

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

# Plan de estudios

## Actualización

Octubre de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
**CHAPINGO**



Maestría en  
Ciencia y Tecnología  
Agroalimentaria

**Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,**  
con registro 515587 en la Dirección General de Profesiones (DGP) de la  
Secretaría de Educación Pública (SEP). Actualización aprobada por el H. Consejo  
Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en fecha 6 de  
noviembre de 2023, según acuerdo 1227-6, y registrada en la DGP-SEP en fecha  
20 de marzo de 2024. Alineación a los criterios del Sistema de Evaluación y  
Acreditación de la Educación Superior (SEAES) aprobada por la Subdirección de  
Planes y Programas de Estudio de la UACH en fecha 22 de octubre de 2025.

## **Directorio**

Dr. Angel Garduño García

*Rector*

M.C. Noe López Martínez

*Director General Académico*

Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros

Directora General de Investigación, Posgrado y Servicio

M.C. Nancy Toriz Robles

*Directora del Departamento de Ingeniería Agroindustrial*

Dr. Jorge Víctor Prado Hernández

*Coordinador General de Estudios de Posgrado*

M. C. José Ramón Soca Cabrera

*Subdirector de Planes y Programas de Estudio*

Dr. Salvador Valle Guadarrama

*Coordinador del Programa de Posgrado*

*en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria*

## **Comisión de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**

### **Dr. Emmanuel Flores Girón**

Vocal por la Línea de Investigación e Incidencia Social en  
Alimentos Frescos y Procesados

### **Dra. Landy Hernández Rodríguez**

Vocal por la Línea de Investigación e Incidencia Social en  
Alimentos Funcionales e Innovadores

### **Dra. Diana Guerra Ramírez**

Vocal por la Línea de Investigación e Incidencia Social en  
Bioprocesos Agroalimentarios

### **Dr. Salvador Valle Guadarrama**

Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado en  
Ciencia y Tecnología Agroalimentaria

## **Núcleo Académico del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**

Dr. Eleazar Aguirre Mandujano	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dr. J. Joel E. Corrales García	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Anastacio Espejel García	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Teodoro Espinosa Solares	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Emmanuel Flores Girón	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dra. Diana Guerra Ramírez	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dr. Arturo Hernández Montes	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dra. Blanca E. Hernández Rodríguez	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dra. Landy Hernández Rodríguez	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dra. Consuelo S. O. Lobato Calleros	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dr. Artemio Pérez López	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Benito Reyes Trejo	Departamento de Preparatoria Agrícola
Dra. Ofelia Sandoval Castilla	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Salvador Valle Guadarrama	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada	Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Dr. Holber Zuleta Prada	Departamento de Preparatoria Agrícola

# Contenido

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Fundamentación Pedagógica y Científica.....</b>	<b>6</b>
3.1.	La visión de modelo educativo en la UACH.....	6
3.2.	Enfoque educativo por objetivos de la MCyTA.....	11
3.3.	El SEAES.....	12
3.4.	Fundamentación científica .....	12
3.4.1.	Entorno socioeconómico.....	12
3.4.2.	El sistema agroalimentario .....	18
3.4.3.	Tendencias de la agroindustria .....	20
3.4.4.	Tendencias de la ciencia y la tecnología de alimentos .....	23
3.4.5.	Alimentos frescos y procesados.....	24
3.4.6.	Alimentos funcionales e innovadores.....	31
3.4.7.	Bioprocessos agroalimentarios.....	32
3.4.8.	Demanda social .....	37
<b>4.</b>	<b>Ámbitos del profesional.....</b>	<b>40</b>
4.1.	Campos de acción .....	40
4.2.	Esferas de actuación.....	40
4.3.	Funciones generales del profesional .....	40
4.3.1.	Investigación y desarrollo (I+D): .....	41
4.3.2.	Docencia y formación:.....	41
4.3.3.	Consultoría y asesoramiento:.....	41
4.3.4.	Gestión y supervisión:.....	41
4.3.5.	Innovación y emprendimiento: .....	41
4.3.6.	Gestión ambiental y sostenible: .....	41
4.3.7.	Colaboración intersectorial: .....	42
4.4.	Sistema de conocimientos, habilidades, valores y actitudes.....	42
4.4.1.	Sistema de conocimientos.....	42
4.4.2.	Sistema de habilidades.....	43
4.4.3.	Sistema de valores .....	43
4.4.4.	Sistema de actitudes. SEAES .....	43

<b>5. Elementos del plan de estudios .....</b>	<b>44</b>
5.1.    Misión y Visión del Programa Educativo.....	44
5.1.1.    Misión.....	44
5.1.2.    Visión.....	44
5.1.3.    Objeto de estudio.....	44
5.2.    Objetivos generales y específicos.....	45
5.2.1.    Objetivos generales .....	45
5.2.2.    Objetivos educativos .....	46
5.2.3.    Objetivos instructivos.....	46
5.3.    Denominación del Programa Educativo y grado a otorgar .....	46
<b>6. Perfil de ingreso.....</b>	<b>47</b>
6.1.    Requisitos de ingreso .....	47
6.2.    Perfil de ingreso .....	48
<b>7. Perfil de egreso.....</b>	<b>49</b>
7.1.    Objetivos educacionales .....	49
7.2.    Objetivos profesionales.....	49
7.3.    Perfil de egreso .....	49
7.4.    Alineación de los atributos del perfil de egreso a los criterios del SEAES.....	50
<b>8. Organización y estructura del plan de estudios.....</b>	<b>52</b>
8.1.    Organización por ejes disciplinares .....	52
8.2.    Estructura curricular por áreas académicas .....	52
8.2.1.    Área Metodológica.....	52
8.2.2.    Área de Alimentos Frescos y Procesados .....	53
8.2.3.    Área de Alimentos Funcionales e Innovadores .....	54
8.2.4.    Área de Conocimiento de Bioprocessos Agroalimentarios .....	55
8.3.    Características generales .....	56
8.3.1.    Tronco común .....	56
8.3.2.    Flexibilidad curricular .....	57
8.3.3.    Componente laboral .....	57
8.3.4.    Momentos de movilidad .....	57
8.3.5.    Retribución social.....	58
8.3.6.    Formación integral humanista .....	58
<b>9. Mapa curricular.....</b>	<b>59</b>
9.1.    Ciclos .....	59
9.2.    Estructura curricular.....	59
9.3.    Organización del currículum y mapa curricular .....	59
9.4.    Progresión de aprendizaje .....	60

<b>10. Características del proceso formativo .....</b>	<b>62</b>
10.1.    Mecanismos de evaluación sistemática de los atributos de egreso .....	62
10.2.    Mapeo de progresiones de aprendizaje .....	64
10.3.    Instrumentos de evaluación sistemática de los atributos de egreso .....	65
10.4.    Mecanismos para medir cumplimiento y mejora continua del perfil de egreso .....	65
<b>11. Seguimiento de egresadas y egresados .....</b>	<b>70</b>
11.1.    Seguimiento continuo mediante encuesta.....	70
11.2.    Foro de egresadas y egresados .....	70
<b>12. Requisitos de permanencia y graduación .....</b>	<b>71</b>
12.1.    Requisitos de permanencia.....	71
12.2.    Responsabilidad y retribución social .....	71
12.3.    Requisitos de egreso y obtención del grado.....	72
<b>13. Líneas de investigación e incidencia social.....</b>	<b>74</b>
13.1.    Alimentos frescos y procesados .....	75
13.1.1.    Descripción.....	75
13.1.2.    Objetivo general.....	75
13.1.3.    Objetivos particulares.....	75
13.1.4.    Metas .....	76
13.2.    Alimentos funcionales e innovadores .....	76
13.2.1.    Descripción.....	76
13.2.2.    Objetivo general.....	77
13.2.3.    Objetivos particulares.....	77
13.2.4.    Metas .....	77
13.3.    Bioprocessos Agroalimentarios.....	78
13.3.1.    Descripción.....	78
13.3.2.    Objetivo general.....	78
13.3.3.    Objetivos particulares.....	79
13.3.4.    Metas .....	79
<b>14. Sinopsis de los programas de asignatura.....</b>	<b>80</b>
CTA-601. Métodos estadísticos.....	80
CTA-602. Bioquímica de alimentos .....	81
CTA-603. Tópicos de fisicoquímica.....	82
CTA-604. Sistemas de calidad.....	83
CTA-605. Evaluación sensorial.....	84
CTA-606. Métodos estadísticos multivariados.....	85
CTA-607. Administración y economía de la empresa agroalimentaria .....	86

