad de Reactores 4.4 Aplicación a Reactores con Reacciones Múltiples

UNIDAD 5
Fenómenos de Transporte en la Ingeniería de Reactores
Objetivos particulares

Comprender y aplicar herramientas de cinética de reacciones químicas y biológicas en procesos heterogéneos con transporte de momentum, calor y masa.

Temas

- 5.1 Procesos difusivos
- 5.2 Resistencias externas e internas
- 5.3 Difusión con reacción catalítico
- 5.4 Aplicación a problemas multifásicos

UNIDAD 6

Reactores No Ideales y Escalamiento

Objetivos particulares

Comprender y aplicar los modelos de la ingeniería de reacciones en casos de estudio que contemplen reactores no ideales y su escalamiento a nivel industrial

Temas

- 6.1 Distribución de Tiempos de Residencia
- 6.2 Modelos de Reactores No Ideales
- 6.3 Potencia por unidad de volumen de líquido
- 6.4 Coeficientes volumétricos de transporte de masa
- 6.5 Tiempo de mezclado
- 6.6 Fluidos no newtonianos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura y discusión de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Representadores gráficos
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado como Comsol Multiphysics y Matlab
- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Internet
Material audiovisual
Artículos científicos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet

Proyector
Software Especializado (COMSOL, POLYMATH, MATLAB)

BIBLIOGRAFÍA

- Belfiore, L. A. (2003). *Transport phenomena for chemical reactor design*, Wiley Interscience.
- Carberry, J. J. (2001). *Chemical and catalytic reaction engineering*, Dover Publications.
- Fogler, H. S. (2016). *Elements of chemical reaction engineering*, 5th Ed., Prentice Hall.
- Froment, G. F., Bischoff, K. B., De Wilde, J. (2011). *Chemical reactor analysis and design*, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Inc.
- Levenspiel, O. (1998). *Chemical reaction engineering*, 3rd Ed., John Wiley & Sons.
- Nielsen, J., Villandsen, J., Lidén, G. (2011). *Bioreaction engineering principles*, 3rd Ed., Springer.

Otros Materiales de Consulta:

- Cooper, A. R. (1973). *Chemical kinetics and reactor design*. Chemical Engineering Texts.
- Izquierdo, J. F. (2004). *Cinética de las reacciones químicas*, Edicions Universitat Barcelona.
- Luyben, W. L. (2007). *Chemical reactor design and control*, AIChE Wiley Interscience.
- Morbidelli, M., Gavriilidis, A., Varma, A. (2001). *Catalyst design: optimal distribution of catalyst in pellets, Reactors and Membranes*, Cambridge University Press.
- Smith, J. M. (1981). *Chemical engineering kinetics*, 3rd Ed., McGraw Hill.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	EXAMENES ESCRITOS	60 %
TAREAS Y PARTICIPACIÓN	20 %	
PROYECTO FINAL	20 %	
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
ANÁLISIS DE PROCESOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Análisis de Procesos se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos), el cual tiene como propósito que el estudiante realice un análisis crítico y detallado de los diferentes procesos que conforman una planta química. Se abordarán los conceptos básicos del diseño de los procesos de separación, intercambio de energía y bioprocesos, para su análisis y como estos se aplican en la integración de una planta industrial.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Analizar detallada y críticamente los procesos de separación, intercambio de energía y bioprocesos para su integración en una planta industrial.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Procesos de separación
Objetivos particulares
Presentar y discutir los diferentes enfoques para el diseño e integración de los procesos de separación en la conformación de una planta industrial. Analizar diferentes casos de estudio típicos en el campo de la ingeniería química.
Temas
1.1 Destilación 1.2 Absorción 1.3 Extracción 1.4 Cristalización 1.5 Evaporación

UNIDAD 2
Procesos de intercambio de energía
Objetivos particulares
Presentar y discutir los diferentes equipos de intercambio de energía, su selección, diseño e integración a la planta industrial. Se analizarán diferentes casos de estudio, incluyendo el diseño de redes de intercambio de energía.

Temas
2.1 Intercambiadores de calor de tubo concéntrico 2.2 Intercambiadores de calor de tubos y coraza 2.3 Intercambiadores de calor de placas 2.4 Regeneradores 2.5 Redes de intercambio de energía

UNIDAD 3
Bioprocesos
Objetivos particulares
Presentar y discutir los bioprocesos con mayor aplicación industrial, abordando el diseño y análisis de biorreactores en medio suspendido e inmovilizado, así como las operaciones unitarias para la purificación y recuperación de los compuestos después de los procesos de transformación biológica.
Temas
3.1 Fundamentos 3.2 Cinética biológica 3.3 Reactores anaerobios 3.4 Reactores aeróbicos 3.5 Bioprocesos de separación

UNIDAD 4
Análisis de casos
Objetivos particulares
Analizar diferentes casos de estudio donde se integren en una planta industrial los diferentes procesos de separación, de intercambio de energía y bioprocesos. Se analizará considerando la planta completa, desde la materia prima hasta el producto terminado.
Temas
4.1 Tratamiento y procesamiento de hidrocarburos 4.2 Generación de productos alimenticios 4.3 Generación de energía 4.4 Biorrefinería

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Lectura y discusión de artículos científicos internacionales • Exposición de temas con apoyo didáctico variado • Tareas para estudio independiente y en equipo • Solución de problemas prácticos • Manejo de software especializado • Aprendizaje basado en problemas • Resúmenes • Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
 Internet
 Material audiovisual
 Artículos científicos (en físico o en electrónico)
 Programas de cómputo
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Conexión a internet
 Proyector
 Software Especializado (COMSOL, MATLAB)

BIBLIOGRAFÍA

- Seader, J. D., Henley, E. J., & Roper, D. K. (2016). *Separation process principles: With applications using process simulators*. John Wiley & Sons.
- Villadsen, J., Nielsen, J., & Lidén, G. (2011). *Bioreaction engineering principles*. Springer Science & Business Media.
- Kakac, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2020). *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. CRC press.
- Moser, A. (2012). *Bioprocess technology: kinetics and reactors*. Springer Science & Business Media.
- Shuler M.L., Kargi F. & DeLisa M. (2017). *Bioprocess engineering: basic concepts*. Pearson Education.

Otros Materiales de Consulta:

- Berk, Z. (2018). *Food process engineering and technology*. Academic press.
- Nunes, S. P., & Peinemann, K. V. (2001). *Membrane technology*. Hoboken, NJ, USA: Wiley-vch.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	60 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	20 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN I. Protocolo de investigación

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
<p>El Seminario de Investigación I. Protocolo de investigación, se localiza en el área de investigación (3 horas teóricas y 3 horas prácticas, para un total de 9 créditos). El Seminario de Investigación I es el primer contacto del estudiante de maestría con una actividad científica, en esta experiencia educativa se provee al estudiante de los fundamentos en la elaboración de un protocolo de investigación, herramientas para la revisión de las tendencias científicas en bibliotecas virtuales con acceso a revistas electrónicas que den sustento a un trabajo de investigación, así como estilos de redacción científica los cuales no son temas en el nivel licenciatura.</p>

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
<p>El alumno desarrollará un protocolo de investigación y planteamiento del proyecto de tesis, oral y escrito, tomando en cuenta las tendencias mundiales en el campo de la ingeniería química, la infraestructura disponible y el tiempo académico del programa de posgrado, planteando objetivos alcanzables, acorde a la línea de generación de conocimiento donde participará.</p>

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
--

UNIDAD 1
El Estado del Arte
Objetivos particulares
Investigar en fuentes científicas conceptos y avances científicos y tecnológico que están relacionados con el proyecto de tesis propuesto
Temas
<p>1.1 Identificación de fuentes de información 1.2 Journal Citation Report (JCR) 1.3 Organización y análisis de artículos referencia de su proyecto de investigación 1.4 Redacción del marco teórico y estado del arte de su protocolo de investigación 1.5 Otros aspectos relevantes del estado del arte</p>