CTA-608. Herramientas de análisis para el estudio de cadenas agroalimentarias.....	87
CTA-609. Bioeconomía y cadenas de valor .....	88
CTA-616. Curso especial I .....	89
CTA-617. Curso especial II .....	90
CTA-621. Seminario de investigación I .....	91
CTA-622. Seminario de investigación II .....	92
CTA-623. Seminario de investigación III .....	93
CTA-624. Proyecto de investigación I.....	94
CTA-625. Proyecto de investigación II.....	95
CTA-626. Proyecto de investigación III.....	96
CTA-627. Proyecto de investigación IV .....	97
CTA-628. Tesis de grado.....	98
CTA-631. Química de la leche.....	99
CTA-632. Sistemas de producción de bovinos lecheros .....	100
CTA-633. Microbiología de la leche.....	101
CTA-634. Tecnología de productos lácteos .....	102
CTA-635. Sistemas de producción hortofrutícola.....	103
CTA-636. Fisiología y bioquímica postcosecha de productos hortofrutícolas.....	104
CTA-637. Tecnología poscosecha de productos hortofrutícolas .....	105
CTA-638. Inocuidad de productos hortofrutícolas frescos .....	106
CTA-651. Fundamentos de análisis instrumental de alimentos .....	107
CTA-652. Tecnología de alimentos funcionales .....	108
CTA-653. Métodos para la protección de agentes bioactivos .....	109
CTA-654. Aplicación de enzimas en alimentos .....	110
CTA-655. Funcionalidad de los componentes lácteos .....	111
CTA-656. Propiedades de los sistemas alimenticios y su medición .....	112
CTA-657. Estructura y función de péptidos bioactivos .....	113
CTA-658. Bioquímica y fisiología microbiana .....	114
CTA-671. Tópicos selectos de química orgánica en bioprocessos .....	115
CTA-672. Bioprocessos.....	116
CTA-673. Fenómenos de transporte en bioprocessos .....	117
CTA-674. Simulación de sistemas biológicos .....	118
CTA-675. Ingeniería de control .....	119
CTA-676. Metabolitos secundarios de productos y subproductos agrícolas .....	120
CTA-677. Métodos de separación y de análisis espectroscópico.....	121
CTA-678. Ingeniería de sistemas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas .....	122

<b>15.</b>	<b>Sinopsis del currículum vitae del personal académico.....</b>	<b>123</b>
<b>16.</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>127</b>
<b>17.</b>	<b>Acuerdos de aprobación y registro.....</b>	<b>134</b>
17.1.	Por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial (CODIA).....	134
17.2.	Por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo.....	134
17.3.	Registro de Actualización ante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en fecha 20 de marzo de 2025 con clave de carrera 515587 y folio 3230963.....	134
17.4.	Alineación a los criterios del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) por la Subdirección de Planes y Programas de Estudio de la Universidad Autónoma Chapingo en fecha 22 de octubre de 2025.....	135

## 1. Introducción

La **Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA)** es un programa ofrecido por el Programa de Estudios de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, con adscripción en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. Es un programa de excelencia internacional, líder en la formación de recursos humanos para los sistemas agroalimentarios, con Líneas de Investigación e Incidencia Social pertinentes e innovadoras, vinculadas con un enfoque sostenible y de compromiso social.

El objeto de estudio de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria corresponde a los sistemas agroalimentarios, que comprenden el recorrido de los alimentos desde la explotación agrícola hasta la mesa, incluidos los momentos en que se cultivan, pescan, cosechan, elaboran, envasan, transportan, distribuyen, comercializan, preparan y consumen. En tal sentido, la MCyTA atiende la misión de formar recursos humanos altamente calificados y especializados para los sistemas agroalimentarios, capaces de contribuir al desarrollo sostenible del país mediante la investigación científica para la generación de conocimiento, la difusión de éste y su aplicación para la generación de tecnología.

La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria desarrolla tres Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), denominadas Alimentos Frescos y Procesados, Alimentos Funcionales e Innovadores y Bioprocesos Agroalimentarios. Los alimentos de origen vegetal y animal constituyen un objeto de estudio central. Entre los primeros están las leguminosas, los cereales, las oleaginosas, los cultivos industriales, como café, cacao y caña de azúcar, y las frutas y hortalizas, manejados tanto en estado fresco, como procesado. Entre los alimentos de origen animal, se consideran a los productos lácteos y cárnicos. En la LIES de Alimentos Frescos y Procesados se estudian estos materiales desde la visión de los sistemas agroindustriales a través de los cuales son producidos, procesados y comercializados, hasta los aspectos fundamentales de su composición, estructura y comportamiento. El principal reto de las investigaciones se centra en un abastecimiento oportuno de materias primas, en los volúmenes exigidos por la demanda social y con la calidad requerida, así como en la reducción de costos y la reducción de pérdidas y desperdicios postcosecha.

En el contexto del consumo de alimentos, el concepto tradicional de que la dieta debe aportar nutrientes esenciales ha evolucionado. Hoy se reconoce que los alimentos también contienen compuestos bioactivos que benefician la salud, reducen el riesgo de contraer enfermedades crónicas y contribuyen al bienestar. Así, los alimentos funcionales destacan por su capacidad de mejorar diversas actividades del organismo más allá de la nutrición básica, promoviendo la salud o disminuyendo riesgos de enfermedad. Su producción implica aumentar componentes naturales, añadir nuevos o reemplazar ingredientes menos saludables, garantizando que mantengan su funcionalidad durante la fabricación, almacenamiento y consumo. Además, deben ser sensorialmente comparables a los alimentos tradicionales y viables para la industria. En tal sentido, la LIES de Alimentos Funcionales e Innovadores se enfoca al desarrollo de biopolímeros y sistemas dispersos (emulsiones,

nanoemulsiones, liposomas), usados como protectores de compuestos bioactivos. También formula productos más saludables, incorporando ingredientes nutracéuticos y optimizando procesos para innovar en la agroindustria.

Por otro lado, el programa considera el desarrollo de bioprocesos agroalimentarios, a través de la combinación de materiales renovables y sistemas biológicos para desarrollar productos de alto valor agregado, como alimentos, biocombustibles, nutracéuticos, fármacos y biomateriales, beneficiando diversas industrias de manera sostenible. Esta disciplina incluye áreas como tecnologías de fermentación, separación, procesamiento y almacenamiento de productos agrícolas, conversión de biomasa, biorremediación y modelado de materiales biológicos. Además, integra sensores, tecnologías computacionales y metodologías avanzadas para el control y optimización de procesos. En este contexto, la LIES de Bioprocесos Agroalimentarios atiende temas de investigación que abarcan el aislamiento y caracterización de metabolitos secundarios, producción de biodiesel a partir de semillas oleaginosas, síntesis de moléculas agroindustriales, desarrollo de biocombustibles y bioplásticos, así como la modelación y optimización dinámica de bioprocесos. Por su carácter interdisciplinario, la ingeniería de bioprocесos aborda problemas en la intersección de la biotecnología y la ingeniería química, colaborando con diversas disciplinas para enfrentar retos agroindustriales complejos.

La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se cursa en dos años, con 75 créditos. El plan de estudios incluye tres asignaturas obligatorias y tres de carácter optativo, que pueden elegirse entre un conjunto de asignaturas que imparte el personal académico del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria o bien tomarse en otros programas académicos de la Universidad Autónoma Chapingo o incluso en otra institución con la que se tenga convenio. Todo el detalle de cursos puede consultarse en la página del Posgrado (<https://pcyta.posgrado.chapingo.edu.mx>). Además, las y los estudiantes pueden registrar cursos especiales, cuyo contenido se define en función de sus necesidades formativas. En conjunto, todo esto le da suficiente flexibilidad al plan de estudios para favorecer una formación amplia e interdisciplinaria. El plan de estudios de la MCyTA está actualizado e incorpora los últimos avances en el área de la ciencia y la tecnología agroalimentaria. A lo largo de su formación, las y los estudiantes registran y desarrollan un proyecto de investigación, cuyo seguimiento se realiza a través de Seminarios de Investigación. La culminación del proyecto da lugar a la elaboración de una tesis, que constituye un requisito parcial para la obtención del grado de Maestra en Ciencias o Maestro en Ciencias. En adición, las y los estudiantes deben atender actividades de retribución social, lo cual es una exigencia de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México. Asimismo, en concordancia con las políticas del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES), dependiente de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México, el plan de estudios desarrolla valores de compromiso con la responsabilidad social, equidad social y de género, inclusión, excelencia, vanguardia, innovación social e interculturalidad. Al final, las y los maestrantes realizan la defensa de la tesis, a través de un examen que presentan ante un Sínodo que dictamina el otorgamiento del grado de Maestría en Ciencias.

El Núcleo Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria integra a 16 profesoras y profesores. El 87.5% de ellas y ellos pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de México, entre quienes están personas con nivel de emeritazgo, nivel III, nivel II y nivel I.

El Programa dispone de laboratorios con la infraestructura necesaria para el desarrollo de proyectos de investigación con especialidad en productos lácteos, productos cárnicos, fisiología y tecnología postcosecha, atmósferas y ambientes controlados para el manejo de frutas y hortalizas, estudio de productos naturales en especies vegetales, reología de sistemas dispersos, desarrollo de alimentos funcionales e innovadores, biotecnología y bioprocessos con énfasis en procesos de separación y en la producción de bioenergéticos. Los laboratorios cuentan con la infraestructura básica, dada por la disponibilidad de instrumental y equipos como balanzas granatarias y analíticas, parrillas de agitación y orbitales, potenciómetros, espectrofotómetros, equipos de liofilización y sistemas de extracción de productos por distintas metodologías. Asimismo, se cuenta con equipo especializado, como un analizador de textura, colorímetros, un analizador de tamaño de partícula, un medidor de potencial Z, cromatógrafos de líquidos de alta resolución y cromatógrafos de gases, estos últimos acoplados a espectrometría de masas. Asimismo, se dispone de reómetros, un espectrofotómetro con lector de microplacas, espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) e incluso un espectrómetro de resonancia magnética nuclear (RMN). Asimismo, se cuenta con acceso a servicios de microscopía electrónica de barrido (SEM).

La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se destaca por su enfoque integral y pertinencia frente a los desafíos de los sistemas agroalimentarios. Sus fortalezas radican en su carácter interdisciplinario, que integra conocimientos científicos, tecnológicos y sociales, y en la flexibilidad de su plan de estudio, actualizado con los últimos avances del área. Además, la infraestructura de vanguardia permite desarrollar investigaciones de impacto en áreas clave como los alimentos frescos y procesados, los alimentos funcionales, los bioprocessos y la sostenibilidad, lo cual no sólo fomenta la innovación, sino que también garantiza la preparación de profesionales capaces de contribuir al bienestar social y ambiental. En resumen, la MCyTA es fundamental para impulsar sistemas agroalimentarios sostenibles y equitativos, formando expertos que lideren el desarrollo tecnológico y atiendan las necesidades de un sector estratégico para el desarrollo global.

## 2. Antecedentes

La Universidad Autónoma Chapingo inició el desarrollo de estudios de posgrado en 1959, con la fundación del Colegio de Postgraduados de Chapingo (CP). Sin embargo, casi dos décadas después, el CP se separó y se constituyó en una institución independiente de la Universidad.

En virtud de que el Artículo 3º de la Ley que crea la UACh declara que uno de los objetivos de la Universidad Autónoma Chapingo es la formación de capital humano a nivel posgrado, para contribuir a la solución de problemas del medio rural (DOF, 1974, 1977), la institución reinició sus actividades de enseñanza e investigación a nivel posgrado en 1978 con la fundación de la Maestría en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural. Posteriormente se establecieron los Programas de Maestría en Ciencias en: Sociología Rural (1980), Producción Animal (1983), Protección Vegetal (1984) y Ciencias Forestales (1986), continuando este proceso hasta construir una oferta educativa de 14 programas de maestría y 12 programas de doctorado en 2022, la mayoría reconocidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) hasta el 2022.

Con el traslado de la Escuela Nacional de Agricultura a Chapingo en 1923, de la Hacienda de San Jacinto en el Distrito Federal, a la Hacienda de Chapingo, en Texcoco de Mora, México, se creó la Especialidad de Industrias Agrícolas, como una de seis que contemplaba la Carrera de Ingeniero Agrónomo. En 1957 se crearon los Departamentos de Enseñanza, Investigación y Servicio (DEIS), con una oferta educativa formada por siete carreras, entre las cuales estaba la de Ingeniero Agrónomo Especialista en Industrias Agrícolas. En 1988, la carrera cambió su denominación, de Ingeniero Agrónomo Especialista en Industrias Agrícolas a Ingeniero Agroindustrial. Asimismo, la Unidad Académica adoptó el nombre de Departamento de Ingeniería Agroindustrial (DIA). En 2023, la Universidad Autónoma Chapingo (UACh) ha acumulado una trayectoria histórica de 100 años en la formación de recursos humanos y en la elaboración de estudios de la agroindustria nacional y, junto con ella, el Departamento de Ingeniería Agroindustrial dispone de una planta consolidada de profesores que cuentan con Doctorado en Ciencias, Maestría en Ciencias y Especializaciones, así como con la experiencia que les ha proporcionado el contacto directo con la agroindustria, en sus distintos niveles. Además, cuenta con una importante colaboración de profesores con igual formación, adscritos a los Departamentos de Preparatoria Agrícola y Fitotecnia, principalmente.

El desarrollo de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se remonta a la década de 1990. Como resultado de un trabajo efectivo de un grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, a partir de 1997, como parte de la Visión Departamental, se iniciaron actividades para elaborar un proyecto que respaldara la creación del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Paralelamente, se contó con la colaboración de profesores de los Departamentos de Preparatoria Agrícola, Fitotecnia, Zootecnia, del Centro Regional Universitario del Oriente y del CIESTAAM. En este contexto, el H. Consejo Universitario de

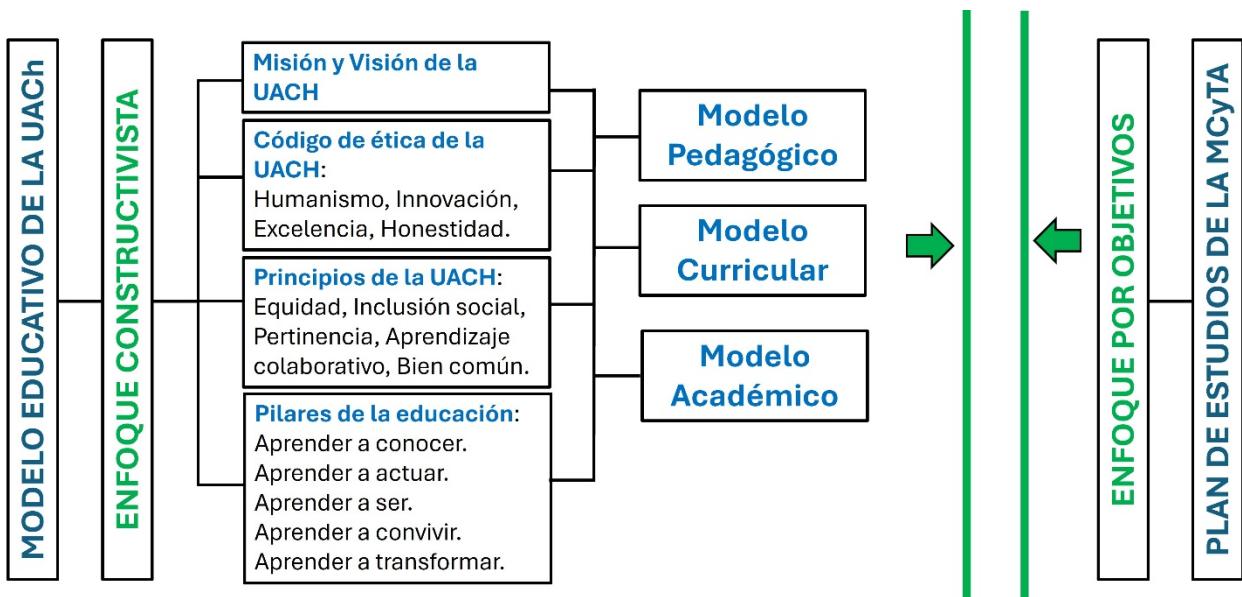
la Universidad Autónoma Chapingo aprobó el Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) el 13 de agosto de 2001, con lo que la primera generación inició formalmente en julio de 2002. En el año 2004, el Programa de Maestría en CyTA fue aceptado en el Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP 2) de SEP-CONACYT. Posteriormente, en 2006, el Programa fue aceptado en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT y ha sido parte de este hasta la fecha. Con fecha 20 de julio de 2023, el Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria fue postulado para su transición al Sistema Nacional de Posgrados-SEP.

En el año 2023 el Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria fue actualizado con el acompañamiento de la Subdirección de Planes y Programas de Estudio y la consideración de los siguientes elementos generales: (1) el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (DOF, 2019b), (2) la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, aprobada por la Cámara de Diputados en mayo de 2023 (DOF, 2023), (3) los Lineamientos de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), (4) los Lineamientos de Sistema Nacional de Posgrados (SNP), (5) el Plan de Desarrollo Institucional 2009-2025 de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH-UPOM, 2009), (6) el diagnóstico interno y externo, (7) el estudio del estado del arte de las líneas de generación y aplicación del conocimiento (LIES), y (8) el Reglamento para la Autorización, Aprobación y Registro de Planes y Programas de Estudio de la Universidad Autónoma Chapingo. La actualización se realizó con el objetivo de desarrollar un programa de maestría en ciencias pertinente, que permita la formación de capital humano comprometido con la sociedad y sus necesidades, que conozca y atienda activamente la problemática del sector agroindustrial en general y de los sistemas agroalimentarios en particular.