UNIDAD 2

Desarrollo del protocolo de investigación
Objetivos particulares
<p>Identificar los componentes de un documento técnico-científico</p> <p>Plantear la justificación dando énfasis en aspectos técnicos, económicos y ambientales. los cuales atiendan problemáticas reales en el campo de la Ingeniería Química</p> <p>Plantear los objetivos del trabajo de tesis, tomando en cuenta la factibilidad técnica, económica y ambiental</p> <p>Plantear una hipótesis la cual pueda ser aceptada o rechazada de acuerdo a los objetivos planteados, el planteamiento de esta hipótesis.</p> <p>Plantear una metodología de cumplimiento a los objetivos planteados, acompañada de un diseño experimental (o numérico) que se ajuste a las necesidades del proyecto de investigación.</p>
Temas
<p>2.1 Tendencias de la ciencia, ingeniería y tecnología</p> <p>2.2 Conceptos básicos</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.1 Concepto de investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.2 El anteproyecto de investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.3 El proyecto de investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.4 Elementos básicos del proyecto de investigación</p> <p>2.3 Descripción y análisis de los elementos del proyecto</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.1 Aspectos preliminares</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.2 Índice</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.3 Introducción</p> <p>2.4 Cuerpo del Proyecto</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.1 Planteamiento y formulación del problema</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.2 Objetivos</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.3 Justificación de la investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.4 Estado del arte o marco teórico</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.5 Antecedentes de la investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.6 Bases teóricas</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.7 Sistema de hipótesis</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.8 Marco metodológico</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.9 Diseño de la investigación</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.10 Recursos necesarios (infraestructura y equipamiento)</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.11 Cronograma de actividades</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.12 Bibliografía</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4.13 Anexos</p>

UNIDAD 3
Presentación oral del protocolo de investigación
Objetivos particulares
<p>Desarrollar y presentar correctamente el protocolo de investigación</p> <p>Defender y desarrollar argumentos académicos que garanticen la pertinencia del proyecto</p>

Evaluar los alcances de proyecto, considerando tiempo e infraestructura para el desarrollo del mismo
Evaluar la metodología que se empleará para el correcto desarrollo del proyecto de investigación

Temas

- 3.1 Diseño y elaboración de presentaciones técnicas
- 3.2 Estrategias de comunicación oral para reportes técnicos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Búsqueda de fuentes de información
- Consulta en fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Lectura, síntesis e interpretación de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Manejo de procesadores de textos
- Procedimientos
- Diálogos simultáneos
- Estudio de casos
- Procedimientos de interrogación
- Clasificaciones
- Mapas conceptuales
- Analogías
- Planteamiento de hipótesis
- Investigaciones
- Estructuras textuales
- Discusiones acerca del uso y valor del conocimiento
- Exposición de motivos y de metas

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Artículos científicos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Internet
Material audiovisual
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet
Proyector
Programas de cómputo

BIBLIOGRAFÍA

- Basalto, H., (2005). *Curso de Redacción Dinámica*, Trillas.

- Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M. (2016). *The craft of research*, 4th Ed., The University of Chicago Press.
- Dodd, J. S., (1997). *The ACS style guide: A manual for authors and editors*, 2nd Ed., Oxford University Press.
- Maqueo, A. M. (2005). *Ortografía*, Limusa.
- Schimel, J. (2012). *Writing science*, Oxford University Press.
- Turabian, K. L. (2018). *A manual for Writers of research papers, theses, and dissertations*, 9th Ed., The University of Chicago Press.

Otros Materiales de Consulta:

- Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área relacionada con el proyecto de tesis del alumno.
- Libros relacionados con el proyecto de tesis del alumno.

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	PRESENTACIONES	20 %
	REPORTES	15 %
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE ARTÍCULOS	15 %
	PRESENTACIÓN Y DEFENSA DE PROTOCOLO DFE TESIS	50 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN II. Metodología de investigación

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El Seminario de Investigación II. Metodología de investigación, se localiza en el área de investigación (3 horas teóricas y 3 horas práctica, para un total de 9 créditos). En esta experiencia educativa el estudiante adquirirá los fundamentos del método científico y los aplicará en el desarrollo de su proyecto de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno fortalecerá habilidades necesarias para aplicar métodos y técnicas de investigación en el desarrollo del proyecto de investigación.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
--

UNIDAD 1
Conceptos básicos del método científico
Objetivos particulares
Se analizarán y discutirán los preceptos y paradigmas del quehacer científico, así como su evolución en el desarrollo del conocimiento.
Temas
1.1 Origen del conocimiento 1.2 Teoría del pensamiento científico 1.3 Conceptos de investigación 1.4 Etapas del método científico

UNIDAD 2
Desarrollo del problema de investigación
Objetivos particulares
Desarrollar habilidades del pensamiento crítico y científico para el planteamiento y solución de problemas de investigación.
Temas
2.1 Formulación del problema de investigación 2.2 Métodos y técnicas de investigación 2.3 Investigación cualitativa y cuantitativa 2.4 Divulgación del conocimiento

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Búsqueda de fuentes de información
- Consulta en fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Lectura, síntesis e interpretación de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Manejo de procesadores de textos
- Procedimientos
- Diálogos simultáneos
- Estudio de casos
- Procedimientos de interrogación
- Clasificaciones
- Mapas conceptuales
- Analogías
- Planteamiento de hipótesis
- Investigaciones
- Estructuras textuales
- Discusiones acerca del uso y valor del conocimiento
- Exposición de motivos y de metas

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Artículos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Internet
Material audiovisual
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet
Proyector
Programas de cómputo

BIBLIOGRAFÍA

- Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M. (2016). *The craft of research*, 4rd Ed., The University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (2011). *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de cultura económica.
- Popper, K. R. (2008). *La lógica de la investigación científica*, TECNOS.
- Popper, K. (2013). *Realism and the aim of science: From the postscript to the logic of scientific discovery*, Routledge.
- Turabian, K. L. (2018). *A manual for writers of research papers, theses, and dissertations*, 9th Ed., The University of Chicago Press.

Otros Materiales de Consulta:

- Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área relacionada con el proyecto de tesis del alumno.
- Libros relacionados con el proyecto de tesis del alumno.

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	PRESENTACIONES	20 %
	REPORTES	15 %
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE ARTÍCULOS	15 %
	PRESENTACIÓN Y DEFENSA DE AVANCE (INCLUYE REPORTE ESCRITO Y ORAL PARA EVALUCIÓN)	50 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN III. Comunicación de resultados

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El Seminario de Investigación III. Herramientas para comunicación de resultados, se localiza en el área de investigación (3 horas teóricas y 3 horas práctica, para un total de 9 créditos). En esta experiencia educativa el estudiante aplicará los métodos del quehacer científico para concluir el desarrollo del proyecto de tesis, aprenderá a comunicar resultados en eventos académicos, presentará y defenderá los avances en su investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno desarrollará las habilidades necesarias para organizar y presentar los resultados de sus investigaciones tanto en formato de tesis como en eventos académicos.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Redacción de trabajos científicos
Objetivos particulares
Investigar, analizar y discutir las diferentes formas de comunicación escrita de los resultados derivados del desarrollo del proyecto de tesis en eventos académicos tales como seminarios, simposios y/o congresos
Temas
1.1 Redacción de resúmenes para congreso 1.2 Redacción de memorias para congreso 1.3 Redacción de artículos científicos 1.4 Redacción de Tesis

UNIDAD 2
Presentación de trabajos científicos
Objetivos particulares
Investigar, analizar y discutir las diferentes formas de comunicar los resultados derivados del desarrollo del proyecto de investigación
Temas

- 2.1 Difusión de resultados de investigación en foros científicos
 - 2.1.1 Presentación en cartel
 - 2.1.2 Presentación oral
- 2.2 Presentación de avances de tesis

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Búsqueda de fuentes de información
- Consulta en fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Lectura, síntesis e interpretación de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Manejo de procesadores de textos
- Procedimientos
- Diálogos simultáneos
- Estudio de casos
- Procedimientos de interrogación
- Clasificaciones
- Mapas conceptuales
- Analogías
- Planteamiento de hipótesis
- Investigaciones
- Estructuras textuales
- Discusiones acerca del uso y valor del conocimiento
- Exposición de motivos y de metas

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Artículos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Internet
Material audiovisual
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet
Proyector
Programas de cómputo
Apuntador láser

BIBLIOGRAFÍA

- Basalto, H. (2005). *Curso de Redacción Dinámica*, Trillas.
- Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M. (2018). *The craft of research*, 4rd Ed., The University of Chicago Press.