### 3. Fundamentación Pedagógica y Científica

#### 3.1. La visión de modelo educativo en la UACH

El modelo educativo de la Universidad Autónoma Chapingo (MEUACH) se expresa en la concreción en términos pedagógicos y en los paradigmas que la Institución profesa y que sirven de referencia para todas las funciones que cumple (docencia, investigación, difusión de la cultura, servicio y la gestión académico-administrativa) y que permiten la formación de las personas. El MEUACH está sustentado en distintos elementos que incluyen la misión y visión universitarias, el código de ética de la Universidad y un conjunto de principios básicos que ostenta la institución (Figura 1).



**Figura 1.** El plan de estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) en el contexto del Modelo Educativo de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

La misión y visión universitarias, que se establecen formalmente en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2009-2025 (UACH-UPOM, 2009), concentran en su texto los principios, funciones y las aspiraciones de la Universidad:

**Misión.** La Universidad Autónoma Chapingo es una institución mexicana federal de carácter público que contribuye al desarrollo nacional soberano y sustentable, preferentemente del sector rural, a través del aprovechamiento racional, económico y social de los recursos naturales, agropecuarios, forestales y agroindustriales. Para ello, ofrece educación media superior, superior y de posgrado, que forma profesionales

íntegros con juicio crítico, democrático y humanístico, y logra transferir oportunamente las innovaciones científicas y tecnológicas a la sociedad, sobre todo al sector rural, con el fin de mejorar su calidad de vida.

**Visión.** La Universidad Autónoma Chapingo (UACH) es una institución mexicana pública, pertinente, con liderazgo y reconocimiento en el nivel nacional e internacional, de alta calidad académica en la educación que ofrece, los servicios y la transferencia de las innovaciones científicas y tecnológicas que realiza, la importancia y magnitud de sus contribuciones en investigación científica y tecnológica y el rescate y difusión cultural que desarrolla. La UACH promueve la identidad y el desarrollo nacional soberano, sustentable e incluyente mediante el mejoramiento de las condiciones económicas, sociales, culturales y de calidad de vida de la población rural y marginada; educa integralmente a sus estudiantes y egresados con un juicio humanista, justo, científico, ecológico, democrático y crítico, con identidad nacional, perfil internacional y valores que les permiten ser tolerantes, emprendedores, sensibles y capaces de adaptarse a los rápidos cambios que la modernidad exige. La estructura, la organización y los programas académicos de la universidad son flexibles y con una actualización permanente, lo cual coadyuva a la educación para la vida y se refleja tanto en la presencia positiva de la institución como en el protagonismo de sus egresados en los ámbitos nacional y mundial.

El código de ética fue aprobado por el H. Consejo Universitario, en sesión ordinaria celebrada el 8 de mayo de 2023 e incluye los siguientes valores (UPOM, 2023):

- a) **Humanismo: el valor de las personas.** Las mujeres y los hombres de la Universidad Autónoma Chapingo aplicamos como principio unificador el hecho de ser personas antes de buscar nuestras diferencias, perseveramos en manifestar aquello que nos une e identifica. Sabemos que la labor en equipo enriquece el trabajo y la convivencia, al converger ideas y formas de pensar. La armonía no es pensar lo mismo, sino reconocer la capacidad de acordar mediante el diálogo abierto y respetuoso, sin olvidar que el cimiento fundamental es la empatía.
- b) **Excelencia: valor agregado.** La Universidad Autónoma Chapingo brinda calidad en sus servicios para la formación de profesionistas, vinculados a la solución de la problemática del medio rural, para lo cual cuenta con los recursos humanos competitivos y de excelencia, fuente de conocimiento y generación en la innovación en ciencias agrícolas. La excelencia vive en cada persona que conforma la institución, viéndose reflejada en su quehacer habitual. Su fortaleza radica en la capacidad de sus mujeres y hombres para contribuir a la transformación día con día de la nación, en la búsqueda de su desarrollo y mejores condiciones de vida para la población. Nuestro compromiso es con la Institución, con la patria y nuestros familiares, pero fundamentalmente con nosotros, sin escatimar esfuerzos, damos lo mejor, a fin de fomentar el funcionamiento y crecimiento de la institución.
- c) **Innovación.** Consideramos indispensable adelantarnos a nuestro tiempo y circunstancia, es por ello que siempre tratamos de solucionar los problemas con empeño, buscando respuestas ingeniosas, en consecuencia, evolucionamos en conjunción con el conocimiento, nutriéndonos con imaginación, empero siendo objetivos para cumplir nuestras aspiraciones y planes visualizados. Promovemos que las innovaciones científicas, la cultura, los aportes de la Institución estén orientados al mejoramiento de los procesos y resultados de las actividades productivas en el medio rural, respetando la biodiversidad y la multiculturalidad.

d) **Honestidad.** Las y los integrantes de la Universidad Autónoma Chapingo nos conducimos con integridad en cada una de nuestras actividades, en nuestra relación como estudiantes, trabajadores, académicos, investigadores y funcionarios, en el cuidado y conservación del patrimonio universitario, los recursos materiales y el respeto del bien ajeno; dirigiendo nuestra conducta individual y colectiva en los más elevados principios de la honestidad. Nos autocriticamos a fin de perfeccionar nuestro actuar lo que nos brinda la oportunidad de ser mejores cada día, aprendiendo con humildad de las circunstancias que se presenten.

En adición, el MEUACH considera los siguientes principios que ostenta la Universidad:

- a) **Equidad.** El principio de equidad se expresa de manera enfática en la frase *que nadie se quede atrás*, que las desigualdades de las y los estudiantes por razones económicas, sociales, o de vulnerabilidad, entre otros, no impidan su ingreso, permanencia y titulación en tiempo y forma. Este principio está en armonía con el fortalecimiento de sociedades más justas, equitativas e inclusivas. Es importante que no se confunda equidad con uniformidad.
- b) **Inclusión social.** Parte de la premisa de que la educación superior es un derecho humano, sin discriminar su origen, religión, etnia, orientación sexual, capacidad intelectual, género, lugar de residencia, entre otros. El uso de las Tecnologías de la Información, Comunicación, Conocimiento y Aprendizaje Digitales (TICCAD) debe favorecer este principio.
- c) **Pertinencia.** Entendida como la adecuación e idoneidad integral de contenidos, metodologías, modalidades y de ambientes de aprendizaje con el perfil de quienes egresen, de cara a los desafíos y exigencias de la sociedad y al desarrollo de las disciplinas y las profesiones.
- d) **Aprendizaje colaborativo.** En armonía con el paradigma educativo aprender a aprender a lo largo de la vida, se debe promover como prioritario y estratégico el aprendizaje colaborativo, basado en el trabajo en equipo de las y los estudiantes, incluyendo el uso de las TICCAD.
- e) **Bien común.** En armonía con la premisa de que la educación es un derecho, el aprendizaje debe considerarse un bien que es de beneficio para la comunidad y que contribuye a un desarrollo inclusivo del estudiantado y de la sociedad de la cual forman parte.

En este contexto, el paradigma educativo que integra el MEUACH se centra en la formación integral y en el enfoque de la socioformación de los alumnos, así como en el proyecto ético de vida y los principios filosóficos de la Institución. De manera específica, el MEUACH se estructura mediante el **enfoque constructivista**, basado a su vez en el enfoque socioformativo, cuya concepción se ha basado en los preceptos de Tobón et al. (2015) y Tobón (2017), que lo definen como una perspectiva educativa que orienta a la formación integral de los ciudadanos a partir del abordaje de problemas del contexto, en un marco de trabajo colaborativo, considerando el proyecto ético de vida de cada uno de los actores, el emprendimiento mediante proyectos transversales, la gestión y co-creación de saberes y la metacognición, tomando como base las tecnologías de la información y la comunicación.

Asimismo, el MEUACH se fundamenta en lo establecido por Delors (1994) y la UNESCO (2020) en relación con los cinco pilares de la educación:

- a) **Aprender a conocer.** En función de la celeridad de los avances científico-tecnológicos ligados a las nuevas formas económicas y sociales, es menester conciliar una cultura general suficientemente amplia que permita ahondar en un saber específico.
- b) **Aprender a actuar.** Además del aprendizaje de un oficio o profesión, conviene adquirir competencias que permitan una formación crítica para hacer frente a nuevas situaciones y facilitar el trabajo en equipo.
- c) **Aprender a ser.** Fomentar una mayor capacidad de autonomía y de juicio que vaya a la par del fortalecimiento de la responsabilidad personal en la realización del destino colectivo.
- d) **Aprender a convivir.** Crear una mentalidad que, gracias a la comprensión de nuestra creciente interdependencia y a un análisis compartido de los riesgos y los desafíos del futuro, impulse la realización de proyectos comunes o bien la puesta en práctica de una gestión inteligente y pacífica ante los inevitables conflictos.
- e) **Aprender a transformar.** Supone como premisa la capacidad de cambiar e incluye trabajar por una sociedad neutral, sin discriminación. Asimismo, desarrollar la habilidad y la voluntad de integrar estilos de vida sostenibles y actuar para lograr la solidaridad social y promover la democracia.

El MEUACH está integrado, a su vez, por un Modelo Pedagógico, un Modelo Curricular y un Modelo Académico.

El Modelo Pedagógico (MPUACH) se configura como un marco integral para orientar el proceso educativo desde una perspectiva constructivista, que prioriza la construcción activa del conocimiento, la autonomía y el pensamiento crítico en los estudiantes. Este modelo articula elementos filosóficos, sociológicos, epistemológicos y psicopedagógicos para promover una educación contextualizada y orientada a la resolución de problemas reales. El MPUACH se centra en responder preguntas clave relacionadas con el aprendizaje, la didáctica, los recursos y la evaluación, integrando recursos tecnológicos y metodologías que favorecen el aprendizaje experiencial. Su sustento teórico se basa en principios del constructivismo y el pensamiento crítico, incorporando estrategias que desarrollan la metacognición y la autorregulación. En este modelo, el docente actúa como mediador y orientador, facilitando el desarrollo de competencias cognitivas, emocionales y sociales. Asimismo, fomenta una formación integral que trasciende los contenidos disciplinares, promoviendo valores éticos y responsabilidad social. La flexibilidad del MPUACH permite adaptarse a las necesidades de los estudiantes y de la sociedad, destacando su relevancia en un contexto educativo que exige innovación y compromiso con la transformación social.

El Modelo Curricular (MCUACH) se presenta como un marco de referencia que guía la planificación, diseño y ejecución de programas educativos, articulando elementos conceptuales, teóricos y prácticos. Este modelo, basado en una representación simbólica del proceso curricular, responde a objetivos educativos que integran enfoques pedagógicos, didácticos y estratégicos, y busca garantizar una formación integral de los estudiantes. Desde su perspectiva pedagógica, el MCUACH es una propuesta organizada para seleccionar y estructurar contenidos y actividades que permitan alcanzar un perfil de egreso definido. Este enfoque considera elementos clave como el aprendizaje significativo y la socioformación, destacando pilares fundamentales como “aprender a aprender”, “aprender a hacer”, “aprender a convivir”, “aprender a ser” y “aprender a transformar”, en sintonía con

las recomendaciones de Delors (1994) y de organismos internacionales como la UNESCO (2020). Así, el modelo busca desarrollar en los estudiantes habilidades críticas, reflexivas, creativas e innovadoras para enfrentar problemas sociales y personales, enfatizando el aprendizaje situado y basado en proyectos. El aprendizaje experiencial también es central en el MCUACH, inspirado en teorías como las de Dewey (2004), que subraya la importancia de aprender a través de la práctica. Este enfoque fomenta la conexión entre el aula y la comunidad, promoviendo actividades significativas y contextualizadas que permitan a las alumnas y los alumnos aplicar conocimientos en situaciones reales. Además, el modelo integra metodologías como el aprendizaje basado en problemas, proyectos y análisis de casos, reforzando la interacción entre teoría y práctica en un entorno social y diverso. Un aspecto importante del MCUACH es la flexibilidad curricular, entendida como la capacidad de adaptar el currículo a las necesidades cambiantes de la sociedad, la profesión y el entorno laboral. Esto implica reorganizar contenidos y metodologías, promoviendo una educación que combina conocimientos, habilidades, valores y actitudes. La flexibilidad se refleja en la organización temporal y espacial de los contenidos, el diseño de mapas curriculares, y la movilidad académica, elementos que facilitan una formación dinámica y personalizada. Finalmente, el modelo está sustentado en principios como el humanismo, la responsabilidad social y la sustentabilidad, promoviendo una educación innovadora y orientada al cambio social. Mediante la integración de estos valores y enfoques, el MCUACH establece un marco educativo que forma individuos capaces de contribuir de manera significativa a la sociedad y al desarrollo sostenible.

Por otro lado, el Modelo Académico (MAUACH) comprende las acciones de planeación, orientación y evaluación académica. Es un medio que permite a los docentes y alumnos organizar el quehacer académico en lo referente al proceso de aprendizaje, asistencia, evaluación, prácticas profesionales, procedimientos académico-administrativos de los distintos programas educativos y modalidades. El objetivo del MAUACH es precisar las líneas de trabajo que deben dar sustento a la incorporación del Modelo Educativo de la UACH en los programas educativos de la Institución, para llevarlas a la práctica mediante acciones intencionadas e institucionales, a través de tareas que se espera desarrollos cada una de las instancias académico-administrativas de la Universidad. La administración de cada unidad académica es la responsable de la implementación del Modelo Académico, para lo cual se deben ofrecer los elementos para hacer operativo el MEUACH, principalmente a través de la organización curricular. Asimismo, se debe garantizar que los actores (personal académico, estudiantes, funcionarios y personal administrativo de apoyo) comprendan la importancia de su participación y asuman el compromiso para operar el Modelo, con base en los principios, valores, código de ética y la responsabilidad social. También, el Modelo Académico debe servir de guía para el diseño de nuevos programas educativos, así como para la tarea de revisión y modificación de los programas educativos existentes.

### **3.2. Enfoque educativo por objetivos de la MCyTA**

La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) basa sus procesos de enseñanza-aprendizaje en un enfoque educativo por objetivos (Figura 1), los cuales (1) son claros y específicos, (2) son evaluables, (3) guían el diseño del plan de estudios, (4) orientan la evaluación de los estudiantes en función de su capacidad para alcanzarlos y (5) favorecen una alineación estrecha de ellos con el aprendizaje y la evaluación.

En virtud de que el MEUACH se estructura mediante el enfoque constructivista, los objetivos de la MCyTA están orientados al desarrollo, por un lado, de competencias tales como el pensamiento crítico, la capacidad de investigar, la resolución de problemas y la creación de nuevo conocimiento, atendiendo criterios de compromiso con la responsabilidad social, la vanguardia, la excelencia y la innovación social y, por otro, el desarrollo de atributos transversales socioformativos, tales como la equidad social y de género, la inclusión y la interculturalidad. En adición, los objetivos no son prescriptivos ni cerrados, sino que ofrecen margen para la interpretación y el enfoque personal, alineándose con las necesidades e intereses de las y los estudiantes.

El enfoque constructivista prioriza que los estudiantes sean agentes activos en su aprendizaje. Por tanto, las actividades diseñadas para alcanzar los objetivos permiten exploración, análisis y aplicación práctica. Por ello, el Plan de Estudios de la MCyTA incluye el desarrollo de un proyecto de investigación a cargo de cada estudiante y se desarrollan seminarios donde se fomenta la discusión. En adición, aunque el plan de estudios se enfoca en la consecución de metas específicas, también incorpora estrategias de evaluación que valoran el proceso de aprendizaje al interior del conjunto de asignaturas.

Asimismo, el Plan de Estudios incluye una descripción de las estrategias y métodos de enseñanza que se utilizan para alcanzar los objetivos de aprendizaje. Se establecen métodos de evaluación claros y se proporcionan criterios para medir el progreso y el logro de los estudiantes en relación con los objetivos. El Plan de Estudios es flexible y puede adaptarse a las necesidades específicas de cada estudiante. Con ello, se tienen en cuenta las diferencias individuales de las y los estudiantes y es factible incluir estrategias para atender distintos estilos de aprendizaje y necesidades específicas, con el apoyo de un Comité Asesor.

También, los profesores actúan como mediadores, orientadores y facilitadores del aprendizaje, ayudando a las y los estudiantes a alcanzar los objetivos planteados sin imponerles un camino rígido. Ello implica fomentar la autonomía y guiar a las y los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento a través de cursos optativos, el propio proyecto de investigación y discusiones que se realizan en reuniones con el Comité Asesor.

En general, los objetivos están diseñados como guías flexibles que apoyan el aprendizaje autónomo y reflexivo de las y los estudiantes, asegurando que las metodologías y evaluaciones estén alineadas con los principios constructivistas. Finalmente, se establece un proceso de revisión y actualización periódica, para mantener el Plan de Estudios relevante y efectivo a lo largo del tiempo.