- Dodd, J. S. (1997). *The ACS style guide: A manual for authors and editors*, 2nd Ed., Oxford University Press.
- Maqueo, A. M. (2005). *Ortografía*, Limusa.
- Schimel, J. (2012). *Writing Science*, Oxford University Press.
- Turabian, K. L. (2016). *A manual for writers of research papers, theses, and dissertations*, 9th Ed., The University of Chicago Press.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (Última fecha de acceso:)

- MIT Libraries: *How to write a dissertation/thesis*,
<http://libguides.mit.edu/content.php?pid=66610&sid=620102>
 Fecha de consulta: 1 de enero de 2017

Otros Materiales de Consulta:

- Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área relacionada con el proyecto de tesis del alumno.
- Libros relacionados con el proyecto de tesis del alumno.

EVALUACIÓN

SUMATORIA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	PRESENTACIONES	20 %
	REPORTES	15 %
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE ARTÍCULOS	15 %
	PRESENTACIÓN Y DEFENSA DE AVANCE (INCLUYE REPORTE ESCRITO Y ORAL PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ DE TESIS)	50 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO E IMÁGENES

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
En esta experiencia educativa se analizarán y discutirán herramientas estadísticas, convencionales y no convencionales, para la identificación de correlaciones entre variables físicas de los procesos y los parámetros estadísticos obtenidos del análisis de la información (series de tiempo e imágenes). La identificación de correlaciones en procesos químicos y biológicos pueden ser usados como parámetros indirectos de monitoreo de las variables que no son fácil de medir en tales procesos.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante desarrollará y aplicará diversas metodologías estadísticas, convencionales y no convencionales, para el análisis de información obtenida de procesos químicos y biológicos, tales como series de tiempo e imágenes. Así mismo, determinará correlaciones útiles para el monitoreo indirecto de procesos.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
--

UNIDAD 1
Series de tiempo e imágenes de procesos
Objetivos particulares
Obtener información experimental, en línea o en pseudo-línea, de diferentes procesos químicos y biológicos.
Temas
1.1 Monitoreo de procesos 1.2 Instrumentación 1.3 Sensores de variables de fácil medición (temperatura, pH, conductividad, presión, etc.) 1.4 Captura de imágenes de procesos

UNIDAD 2
Análisis convencional de series de tiempo
Objetivos particulares
Aplicar herramientas tradicionales de análisis de series de tiempo
Temas
2.1 Métodos ARIMA

2.2 Eliminación de tendencias
2.3 Transformada de Fourier

UNIDAD 3

Análisis no convencional de series de tiempo

Objetivos particulares

Aplicar herramientas no convencionales de análisis de series de tiempo y determinar correlaciones entre las variables físicas de los procesos y las variables estadísticas.

Temas

3.1 Dimensión fractal
3.2 Exponentes de escalamiento
3.3 Transformada wavelet

UNIDAD 4

Análisis de imágenes de procesos

Objetivos particulares

Aplicar herramientas estadísticas para el análisis de imágenes que permitan identificar características texturales macroscópicas que reflejen los cambios físicos de los procesos. Así mismo, analizar las propiedades en las imágenes a diferentes escalas y correlacionar con los cambios físicos del proceso.

Temas

4.1 Filtros de imágenes mediante transformadas
4.2 Dimensión fractal de imágenes
4.3 Análisis multiescala

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura y discusión de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Representadores gráficos
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado como Matlab
- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros y artículos (en físico y en electrónico)
Programas de cómputo
Internet
Material audiovisual

Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Proyecto
 Apuntador láser

BIBLIOGRAFÍA

- Bloomfield, P. (2004). *Fourier analysis of time series: an introduction*, 2nd Ed., John Wiley & Sons.
- Gao, J., Cao, Y., Tung, W. W., Hu, J. (2007). *Multiscale analysis of complex time series: integration of chaos and random fractal theory, and beyond*, John Wiley & Sons.
- Kantz, H., Schreiber, T. (2004). *Nonlinear time series analysis (Vol. 7)*, Cambridge university press.
- Mandelbrot, B. B. (1983). *The fractal geometry of nature (Vol. 173)*, Macmillan.
- Percival, D. B., Walden, A. T. (2006). *Wavelet methods for time series analysis (Vol. 4)*, Cambridge university press.

Otros Materiales de Consulta:

- Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área de procesamiento de datos, imágenes y series de tiempo.

EVALUACIÓN SUMATORIA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXÁMENES PRÁCTICOS	40 %
	DISCUSIÓN DE LITERATURA ESPECIALIZADA	20 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO DE APLICACIÓN	20 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
FENÓMENOS DE TRANSPORTE EN SISTEMAS MULTIFÁSICOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
<p>La experiencia educativa de Fenómenos de Transporte II se ubica en el área disciplinar del programa de Maestría en Ingeniería Química (4 horas teoría y 1 hora práctica, 9 créditos). En ella se tiene como finalidad profundizar en los conocimientos de la transferencia de momentum, calor y masa para que el alumno cuente con la base teórica para la solución de problemas en medios multifásicos. Esto es necesario en la formación profesional en el campo de la ingeniería química debido a que los sistemas multifásicos surgen en una gran cantidad de aplicaciones reales de problemas actuales en los diferentes campos de la ingeniería química.</p>

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
<p>El alumno será capaz de plantear, analizar y resolver problemas, químicos y biológicos, donde intervengan los fenómenos de transporte en medios multifásicos.</p>

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Sistemas Multifásicos
Objetivos particulares
<p>Se establecerán los balances microscópicos y macroscópicos de transferencia de momentum, calor y masa, donde se estudiarán las propiedades efectivas de las mismas. Así mismo se presentarán las bases del escalamiento (de la microescala a la macroescala) de las ecuaciones de transporte.</p>
Temas
<p>1.1 Ecuaciones de transporte microscópicos 1.2 Ecuaciones de transporte macroscópicos 1.3 Propiedades efectivas de transporte 1.4 Escalamiento</p>

UNIDAD 2
Transporte de Movimiento
Objetivos particulares

Se estudiará el transporte de momentum en medios heterogéneos considerando la ley de Darcy como ley constitutiva. Para ilustrar las aplicaciones prácticas se consideraran diversos problemas, químicos y biológicos, que se analizarán con herramientas computacionales, tales como Comsol y/o Matlab.

Temas

- 2.1 Flujo en medios porosos
- 2.2 Ley de Darcy
- 2.3 Aplicaciones en procesos químicos y biológicos

UNIDAD 3

Transporte de Calor

Objetivos particulares

Se estudiará la transferencia de calor en medios porosos considerando la ley de Fourier como ley constitutiva. Para ilustrar las aplicaciones prácticas se considerarán diversos problemas, químicos y biológicos, que se analizarán con herramientas computacionales, tales como Comsol y/o Matlab.

Temas

- 3.1 Conservación de energía en medios porosos
- 3.2 Aplicaciones en procesos químicos y biológicos

UNIDAD 4

Transporte de Masa

Objetivos particulares

Se estudiará el transporte de masa en medios porosos considerando la ley de Fick como ley constitutiva. Así mismo se estudiaran las interacciones entre las reacciones químicas y los fenómenos de transporte. Para ilustrar las aplicaciones prácticas se considerarán diversos problemas, químicos y biológicos, que se analizarán con herramientas computacionales, tales como Comsol y/o Matlab.