### **3.3. El SEAES**

El Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) en México se creó a partir de la promulgación de la Ley General de Educación Superior (LGES; DOF, 2019a) aprobada en abril de 2021. Por disposición de la misma Ley, su diseño quedó a cargo del Consejo Nacional para la Coordinación de la Educación Superior (CONACES). En diciembre de 2021, se formuló y aprobó un primer diseño del SEAES. Un año después, en diciembre de 2022, el CONACES aprobó la Política Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (PNEAES), después de un amplio proceso de sensibilización y diálogo con numerosas instituciones de educación superior (IES) y Comisiones Estatales para la Planeación de la Educación Superior (COEPES) en las entidades federativas, así como con diversas entidades evaluadoras. En este proceso se contó con el apoyo de la Comisión para Instrumentar la Conformación y Funcionamiento del SEAES formada por el CONACES, así como del Comité Asesor de la Coordinación Ejecutiva del SEAES.

En la PNEAES se establecieron las bases conceptuales y la estructura general de operación del SEAES, así como los tipos de evaluación, los ámbitos de evaluación y mejora continua y los criterios orientadores transversales, entre otros elementos básicos que requiere la resignificación de la evaluación de la educación superior para la transformación de la educación superior en nuestro país, en sintonía con la Ley General de Educación, la Ley Reglamentaria del Artículo 3o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de mejora continua de la educación, la LGES y el Plan Nacional de Desarrollo.

El Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) establece que los Planes de Estudio deben formar en los estudiantes los siguientes siete criterios transversales: compromiso con la responsabilidad social, equidad social y de género, inclusión, excelencia, vanguardia, innovación social e interculturalidad. Al respecto, el Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria desarrolla un perfil de egreso alineado a estos criterios transversales del SEAES, lo cual se describe con detalle en la secciones 4.4.4, 7.4 y 8.3.6.

### **3.4. Fundamentación científica**

#### **3.4.1. Entorno socioeconómico**

El objeto de estudio de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria corresponde a los sistemas agroalimentarios, que comprenden el recorrido de los alimentos desde la explotación agrícola hasta la mesa, incluidos los momentos en que se cultivan, pescan, cosechan, elaboran, envasan, transportan, distribuyen, comercializan, preparan y consumen. Este sistema resulta tan amplio, que es necesario dividirlo en los subsectores agrícola, pecuario, pesquero, acuícola y agroindustrial. Además, cada uno de éstos viene acompañado de sus cadenas productivas, es decir, el proceso por el que pasa un alimento o producto desde su origen hasta su destino final y en donde interviene una gran cantidad de personas como agricultores, ganaderos, campesinos, pescadores, ingenieros agrónomos, investigadores, entre otros, que gracias a su trabajo hacen posible contar con alimentos (SADER, 2022).

En la región de Norteamérica existe un nuevo marco normativo, el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), también llamado *United States-Mexico-Canada Agreement* (USMCA), dirigido a replantear los términos de flujos comerciales y de inversión entre Canadá, México y Estados Unidos y a incidir en sus relaciones laborales (Covarrubias V. & Dufour-Poirier, 2022). Este nuevo acuerdo pretende modernizar las relaciones comerciales, incluidas las del sector agrícola, sin alejarse de la esencia neoliberal del anterior Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, o *North American Free Trade Agreement*, NAFTA). A más de 25 años del TLCAN, la evidencia empírica demostró que éste logró consolidar la región de América del Norte como la segunda mayor economía y la segunda exportadora del mundo. Sin embargo, es dudoso el beneficio real para México.

Según Hernández Pérez (2021), en el contexto del TLCAN, el PIB del sector agropecuario nacional reportó un crecimiento bajo, con tasa de crecimiento medio anual de 1.6% entre 1995 a 2005 y de 1.9% entre 2005 y 2019. INEGI (2023a) reportó que en el cuarto trimestre del 2020 al 2023, se tuvo un crecimiento medio anual del 2.7%, a pesar de la presencia de la pandemia por Covid 19, ya que se caracterizó por ser un sector dinámico y resiliente. Se consolidó que Estados Unidos es el principal destino de las exportaciones, ya que este país adquiere un poco más de 80% de las ventas, en tanto que Canadá fue nuestro segundo mercado de exportaciones. Al respecto, los principales productos agroalimentarios que el país exporta son cerveza, aguacate, bayas, jitomate, tequila, pimientos, brócoli, carne de bovinos, carne de porcinos y productos del mar. En general, el sector agrícola mexicano se especializó en la exportación de frutas y hortalizas. Sin embargo, se descuidó la producción de granos básicos para el consumo interno, lo que agravó la inseguridad y la dependencia alimentaria, de manera que, en términos de importaciones, las tres cuartas partes de éstas provienen de Estados Unidos, con lo cual se ha profundizado la dependencia alimentaria de México respecto a ese país. De acuerdo con el autor, la población económicamente activa (PEA) ocupada en actividades agropecuarias en México disminuyó significativamente en los últimos 25 años, de forma que, en 2020, se reportó una cifra de 6.57 millones de empleos rurales, de los cuales se calcula que 3.2 millones eran de jornaleros agrícolas, en tanto que esta cifra fue menor a la alcanzada en 1995, cuando se obtuvieron 7.75 millones de empleos en el sector agropecuario, lo cual significó la pérdida de más de un millón de empleos rurales. Para enero de 2023, se reportó la cifra de 7.024 millones de empleos del sector primario, un crecimiento promedio anual del 5% con respecto a 2020 (INEGI, 2023b). De manera paralela, durante el mismo periodo se consolidaron grandes empresas trasnacionales en el país, las cuales se hicieron con el control general de la agricultura mexicana. Se calcula que 20 grandes corporaciones controlan el mercado agroalimentario mexicano: Maseca, Bimbo, Cargill, Bachoco, Pilgrims Pride, Tyson, Nestlé, Lala, Sigma, Monsanto, Archers Daniel's Midland, General Foods, PepsiCo, Coca-Cola, Grupo Vis, Grupo Modelo, Grupo Cuauhtémoc, Walmart, Kansas City y Minsa. El TLCAN catapultó las exportaciones mexicanas durante los primeros años de su implementación, alza que fue interrumpida por el ascenso de China, cuando entró a la Organización Mundial de Comercio (OMC) en 2001. En años recientes, se ha observado un dinamismo renovado de la presencia mexicana en el mercado de Estados Unidos y se espera que, con el T-MEC, se retome aquella estructura de exportaciones (Escaith, 2021).

El texto formal del T-MEC tiene una serie de capítulos relacionados con el comercio agrícola. El Capítulo 2, enfocado al trato nacional y acceso a mercados de mercancías, incluidos los apéndices de la lista arancelaria de

cada país; el Capítulo 3, enfocado como tal a la agricultura; el Capítulo 9, que trata el tema de medidas sanitarias y fitosanitarias; el Capítulo 11, enfocado a los obstáculos técnicos del comercio y, el Capítulo 28, orientado a las buenas prácticas regulatorias (Kerr, 2020). Al respecto, el Gobierno de México (SADER, 2020) señaló que el T-MEC beneficiará al sector agroalimentario de nuestro país, con las siguientes ventajas. (1) Los productos agrícolas y agroindustriales mexicanos mantendrán el acceso libre al mercado de Estados Unidos. (2) La eliminación de subsidios a la exportación de productos agrícolas y agroindustriales dará lugar a un comercio justo entre las partes. (3) En el tema de medidas sanitarias y fitosanitarias, se simplificarán los procedimientos para reconocer la regionalización y equivalencia de éstas, establecidas por las autoridades sanitarias de las partes, convirtiéndose en uno de los instrumentos más ambiciosos negociados por nuestro país en un acuerdo comercial en temas de sanidad. (4) Ante la incapacidad estadounidense de producir una gran cantidad de hortalizas y otros productos agrícolas se tendrá una enorme demanda de éstos, con lo cual México tendrá una gran oportunidad de oferta, gracias a la capacidad productiva que le brinda su privilegiada situación geográfica. (5) Con el T-MEC, los datos de la balanza comercial agroalimentaria serán positivos, lo cual será reflejo de la capacidad de la gente que trabaja en la agricultura, ganadería, pesca y acuicultura mexicanas, para atender el mercado nacional y mantener la capacidad de exportación con calidad, sanidad e inocuidad. (6) El tratado plantea una agricultura más responsable en materia ambiental. En adición, el Gobierno de México (SADER, 2020) señaló que el T-MEC debe orientarse a fortalecer la competitividad de México como plataforma de producción y exportación, con el fin de que exista una mayor participación de industrias y empresas del país en las cadenas globales de valor, para fortalecer la proveeduría regional, pero, avanzar en este proceso, implica promover el desarrollo de capacidades en toda la región, a fin de mantener y fortalecer los conocimientos y habilidades que nuestros recursos humanos e industrias requieren para continuar innovando y agregando valor.