Temas

- 4.1 Conservación de masa en medios porosos
- 4.2 Efectos de la reacción química
- 4.3 Aplicaciones en procesos químicos y biológicos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura y discusión de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Representadores gráficos
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado como Comsol Multiphysics
- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas

- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
 Artículos científicos (en físico o en electrónico)
 Programas de cómputo (Comsol y/o Matlab)
 Internet
 Material audiovisual
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Conexión a internet
 Proyector

BIBLIOGRAFÍA

- Civan, F. (2011). *Porous media transport phenomena*, John Wiley & Sons.
- Corapcioglu, M., Bear, J. (1984). *Fundamentals of transport phenomena in porous media*, Martinus Nijhoff Publishers.
- Faghri, A., Zhang, Y. (2006). *Transport phenomena in multiphase systems*, Elsevier.
- Ingham, D., Pop, I. (1998). *Transport phenomena in porous media*, Elsevier.
- Whitaker, S. (1999). *The method of volume averaging*, Springer.

Otros Materiales de Consulta:

- Bird, R. B., Stewart W. E., Lightfoot, E. N. (2010). *Fenómenos de Transporte*, 2ª Ed., Limusa Wiley.
- Glasgow, L. A. (2010). *Transport phenomena: An introduction to advanced topics*, Wiley.
- Welty J. R., Wicks Ch. E., Wilson R. E. (2008). *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*, 2ª Ed., Limusa Wiley.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	60 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	20 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
<p>En esta experiencia educativa se formularán y analizarán modelos matemáticos para la descripción dinámica de procesos químicos y biológicos. La formulación de los modelos matemáticos se hará a partir de primeros principios, planteando los balances de materia, energía y momentum. Para la solución de los modelos matemáticos de procesos se usará software especializado como Matlab, Aspen, Comsol, entre otros. La descripción de los procesos a partir de modelos matemáticos permite el entendimiento general de las condiciones de operación de los procesos, de la operación unitaria hasta la una planta industrial completa.</p>

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
<p>Desarrollar y analizar modelos matemáticos que describen procesos actuales de interés industrial que le permitan determinar y evaluar las condiciones de operación de operaciones unitarias o procesos industriales completos.</p>

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Modelado de procesos
Objetivos particulares
Establecer los modelos matemáticos de procesos a partir de los principios fundamentales
Temas
<p>1.1 Conceptos básicos del modelado 1.2 Procesos con reacciones químicas y biológicas 1.3 Procesos con fenómenos de transporte 1.4 Casos de aplicación</p>

UNIDAD 2
Solución numérica de modelos matemáticos
Objetivos particulares
Aplicar herramientas computacionales para la solución de modelos matemáticos de procesos, usando software para la solución de ecuaciones de diferenciales y/o simuladores de procesos.
Temas

- 2.1 Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales
- 2.2 Simuladores comerciales
- 2.3 Análisis de casos de estudio

UNIDAD 3

Modelos termodinámicos

Objetivos particulares

Analizar los diferentes modelos termodinámicos y sus aplicaciones en procesos químicos y biológicos. La descripción de los modelos será a partir de las ecuaciones de estado termodinámico y se compararán con los integrados en los simuladores comerciales.

Temas

- 3.1 Ecuaciones de estado
- 3.2 No idealidad
- 3.3 Software comercial
- 3.4 Comparación de modelos termodinámicos para diferentes casos de estudio

UNIDAD 4

Simulación de procesos integrados

Objetivos particulares

Aplicar herramientas estadísticas para el análisis de imágenes que permitan identificar características texturales macroscópicas que reflejen los cambios físicos de los procesos. Así mismo, analizar las propiedades en las imágenes a diferentes escalas y correlacionar con los cambios físicos del proceso.

Temas

- 4.1 Simulación basada en modelos matemáticos
- 4.2 Simulación secuencial
- 4.3 Simulación modular simultanea
- 4.4 Análisis de casos prácticos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura y discusión de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Representadores gráficos
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado como Matlab
- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros y artículos (en físico y en electrónico)
 Programas de cómputo
 Internet
 Material audiovisual
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Proyector
 Apuntador láser

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Malah, K. I. (2016). *Aspen Plus: Chemical Engineering Applications*, John Wiley & Sons.
- Bequette, B. W., Bequette, W. B. (1998). *Process dynamics: modeling, analysis, and simulation*. Prentice Hall PTR.
- Chaves, I. D. G., López, J. R. G., Zapata, J. L. G., Robayo, A. L., Niño, G. R. (2016). *Process Analysis and Simulation in Chemical Engineering*, Springer.
- Luyben, W. L. (1996). *Process modeling, simulation and control for chemical engineers*, McGraw-Hill Higher Education.
- Verma A. (2014). *Process Modelling and Simulation in Chemical, Biochemical and Environmental Engineering*, CRC Press.
- Zimmerman, W. B. (2004). *Process modelling and simulation with finite element methods (No. 15)*, World Scientific.

Otros Materiales de Consulta:

- Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área de procesamiento de datos, imágenes y series de tiempo.

EVALUACIÓN

SUMATORIA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXÁMENES PRÁCTICOS	40 %
	DISCUSIÓN DE LITERATURA ESPECIALIZADA	20 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO DE APLICACIÓN	20 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
BIOPROCESOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La experiencia educativa de Bioprocesos se ubica en el Área de Optativas del programa de Maestría en Ingeniería Química. Es crucial en la formación de un Maestro en Ingeniería Química que realiza proyectos relacionados con la ingeniería de procesos biológicos, va en profundidad hacia las características de dichos procesos, la degradación y formación de compuestos a partir de la materia orgánica, el análisis del proceso en conjunto, la cinética del mismo, así como las transformaciones de energía al interior. Los conocimientos adquiridos en esta EE le aportan al estudiante la capacidad de proponer, montar, dar seguimiento, modelar y analizar dichos procesos, cuantificar cinéticas y características, proponer modificaciones, las cuales son importantes para el diseño, seguimiento, análisis, optimización y control de los bioprocesos.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante comprenderá, analizará y aplicará conceptos teóricos y prácticos involucrados en los bioprocesos, sus características, control, tipos de tratamientos, metabolismo microbiano, factores claves de control de su crecimiento y cinética, aplicación de fundamentos y su cinética, de manera individual o en equipo, con responsabilidad, compromiso y respeto.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
UNIDAD 1
Depuración natural
Objetivos particulares
Conocer y comprender los procesos y factores involucrados en la depuración natural Identificar y clasificar los sistemas saprobios y tróficos Conocer y comprender las fases de crecimiento bacteriano, así como el comportamiento energético durante los sistemas naturales
Temas
1.1 Introducir a los procesos y factores involucrados en la depuración natural 1.2 Sistemas de clasificación 1.3 Crecimiento bacteriano y comportamiento energético

UNIDAD 2
Cinética
Objetivos particulares
Comprender las cinéticas de reacciones de cero, primero y segundo orden; Comprender la cinética enzimática, especialmente la teoría de Michaelis y Menten; Comprender el postulado de Monod y los modelos de crecimiento suspendido y adherido.
Temas
2.1 Reacciones de orden cero, primero y segundo 2.2 Cinética enzimática: teoría de Michaelis y Menten 2.3 Cinética del crecimiento: postulado de Monod 2.4 Modelos de crecimiento suspendido y adherido

UNIDAD 3
Procesos biológicos de tratamiento de agua y suelo
Objetivos particulares
Comprender y analizar los tipos de sistemas y procesos biológicos de tratamiento de agua y suelo.
Temas
3.1 Sistemas naturales 3.2 Sistemas aerobios 3.3 Sistemas anaerobios