El T-MEC entró en vigor el 1 de julio de 2020 y el Gobierno de México declaró que este tratado representa la consolidación de los esfuerzos de México por insertarse en las cadenas de producción global y posicionarse como un centro exportador de vanguardia. Se espera que, con el nuevo T-MEC, el principal beneficio para México sea la capacidad de mantener y aumentar el acceso libre de arancel de productos agrícolas y agroindustriales mexicanos a los mercados estadounidense y canadiense. Sin embargo, el T-MEC establece una serie de desventajas para México, similares a las del TLCAN, donde la principal es que el tratado deja nuevamente en la incertidumbre a los agricultores mexicanos, ya que no los incluye. Así, aquellos agricultores que no sean capaces de adaptarse a las nuevas disposiciones productivas, comerciales, sanitarias, ambientales, laborales, biotecnológicas, digitales, de propiedad intelectual, entre otras, sufrirán aún más la exclusión. En el área de la biotecnología, el T-MEC logró disposiciones sin precedentes, pues se cubren todas las modalidades, incluidas aquéllas de mejoramiento genético, donde el problema no será promover la biotecnología en sí misma, sino los impactos económicos, sociales y ambientales que subyacen a ella, con el temor de que ello enfatice el desarrollo principal de empresas trasnacionales y la monopolización de la ciencia y la tecnología. En contrapeso, el gobierno mexicano ha tomado una serie de medidas transitorias para fortalecer al sector agrícola nacional, relacionadas con el rescate de la agricultura campesina y la reubicación de los productores campesinos como sujetos productivos, lo cual permite pensar que, por primera vez en décadas, no se impondrá una apertura neoliberal sin condiciones del sector agrícola (Hernández Pérez, 2021).

Por otro lado, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), se estima que la población mundial aumentará casi 2000 millones de personas en los próximos 30 años, pasando de los 8000 millones actuales a los 9700 millones en 2050, pudiendo llegar a un pico de cerca de 10,400 millones para mediados de 2080. En tal sentido, para los años por venir, se identifica una demanda de alimentos muy dinámica y una oferta de los mismos con cierta rigidez, por lo que el incremento de la productividad de la producción primaria a través del uso intensivo de la tecnología se revela como la única estrategia viable para satisfacer la demanda futura de alimentos y aminorar el impacto sobre los precios de los mismos y sobre el nivel de vida de la población. Además de la necesidad de detonar la oferta de alimentos, será necesario producirlos a un precio accesible para los consumidores. Por ello, además de las estrategias para reducir los costos de producción, habrá que reducir también los de distribución, por lo que las cadenas de suministro de los mismos tendrán que volverse más eficientes. Lo anterior implica que, además de orientarse a satisfacer la demanda futura de alimentos, las políticas agroalimentarias deberán tomar en cuenta que la oferta alimentaria que se genere lo haga de forma amigable con el medio ambiente, que considere los efectos de y sobre el cambio climático, que genere alimentos saludables, inocuos, seguros y con un elevado componente de calidad y trazabilidad, que tome en cuenta el desarrollo del sector rural y que mejore la calidad de vida de sus pobladores. En años recientes el sector agroalimentario ha encontrado, tanto en el mercado interno como en el externo, diversos nichos que han incentivado que parte de la producción se destine a atender la demanda de alimentos para la población, así como aquéllos derivados del cambio en patrones de consumo. Así, desde productos primarios especializados hasta productos procesados con ciertas características alimenticias demandadas por los consumidores, orientan la especialización de la oferta hacia dichos mercados, los cuales han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años (INFOAGRO, 2018).

En México se reproduce la problemática de la población, en el sentido de que nuestro país es dependiente de las importaciones alimentarias. En el mes de diciembre de 2023, se importaron 1,482 millones de dólares y se exportaron 1,901 millones de dólares de productos agropecuarios, lo que implica un saldo comercial positivo de 419 millones de dólares. Las importaciones agropecuarias se concentran básicamente en maíz (26%), semilla de soya (15%), otros productos agropecuarios (9%), leche y sus derivados (8%), pescados, crustáceos y moluscos (5%), trigo (5%), frijol (4%), uvas frescas (4%) y otros (25%) mientras que las exportaciones fueron, principalmente, otras legumbres y hortalizas (17%), aguacate (15%), jitomate (11%), frutas y frutos comestibles (10%), pimiento (10%), ganado vacuno (6%), otros productos agropecuarios (6%), cítricos (5%) y otros (21%) (BANXICO, 2024).

Esta situación se convierte en un reto para el área de las ciencias agroalimentarias, dado que la tasa de crecimiento poblacional anual durante el periodo 2010-2023 se estimó en 1.1% (INEGI, 2023a). A nivel mundial, en el 2022 se registró una población de 8,000 millones de personas y, de acuerdo con las estimaciones reportadas, se deberá tener capacidad para alimentar a 9,700 millones de personas en el 2050 (ONU, 2022).

Aunque una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, ONU, 2015) es reducir la proporción de personas que viven en pobreza extrema y sufren de hambre, el mundo todavía está lejos de alcanzar la meta de erradicarlas en el 2030. Al respecto, se estimó que, en el año 2020, una de cada tres personas en el mundo (2,370 millones) no tuvieron acceso a una alimentación adecuada, lo que representa un aumento

de casi 320 millones de personas en sólo un año y que, a nivel mundial, la brecha de género en la prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o severa ha crecido, incluso mucho más en el año de la pandemia de COVID-19, con la prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave y será 10% más alta entre las mujeres que entre los hombres, en comparación con un 6% en el año 2019 (FAO, 2021). En el año 2022, se estimó que el 22.3% (148.1 millones) de la población mundial de niños menores de 5 años de edad, se vieron afectados por el retraso en el crecimiento, donde el 6.8% (45 millones) sufrieron emaciación y el 5.6% (37 millones) tenían sobrepeso. Las cifras reales, particularmente para el retraso en el crecimiento y la emaciación, se espera que sean mayores, debido a los efectos de la pandemia (FAO, 2023a). Por su parte, en México, entre 2018 y 2022, el porcentaje de pobreza multidimensional pasó de 41.9% (51.9 millones de personas) a 36.3% (46.8 millones de personas), esto es que, en 2022, 36 de cada 100 personas tenían privación de sus derechos sociales y un ingreso mensual por persona insuficiente para satisfacer sus necesidades de la canasta básica. Por su parte, el porcentaje de pobreza extrema no tuvo variación entre ambos periodos y pasó de 7.0 a 7.1 % en 2022 (8.7 a 9.1 millones de personas) (CONEVAL, 2023).

En contraparte, el mundo enfrenta el problema de la obesidad. Al respecto, la mayoría de la población mundial vive en países donde el sobrepeso y la obesidad cobran más vidas de personas que la insuficiencia ponderal. En 2022, el 5.6% de la población mundial menor de cinco años y el 13% de la población mayor de 18 años tiene sobrepeso, concentrándose en países de América Latina y el Caribe (FAO, 2023b).

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2022 (Shamah, 2023), en México, 4.1% de los menores de cinco años presentan bajo peso, 12.8% muestran baja talla, 0.8% emaciación y 7.7% sobrepeso y obesidad. En adolescentes (12 a 19 años), 23.9% tienen sobrepeso y 17.2% obesidad. Para adultos, se tuvo una prevalencia combinada de sobrepeso u obesidad de 76.8% para las mujeres y 73.5% para los hombres.

Por las condiciones de salud de la población, la tendencia se dirige hacia la demanda de alimentos saludables. Otra característica importante, en la experiencia de países desarrollados, serán las acciones que se tomen para fortalecer la sanidad y la inocuidad. La inocuidad de los alimentos es una prioridad de salud pública a escala mundial, ya que el consumo de alimentos insalubres plantea amenazas para la salud y pone en peligro la vida de todos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año se enferman en el mundo unos 600 millones de personas, casi uno de cada 10 habitantes, por ingerir alimentos contaminados y que 420,000 mueren por esta misma causa. Los alimentos insalubres, causan pérdidas en productividad y gastos médicos, como también daños a la economía y al comercio. Se estima que, en la región de las Américas, 77 millones de personas padecen enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y más de 9,000 mueren cada año. Del total de enfermos, 31 millones son niños menores de 5 años, de los cuales mueren más de 2,000. Las ETA son prevenibles y es posible contribuir a evitarlas. La realización de cambios sistémicos orientados a mejorar la salud proporcionará alimentos más inocuos, un elemento esencial para permitir el desarrollo del ser humano a largo plazo y un requisito previo para lograr los ODS (OPS, 2022).