UNIDAD 4
Biorreactores
Objetivos particulares
Comprender, examinar y clasificar los biorreactores Modelación de reactores
Temas
4.1 Clasificación de biorreactores 4.2 Reactores aerobios y anaerobios 4.3 Reactores totalmente mezclados 4.4 Reactores de flujo pistón 4.5 Reactores por lotes 4.6 Modelación de reactores

UNIDAD 5
Tratamiento de lodos
Objetivos particulares
Estudiar los procesos de tratamiento de lodos Estudiar y aplicar la digestión aerobia, anaerobia y composteo de lodos
Temas
5.1 Tratamiento de lodos

5.2 Digestión aerobia, anaerobia y composteo de lodos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura, análisis e interpretación
- Solución de problemas individual y en equipo
- Clasificaciones
- Elaboración de reportes
- Montaje y seguimiento de proyecto de tratamiento biológico a microescala
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas
- Representadores gráficos
- Resúmenes
- Discusiones grupales en torno al proyecto de tratamiento a microescala

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Internet
Material audiovisual
Artículos Científicos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Laboratorio
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet
Proyector
Software Especializado
Laboratorio para montaje de proceso biológico a microescala

BIBLIOGRAFÍA

- AWWA, ASCE. (2012). *Water treatment plant design*, 5th Ed., McGraw-Hill.
- Grady, L., Daigger, G. T., Love, N. G., Filipe, D. M. (2011). *Biological wastewater treatment*, 3rd Ed. CRC Press.
- Metcalf & Eddy (2013). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*, 5th Ed., McGraw-Hill.
- Ramalho, R. S. (1991). *Tratamiento de aguas residuales*, Reverté.

Otros Materiales de Consulta:

- Katoh, S., Yoshida, F. (2009). *Biochemical Engineering*, Wiley-VCR.
- Water Pollution Control Federation (1990). *Wastewater biology: the microlife*, Alexandria.

EVALUACIÓN

SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	50 %
	TAREAS Y PARTICIPACIÓN	15 %
	PROYECTO FINAL	35 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
ECOLOGÍA INDUSTRIAL

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El curso de Ecología Industrial se localiza en el área terminal. Este curso presentará a los estudiantes los conceptos y métodos de la ingeniería los procesos sostenibles. La ecología industrial es un campo de rápido crecimiento que utiliza sistemas naturales como modelo para diseñar sistemas industriales sostenibles. Ayuda a rediseñar los usos y flujos de recursos, materiales y energía de una manera que minimiza los impactos ambientales y los residuos. Esto implica el conocimiento para el desarrollo de procesos cíclicos, en oposición a los procesos lineales convencionales. Este curso pretende introducir los conceptos que subyacen a la ecología industrial e introduce herramientas fundamentales para evaluar cuantitativamente la sostenibilidad de los procesos físicos-químicos-biológicos, tales como el rastreo de materiales y energía, análisis de insumo-producto, evaluación del ciclo de vida del producto. Todo ello teniendo como principios básicos lo aprendido y aplicado en cualquiera de las ramas de la ingeniería.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno desarrollará las habilidades necesarias para evaluar cualitativamente y cuantitativamente la sostenibilidad de los procesos de producción mediante la aplicación de los conceptos y herramientas de la ecología industrial y su aplicación en la práctica industrial y la investigación de la cadena de suministro.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción a los procesos sostenibles
Objetivos particulares
Introducir a los alumnos en los conceptos relacionados a los procesos sostenibles, valoración de la importancia del rastreo y análisis de los flujos másicos y energéticos a lo largo de la cadena de suministro y producción, así como su relevancia en la evaluación de sus parámetros de eficiencia desde el punto de vista de la ingeniería, impactos ambientales, económicos y sociales.
Temas
1.1 Ecología industrial y conceptos relacionados (simbiosis industrial) 1.2 Enfoque sistémico (integra los componentes industria-biósfera)

- 1.3 Ecosistema industrial, parque ecoindustrial, redes de trabajo ecoindustrial
- 1.4 Énfasis en las relaciones de los flujos materiales con el sistema industrial
- 1.5 Evolución de las dinámicas tecnológicas en el largo plazo (de un sistema industrial insustentable hacia un ecosistema industrial).

UNIDAD 2
Técnicas analíticas y herramientas de cuantificación
Objetivos particulares
Conocer y aplicar las metodologías existentes que evalúan cuantitativamente los flujos de masa y energía en la cadena de suministro y su dinámica de transformación en manufactura de productos y ejecución de servicios con la inclusión de los fundamentos de la ingeniería de los procesos.
Temas
<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Análisis de flujo de materia 2.2 Ecoeficiencia y ecoindicadores 2.3 Metabolismo industrial 2.4 Contabilidad Medioambiental 2.5 Aplicación del análisis insumo-producto (Input-Output Analysis) en los procesos industriales

UNIDAD 3
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)
Objetivos particulares
Capacitar al alumno en la utilización del ACV como una herramienta metodológica para cuantificar el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida a través de la recopilación y análisis de las entradas de insumos, productos intermedios y coproducto y productos de salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.
Temas
<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Fases de aplicación del ACV 3.2 Inventario industrial del ciclo de vida 3.3 Evaluación de impacto del ciclo de vida 3.4 Dinámica de procesos de ingeniería en el ciclo de vida

UNIDAD 4
Casos de estudio en cadenas de suministro y procesos de producción
Objetivos particulares
Aplicar los métodos y herramientas utilizados en la identificación, planificación, gestión, ejecución y evaluación de procesos y proyectos en el ámbito de la ingeniería de la sostenibilidad.
Temas
<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Huellas paramétricas (de impacto ambiental) desde el ACV 4.2 Sostenibilidad de los sistemas energéticos

4.3 Sinergia del subproducto en la agroindustria

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Lectura y discusión de artículos científicos internacionales
- Exposición de temas con apoyo didáctico variado
- Representadores gráficos
- Organización de grupos de trabajo
- Tareas para estudio independiente y en equipo
- Solución de problemas prácticos
- Manejo de software especializado
- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
Internet
Material audiovisual
Artículos científicos (en físico o en electrónico)
Programas de cómputo
Pizarrón
Marcadores
Equipo de cómputo
Conexión a internet
Proyector
Software Especializado (COMSOL, POLYMATH, MATLAB)

BIBLIOGRAFÍA

- Ayres, R., Ayres, L. (2002), *A handbook of industrial ecology*, Edward Elgar Publishing, Inc.
- Bourg, D., Erkman, S. (2003). *Perspectives on Industrial Ecology*, Greenleaf Publishing Limited.
- Dincer, I., Zamfirescu, C. (2011). *Sustainable energy systems and applications*, Springer Science & Business Media.
- Graedel, T. E., Allenby, B. R. (2010). *Industrial ecology and sustainable engineering*, Prentice Hall.
- Kaltschmitt, M., Themelis, N. J., Bronicki, L. Y., Vega, L. (2013). *Renewable energy systems*, Springer.
- Kauffman, J., Lee, K. M. (2013). *Handbook of sustainable engineering*, Springer.
- Suh, S. (2009). *Handbook of input-output economics in industrial ecology* (Vol. 23), Springer Science & Business Media.

Otros Materiales de Consulta:

- Christou, P., Savin, R., Costa-Pierce, B. A., Misztal, I., Whitelaw, C. B. A. (2013). *Sustainable Food Production*, Springer.
- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W., Kumar, C., Patel, N. (1992). *Industrial Ecology: Concepts and Approaches*", National Academy of Sciences.
- Loftness, V., Haase, D. (2013). *Sustainable Built Environments*, Springer.

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	40 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	40 %
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Maestría en Ingeniería Química

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
DISEÑO EXPERIMENTAL
PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
<p>El curso de Diseño de Experimentos forma parte del grupo de experiencias educativas optativas. Este curso llevará a los estudiantes a conocer las bases teóricas de la metodología de investigación que son el fundamento del adecuado diseño experimental, tanto en lo operativo, como en el campo del modelamiento y análisis estadístico, y comprender las bases teóricas de esta disciplina fundamental para el desarrollo ordenado de un proceso de investigación, a través de una estructura que articule de forma ordenada la hipótesis de trabajo, los objetivos y la propuesta experimental, para llegar a un análisis de resultados que se adecue a un modelo para el correcto análisis estadístico. El adecuado diseño de un experimento es fundamental no solo para optimizar tiempo y recursos, es indispensable para identificar con claridad los factores que determinan de manera real el comportamiento de una variable de respuesta, y permite tener de forma correcta los resultados de un proceso y realizar conclusiones debidamente fundamentadas.</p>
OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
<p>El alumno desarrollará las competencias para seleccionar el modelo experimental que le permita implementar las metodologías adecuadas para los procesos de investigación, experimentación y análisis de resultados.</p>
UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
UNIDAD 1
Principios básicos del diseño experimental
Objetivos particulares
<p>Conocer los principios teóricos del diseño de experimentos para proponer sus aplicaciones en un trabajo de investigación científica</p>
Temas
<p>La clasificación de los métodos de investigación El proceso de investigación y los diseños Experimentación: una estrategia para probar conjeturas y generar aprendizaje El diseño de experimentos y el ciclo de Deming Etapas y actividades de la planeación y análisis de un experimento Definiciones básicas en el diseño de experimentos Etapas en el diseño de experimentos Consideraciones prácticas sobre el uso de métodos estadísticos</p>

UNIDAD 2
Inferencia estadística
Objetivos particulares

Conocer las bases de la inferencia estadística para aplicarlas en los diferentes modelos de diseño experimental
Temas
Elementos de inferencia estadística Conceptos básicos de prueba de hipótesis Planteamiento de una hipótesis estadística Prueba para la media Prueba para la varianza Criterios de rechazo y aceptación
UNIDAD 3
Análisis de varianza
Objetivos particulares
Conocer los elementos de los diseños completamente al azar y el análisis de varianza para implementar diversas pruebas de rangos múltiples y la comparación por contrastes
Temas
Experimentos con un solo factor Análisis de varianza. Diseño completamente al azar y ANOVA Comparaciones o pruebas de rango múltiples Verificación de los supuestos del modelo Diseño de bloques completos al azar Diseño en cuadro latino Diseño en cuadrado grecolatino.
UNIDAD 4
Diseños factoriales
Objetivos particulares
Conocer los conceptos básicos en diseños factoriales para proponer su uso en la investigación científica
Temas
Conceptos básicos en diseños factoriales Diseños factoriales con dos factores Diseños factoriales con tres factores Diseño factorial general Diseño factorial 2^n Modelos de efectos aleatorios.
UNIDAD 5
Análisis de regresión
Objetivos particulares
Conocer los fundamentos del análisis de regresión lineal y múltiple para ser aplicados dentro de los diseños experimentales en investigación científica
Temas
Regresión lineal simple Pruebas de hipótesis en la regresión lineal simple Calidad del ajuste en regresión lineal simple Regresión lineal múltiple

Pruebas de hipótesis en regresión lineal múltiple Intervalos de confianza y predicción en regresión múltiple
UNIDAD 6
Optimización de procesos
Objetivos particulares
Conocer los fundamentos de la metodología de superficie de respuesta y sus respectivos diseños y modelos para aplicar el concepto de optimización
Temas
Análisis multivariado Introducción a la metodología de superficie de respuesta Técnicas de optimización Diseños de superficie de respuesta

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
Durante este curso y para cada tema, se utilizará una estrategia didáctica la cual tendrá los siguientes elementos, que serán un eje vertebral de trabajo centrado en el aprendizaje, el desarrollo de conocimiento y de competencias, tanto disciplinares como las llamadas transversales, como lo son la comunicación oral y escrita, el trabajo colaborativo, el liderazgo, la creatividad, la innovación y el desarrollo de ideas. Aprendizaje basado en problemas Aprendizaje basado en casos Aprendizaje basado en investigación
EQUIPO NECESARIO
Proyector Pizarrón Computadora
BIBLIOGRAFÍA
<ul style="list-style-type: none"> • Domínguez, D.J y Castaño, T.E. (2019) Diseño de experimentos: Estrategias y análisis en ciencias e ingeniería. Editorial: Alfaomega. México • Douglas, M. (2012). Diseño y análisis de experimentos. Editorial Limusa-Wiley. México. • Gutiérrez, P.H. y De la Vara, S. R. (2012). Análisis y diseño de experimentos. Editorial McGrawHill. • Reyes, C.P. (2003). Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas. • Mariano, G.R. (2014). Inferencia estadística y diseño de experimentos. Editorial Eudeba. • Escalante, V.E.J. (2014). Diseño y análisis de experimentos. Editorial LIMUSA.
REFERENCIAS ELECTRONICAS (Última fecha de acceso:)
Otros Materiales de Consulta:
Revistas científicas Software: Stata, Statitic, Minitab, SPSS.

EVALUACIÓN

SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	40 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	40 %
	Total	100 %

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La Microbiología Industrial se ocupa de la producción de bienes y servicios con células microbianas, representando por lo tanto una parte importante de la Biotecnología. Su inclusión en la formación de un profesional de la ingeniería química le permitirá obtener los conocimientos necesarios para participar en equipos de trabajo interdisciplinarios orientados hacia la solución de problemas en el ámbito industrial y ambiental en el que interactúan los microorganismos, así como en la formulación e implementación de procesos de base biotecnológica a nivel de laboratorio, planta piloto y de campo.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Conocer los aspectos básicos de los procesos industriales basados en el uso de microorganismos, adquiriendo una visión completa sobre la selección, crecimiento, mantenimiento y metabolismo de los microorganismos asociado a la producción de compuestos de interés industrial.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
--

UNIDAD 1
Introducción y microorganismos de uso industrial
Objetivos particulares
Establecer los antecedentes históricos sobre el uso industrial de los microorganismos, presentando las características más sobresalientes de las levaduras, mohos y bacterias utilizados industrialmente.
Temas
1.1 Historia 1.2 Microorganismos de uso industrial

UNIDAD 2
Cultivos microbiológicos
Objetivos particulares
Conocer las técnicas sobre el manejo de los cultivos microbianos, desde su aislamiento, purificación, conservación y activación previa a su uso en procesos de fermentación.
Temas

2.1 Aislamiento 2.2 Mantenimiento 2.3 Requerimientos nutricionales y ambientales 2.4 Preparación de medios de cultivo 2.5 Inóculo

UNIDAD 3
Fermentaciones
Objetivos particulares
Comprender los procesos de la fermentación.
Temas
3.1 Concepto 3.2 Clasificación de los procesos de fermentación 3.3 Vías metabólicas implicadas 3.4 Fermentadores 3.5 Sistemas de fermentación

UNIDAD 4
Recuperación y purificación del producto
Objetivos particulares
Conocer los métodos para la obtención del producto de la fermentación.
Temas
4.1 Separación líquido-líquido 4.2 Desintegración celular 4.3 Extracción líquido-líquido

UNIDAD 5
Procesos de la fermentación y sus áreas de aplicación. Ejemplos
Objetivos particulares
Analizar ejemplos de procesos fermentativos
Temas
5.1 Producción de biomasa 5.2 Producción de enzimas 5.3 Tratamiento de residuos agroindustriales

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Lectura y discusión de artículos científicos internacionales • Exposición de temas con apoyo didáctico variado • Representadores gráficos • Organización de grupos de trabajo • Tareas para estudio independiente y en equipo • Solución de problemas prácticos • Laboratorio

- Clasificaciones
- Procedimientos
- Aprendizaje basado en problemas
- Resúmenes
- Plenaria

EQUIPO NECESARIO

Libros (en físico y en electrónico)
 Artículos científicos (en físico o en electrónico)
 Internet
 Material audiovisual
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Conexión a internet
 Proyector

BIBLIOGRAFÍA

- Baltz, R. H., Demian, A. L., Davies, J. E. (2010). *Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 3rd Ed., American Society for Microbiologyr.
- Hernández, P.A. (2006). *Microbiología Industrial*, EUNED.

Otros Materiales de Consulta:

- García-Garibay, M., Quintero-Ramirez, R., López-Murguía, A. (2004). *Biología Alimentaria*, Limusa.
- Scragg, A., (2004). *Biología para Ingenieros: Sistemas biológicos en procesos tecnológicos*, Limusa.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	60 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	20 %
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Maestría en Ingeniería Química

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
ESTABILIDAD FISICOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS
PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El entendimiento de los parámetros que determinan la estabilidad fisicoquímica de los alimentos es muy importante, ya que la industria les demanda tener la capacidad de evaluar y caracterizar productos alimenticios desde un punto de vista fisicoquímico, con el propósito de mantener el control de calidad y o mejorar la fabricación de estos para obtener productos con menores tasas de degradación y mejores propiedades estructurales. Esta experiencia educativa proporciona a los alumnos los conceptos fundamentales para conocer y controlar los mecanismos fisicoquímicos que rigen los procesos naturales de los productos alimenticios y es la plataforma para continuar con estudios avanzados de posgrado para hacer investigación en la ciencia de alimentos.
OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar a los alumnos el conocimiento básico para caracterizar productos alimenticios desde un punto de vista fisicoquímico, con el propósito de mantener el control de calidad y o mejorar la fabricación de los mismos para obtener productos con menores tasas de degradación y/o mejores propiedades estructurales mediante el control de los mecanismos fisicoquímicos que rigen los procesos naturales de estabilidad durante el procesamiento y vida de anaquel.
UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
UNIDAD 1
Composición química de los alimentos
Objetivos particulares
Conocer los principales componentes de los alimentos que intervienen en su estabilidad fisicoquímica
Temas
Agua en los alimentos Carbohidratos Proteínas Lípidos Vitaminas y minerales Pigmentos Aditivos
UNIDAD 2
Propiedades físicas de los alimentos
Objetivos particulares

Conocer las propiedades físicas que intervienen en la estabilidad de los alimentos
Temas
Forma Tamaño Porosidad
UNIDAD 3
Aplicación de la cinética química en alimentos deshidratados
Objetivos particulares
Determinar la vida de anaquel de los alimentos
Temas
Rapidez, orden de reacción y vida media. Pérdida de calidad del alimento como función del tiempo, temperatura y humedad. Predicción y control de la vida de anaquel.
UNIDAD 4
Propiedades superficiales de alimentos
Objetivos particulares
Analizar los diferentes fenómenos superficiales que suceden en los alimentos
Temas
Tensión superficial e interfacial en alimentos. Ecuaciones de Laplace, Kelvin, Young y Dupre. Adsorción Actividad de superficie. Isoterma de adsorción de Gibbs.
UNIDAD 5
Propiedades de adsorción de alimentos
Objetivos particulares
Evaluar el efecto del proceso de adsorción sobre la estabilidad de alimentos deshidratados
Temas
Actividad de agua (a_w). Definición, medición y efecto en alimentos. Mapa de Labuza. Isoterma de adsorción y su clasificación. Isotermas de adsorción-desorción de humedad. Fenómenos de histéresis. Importancia durante el secado de alimentos. Modelamiento de la adsorción: Langmuir, Freundlich, BET, GAB. Determinación del área superficial específica del adsorbente. Propiedades termodinámicas de sorción.
UNIDAD 6
Transiciones de fase en alimentos
Objetivos particulares
Analizar el efecto de la temperatura de transición vítrea en alimentos deshidratados
Temas
Diagramas de fase.

Clasificación de transiciones de fase.
 El estado vítreo.
 El estado gomoso.
 Movilidad molecular y plastificación.

UNIDAD 7

Sistemas coloidales en alimentos

Objetivos particulares

Identificar los diferentes sistemas coloidales y sus principales características fisicoquímicas que determinan su estabilidad en el almacenamiento

Temas

Estructura, propiedades y clasificación de los sistemas coloidales en alimentos.
 Preparación de coloides y distribución del tamaño de partícula.
 Propiedades eléctricas de los coloides. Potencial Zeta.
 Mecanismos de inestabilidad de los sistemas coloidales. Regla de Schulze-Hardy. Precipitación salina de coloides liófilos. Series liotrópica y liofóbica.
 Teoría DLVO para interacciones coloidales.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

Elaboración de mapas conceptuales.
 Exposición individual y en equipo
 Reportes de lecturas
 Atención a dudas y comentarios
 Planteamiento de preguntas guía
 Lectura e interpretación de textos
 Lectura comentada en clase
 Resolución de problemas reales

EQUIPO NECESARIO

Proyector
 Pizarrón
 Computadora

BIBLIOGRAFÍA

- Badui Dergal, S. (2019). Química de Alimentos. Ed. Alambra, México
- Walstra, P. (2003). Physical Chemistry of foods. USA: Marcel Dekker, Inc.
- Sahin, S., Sumnu, S. G. (2006). Physical Properties of Foods. USA: Springer.
- Devahastin, S. (2011). Physicochemical. Aspects of Food Engineering and Processing. USA: CRC Press.
- Adamson, A.W. and Gast. A. (2017). *Physical Chemistry of Surfaces*, NY, John Wiley & Sons, Inc.
- Silbey, R., Alberty, R.A. and Bawendi, M. (2004). *Physical Chemistry*, NY, John Wiley & Sons, Inc.
- Atkins, P., De Paula, J.K. and Keeler, J. (2018). *Atkins Physical Chemistry*, NY, Oxford University Press.
- Belton, P. (2008). *The Chemical Physics of Food*, UK, Blackwell Publishing,
- Castellan, G. W. (1998). *Fisicoquímica*, México, Pearson, Addison-Wesley.

- Dickinson, E. (1992). *An Introduction to Food Colloids*, Oxford University Press.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (Última fecha de acceso:)

Otros Materiales de Consulta:

EVALUACIÓN

SUMATIVA

Aspecto a Evaluar	Forma de Evaluación	Evidencia	Porcentaje
Resolución de problemas de estabilidad de alimentos	Examen escrito	Resolución del examen escrito	60
Capacidad de análisis	Discusión de artículos	Exposición	20
Trabajo en equipo. Aplicación de los conocimientos aprendidos para el desarrollo de un producto	Proyecto	Trabajo escrito y exposición del proyecto	20
Total			100

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Maestría en Ingeniería Química)**

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
TÓPICOS SELECTOS DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
En la optativa de tópicos de introducción a la Ingeniería de Alimentos, se proporcionará a los alumnos que investiguen en el área de alimentos conocimientos profundos y específicos acordes con su proyecto de tesis. Al término del curso, el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en sus estudios sobre temas selectos de la Ingeniería de Alimentos; de abordar problemáticas específicas de su especialidad y de plantear soluciones técnicas innovadoras.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El alumno desarrollará habilidades para relacionar los principios básicos de la Ingeniería Química con los fundamentos del Procesamiento de Alimentos. En este curso serán discutidos los principios básicos de la ingeniería con énfasis en el área de investigación fundamentales en el procesamiento de alimentos.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
--

UNIDAD 1
Reología de Alimentos
Objetivos particulares
Integrar las propiedades reológicas y texturales para proponer alternativas a problemas de proceso, diseño y/ o selección de equipo, evaluación o desarrollo de alimentos
Temas
1.1 Definición e importancia 1.2 Conceptos básicos 1.3 Tipos de pruebas reológicas 1.4 Viscoelasticidad-Modelos reológicos 1.5 Reología de masas 1.6 Viscosidad-Tipos de viscosímetros

UNIDAD 2
Cinética de las reacciones en el procesamiento de alimento
Objetivos particulares

Los estudiantes serán capaces de predecir analíticamente la cinética de cambio de los nutrientes de un alimento durante su procesamiento o almacenamiento.

Temas

- 2.1 Revisión de los términos
- 2.2 Modelos de evaluación de constantes
- 2.3 Aplicación: Vida de anaquel y cinética de deterioro de alimentos
- 2.4 Efecto de la temperatura de almacenamiento. Efecto de la humedad
- 2.5 Aplicación: La cinética de deterioro en la predicción y control de la vida de anaquel. Pruebas aceleradas de vida de anaquel

UNIDAD 3

Fenómenos de superficie (adsorción) en alimentos

Objetivos particulares

Al término de esta unidad el alumno podrá relacionar los fenómenos de superficie implicados en el procesamiento de alimentos con las propiedades macroscópicas de los alimentos y de algunos de sus componentes.

Temas

- 3.1 Definición y tipos de adsorción
- 3.2 Factores que afectan a la cantidad adsorbida
- 3.3 Concepto de actividad de agua (a_w)
- 3.4 Isotermas: Langmuir, Freundlich, BET, GAB
- 3.5 Desorción. Fenómenos de histéresis. Importancia durante el secado de alimentos
- 3.6 Determinación del área superficial específica del adsorbente
- 3.7 Aplicación: Importancia de la actividad de agua en la vida de anaquel de alimentos

UNIDAD 4

Transiciones de fase de alimentos

Objetivos particulares

Los alumnos tendrán la capacidad de determinar propiedades térmicas de alimentos a través de la interpretación de curvas calorimétricas y a través de modelos matemáticos. Identificación de los efectos de las transiciones térmicas sobre las propiedades y comportamiento del alimento

Temas

- 4.1 Clasificación de transiciones
- 4.2 Definiciones. Estado vítreo y estado gomoso
- 4.3 La transición vítrea: Punto de vista cinético y punto de vista termodinámico. Ecuación tipo Arrhenius
- 4.4 Temperatura de transición vítrea: Significado e importancia en el procesamiento y conservación de alimentos. Métodos de determinación
- 4.5 Diagrama de fases.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Organización de grupos colaborativos
- Diálogos simultáneos

- Estudio de casos
- Seminarios
- Discusión dirigida
- Plenaria.
- Exposición con apoyo tecnológico variado
- Debates
- Lectura comentada
- Búsqueda y consulta de fuentes de información
- Discusiones acerca del uso y valor del conocimiento

EQUIPO NECESARIO

Libros y artículos (en físico y en electrónico)
 Programas de cómputo
 Internet
 Material audiovisual
 Pizarrón
 Marcadores
 Equipo de cómputo
 Proyector

BIBLIOGRAFÍA

- Fito, P., Ortega-Rodríguez, E., Barbosa-Canovas, G. V. (2000). *Food engineering*, Chapman & Hall.
- Haynes, G. D. (1992). *Manual de datos para ingeniería de los alimentos*, Acribia.
- Heldman, D. R., Lund, D. B. (2006). *Handbook of food engineering*, 2nd Ed., CRC Press.
- Kakac, S., Liu, H., Pramuanjaroenkij, A. (2012). *Heat exchangers: Selection, rating, and thermal design*, 3rd Ed., CRC Press.
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*, Acribia.
- Rahman, M. S. (2008). *Food Properties Handbook*, 2nd Ed., CRC Press.
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering*, 2nd Ed., Freeman Press.
- Toledo, R. T. (2007). *Fundamentals of food process engineering*, 3rd Ed., Springer.

Otros Materiales de Consulta:

5 Artículos de investigación científica seleccionados de revistas especializadas en el área de alimentos.

EVALUACIÓN

SUMATORIA

Forma de	Concepto	Porcentaje
----------	----------	------------

Evaluación	EXAMENES ESCRITOS	20 %
	TAREAS	20 %
	PROYECTO FINAL	60 %
	Total	100 %

B. PLAN DE AUTOEVALUACIÓN ANUAL

El programa de estudios, los cuerpos académicos y los procesos administrativos de la maestría en ingeniería química, serán sometidos a una evaluación anual, aplicando instrumentos diseñados de acuerdo con lo establecido por la normativa correspondiente por parte de la Universidad Veracruzana y por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT). En dicha evaluación se analizará la efectividad del programa a través del seguimiento de los resultados de los proyectos de investigación, donde se considerará la participación de los estudiantes en seminarios, foros de investigación y congresos. También se evaluará la efectividad del Programa y la pertinencia de las LGAC para abordar los problemas prioritarios a través de la pertinencia de los temas de tesis que se desarrollen y de los resultados que se obtengan. El proceso de selección y los instrumentos utilizados para ello son revisados constantemente con el fin de garantizar que se admiten a los aspirantes mejor calificados. La trayectoria académica de los estudiantes se evalúa a través de las tutorías y de los seminarios de investigación en las que se les da un seguimiento por parte del académico responsable de la experiencia educativa pero también de los sinodales que son asignados para evaluar el trabajo. y el impacto de los resultados de los estudiantes se evalúa a través de la publicación de artículos científicos y de divulgación. La eficiencia terminal del programa se realizará considerando el número de egresados respecto al número de estudiantes que ingresen al posgrado. A la luz de los lineamientos del CONAHCyT es necesario hacer una revisión de los criterios de evaluación para garantizar que el posgrado cumpla cabalmente con dichos criterios.

C. PLAN DE MEJORA

El plan de mejora considera los siguientes cuatro aspectos relevantes:

- i) Estructura del programa: para que la estructura del programa se mantenga sólida, se buscará que exista congruencia entre los objetivos del posgrado y, las demandas académicas y sociales. Se revisarán periódicamente los programas de los cursos buscando que los contenidos sean actuales y que provean las herramientas necesarias para atender las problemáticas académicas y sociales.
- ii) Estudiantes. Se fomentará la movilidad, nacional e internacional, de los estudiantes con el propósito de establecer lazos de colaboración entre profesores de diferentes universidades. Para garantizar que los resultados se ajusten a lo establecido se fomentará la tutoría y el seguimiento de los estudiantes.
- iii) Personal académico. Se promoverá la superación académica de los integrantes de NAB, buscando que todos los integrantes sean certificados, a mediano plazo, por el PROMEP y SNI.
- iv) Infraestructura. Se buscará ampliar la infraestructura a través de proyectos financiados por el CONACyT y/o por la iniciativa privada.

Para cumplir el plan de mejora, se tienen contemplados los siguientes objetivos:

OBJETIVOS	ACCIONES	TIEMPOS		PRODUCTO ESPERADO
		FECHA INICIO	FECHA FINAL	
Promover la movilidad estudiantil	Aprovechar los convenios de la institución y promover otros, con instituciones académicas nacionales e internacionales, que permitan a los estudiantes una formación integral acorde al mercado laboral.	Agosto 2023	Permanente	Programa de movilidad implementado.
Aumentar el número de alumnos tanto de la misma UV como de otras instituciones	Fortalecer la difusión del posgrado.	Agosto 2023	Permanente	Programa de difusión del posgrado.
Optimizar el aprovechamiento escolar	Asesoramiento permanente y multidisciplinario a los estudiantes.	Agosto 2023	Permanente	Eficiencia terminal elevada.

Superación académica	Promover que los integrantes del NAB sean certificados por PRODEP O SIN.	Agosto 2024	Permanente	Programa de superación académica implementado.
Mantener en buen estado e incrementar la infraestructura	Mantenimiento periódico de la infraestructura ya existente. Gestión de infraestructura y a través de proyectos financiados por CONACyT y/o por la iniciativa privada.	Agosto 2024	Permanente	100% de la infraestructura en buen estado.
Calidad del programa de posgrado	Implementación de un sistema interno de aseguramiento de la calidad.	Agosto 2024	Permanente	Cumplir con las metas establecidas para alcanzar la consolidación del posgrado.
Fortalecer el acervo bibliográfico	Incrementar el acervo bibliográfico.	Agosto 2024	Permanente	Acervo bibliográfico fortalecido.