Otro aspecto de relevancia para el sistema agroalimentario es el tema de las pérdidas de alimentos, que es muy importante en los esfuerzos para combatir el hambre, aumentar los ingresos y mejorar la seguridad

alimentaria en los países más pobres del mundo. Un tercio de todos los alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia, lo que representa 1.3 millones de toneladas y 1 billón de dólares. Se estima que, de todos los alimentos producidos en el mundo, el 17% se desperdicia en los comercios minoristas, proveedores alimentarios y en los hogares; el 14% se desperdicia en la explotación agrícola y el sector mayorista y el 8% se pierde en las granjas. También se calcula que el desperdicio de alimentos genera hasta el 10% de gases de efecto invernadero (GEI) y produce una huella de carbono de 3.3 toneladas de CO<sub>2</sub>. Por esta razón, el desperdicio de alimentos se ha convertido en uno de los factores principales del cambio climático. A nivel mundial, el desperdicio de alimentos se concentra en un 45% en frutas y hortalizas, 35% en pescado y mariscos, 30% en cereales, 20% en productos lácteos y 20% en carne y aves de corral (IFCO, 2023).

El caso de América Latina y el Caribe representa el 6% de las pérdidas mundiales de alimentos y cada año se pierde y desperdicia alrededor del 15% de sus alimentos disponibles, aun cuando 47 millones de sus habitantes todavía viven día a día con hambre (PROFECO, 2022). El desperdicio de alimentos en México alcanza el 34.0% de lo que se produce en el país, lo que representa un desperdicio anual de 20.4 millones de toneladas. En particular, se desperdicia el 40% de la carne de cerdo, el 35% de la carne de res, el 37% del pescado, el 29% de la carne de pollo y el 28% de tortilla (COMECARNE, 2023). En este sentido, el gran desafío es el desarrollo de alternativas para utilizar los desperdicios y obtener otros productos que puedan ser aprovechados en las actividades productivas. Una alternativa de uso de estos desperdicios es la producción de biocombustibles, como el biometano, que puede ser provechoso no sólo para el transporte, sino también para la producción de calor y electricidad. En efecto, este gas natural puede ser obtenido a partir de diversas fuentes de generación de residuos orgánicos (vertederos, explotaciones agrícolas y ganaderas, aguas residuales, entre otros), en vez de utilizar cultivos como el maíz o la caña de azúcar para la producción de etanol (National Geographic, 2022), además de contribuir a la disminución de combustibles fósiles que han sido un factor importante en la contaminación ambiental y el incremento en la temperatura.

A nivel mundial, el aumento de la temperatura global ha sido de 1.1 °C en los últimos 136 años (1880-2016). En el año 2022, se incrementó la temperatura a 1.6 °C, clasificándose como el quinto año más cálido en las últimas décadas, principalmente por el incremento de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la tierra, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (NASA, 2022). Estos gases se producen de actividades antropogénicas, como la producción de electricidad y calor (25%), industria (21%), agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (24%), transporte (14%), entre muchos otros (16%) (Aguilar-Moreno et al., 2020). La actividad industrial y agrícola contribuye al 45% de las emisiones de GEI, de lo cual se deriva la importancia del aprovechamiento de los residuos para la producción de energías renovables y reducción de gases contaminantes (Achinas, Achinas & Euverick, 2017).

Las tecnologías bioenergéticas son algunas de las estrategias orientadas a reducir la emisión de GEI y tratar los residuos para generar energía (Aguilar-Moreno et al, 2020). En este contexto, el biogás o biocombustible obtenido a partir de desechos y residuos orgánicos, puede desempeñar un papel fundamental en el futuro energético. El biogás es una fuente de energía renovable multilateral que puede reemplazar combustibles convencionales para producir calor y energía. Asimismo, también se puede usar como combustible gaseoso en

aplicaciones automotrices y puede sustituir al gas natural en la producción de sustancias químicas (Achinas, Achinas & Euverick, 2017).

Otra problemática importante está relacionada con la brecha salarial entre hombres y mujeres. Todavía es menos probable que las mujeres participen en la fuerza laboral que los hombres. En 2022, aproximadamente el 45% de todas las mujeres en edad de trabajar (15 años o más) son parte de la fuerza laboral, en comparación con el 70% de los hombres. Aun cuando las mujeres adquieren cada vez más acceso a la educación, enfrentan una transición más difícil al trabajo remunerado y reciben ingresos menores que los hombres. Al respecto, por mencionar un dato, la matrícula femenina en las universidades a nivel mundial se triplicó entre 1995 y 2018. Sin embargo, la elección de carreras entre las mujeres ha cambiado poco en el tiempo, lo cual es uno de los factores que profundizan la desigualdad de género en el mercado laboral. En 2022, países como el Reino Unido y Japón, registraron las brechas salariales más altas (32.7 y 25.7%, respectivamente), en comparación con México (14%) (IMCO, 2022); aunque este factor fue mucho menor en nuestro país, sigue siendo una condición de desigualdad.

Las mujeres obtienen, en promedio, menores ingresos que los hombres por su trabajo. En 2022, por cada 100 pesos que un hombre ocupado percibió en ingresos laborales, una mujer recibió 86 pesos, lo que implica una brecha de 14%. Esto significa que, a nivel nacional, si una mujer quisiera tener el mismo ingreso promedio al año que un hombre, tendría que trabajar 51 días más para obtenerlo.

Las brechas salariales difieren de acuerdo al sector laboral. En los sectores de manufactura, preparación de alimentos, educativo y servicios profesionales (24, 24, 13 y 7%, respectivamente), tienden a favor de los hombres. En tal sentido, sólo en los sectores educativo y de servicios profesionales, la brecha salarial es menor del 14 %. Por el contrario, en el sector agropecuario, la brecha se inclina a favor de las mujeres (3%). Cabe destacar que, en los sectores laborales donde se concentran las mujeres, es en donde existe una brecha salarial contraria, es decir, ganan menos; mientras que en los sectores con poca participación femenina se tiene una brecha salarial a favor, es decir, ganan más que los hombres (IMCO, 2022).

Lo anterior conforma retos para el sector educativo y agroalimentario, que necesita de recursos humanos capaces de proponer soluciones de innovación científica de eficacia tecnológica y de organización.

### 3.4.2. El sistema agroalimentario

El sistema agroalimentario se compone de todas las actividades relacionadas con la generación de alimentos. Este sector incluye a los subsectores agrícola, pecuario, pesquero, acuícola y agroindustrial. Además, cada uno de éstos se organiza en su propia cadena productiva, es decir, el proceso por el que pasa un alimento o producto desde su origen hasta su destino final y en donde interviene una gran cantidad de personas como agricultores, ganaderos, campesinos, pescadores, ingenieros agrónomos, investigadores, entre otros, que gracias a su trabajo hacen posible contar con alimentos (SADER, 2022).

Con apoyo de las bases de datos de Scopus® y Web of Science®, que son consideradas como las líderes y más competitivas a nivel mundial en el área de la citación bibliográfica (Zhu & Liu, 2020), el sistema agroalimentario fue analizado para el periodo 2009-2024 a través de cinco enfoques o clústeres temáticos.

De acuerdo con el análisis, la agricultura, en general, es el tópico más importante del sistema agroalimentario y, junto con la ganadería, se ha ubicado en el clúster 4. Asimismo, la visión de estas áreas se ha encontrado fuertemente relacionada con la sostenibilidad, la innovación, la transdisciplina y la tecnología agrícola. Por otro lado, la educación superior es una temática que se ha asociado con el estudio de estos aspectos en el sentido de que las instituciones de educación superior deben comprometerse a impulsar la agenda de transformación de un sistema alimentario sostenible en asociación con otras partes interesadas. Las instituciones deben estar a la vanguardia de la reimaginación del papel del sector en lo que respecta a la cocreación de conocimiento transdisciplinario destinado a fortalecer los sistemas agroalimentarios (Pretorius y Schönenfeldt, 2023).

En el mismo contexto, se ha señalado que la industria agroalimentaria es considerada un sector económico estratégico, por lo que la vocación, preparación y capacitación de sus profesionales se convierte en una cuestión clave para cualquier país. Sin embargo, en los últimos 20 años, se ha observado un decrecimiento de las tasas de jóvenes matriculados en la educación superior en las áreas de ciencia y tecnología en general, y especialmente, en carreras de la rama agroalimentaria. Al respecto, se han identificado factores en la elección vocacional como la procedencia (lugar de residencia y tipología del centro escolar) del estudiante, el momento de la decisión en el que el alumnado elige el grado que quiere cursar, el itinerario académico previo (tecnológica, salud, sociales y artes) y sus motivaciones personales (vocacional, tradición familiar, afinidad o descarte). En tal sentido se ha enfatizado que es necesario ofrecer información académica y asesoramiento sobre las diversas salidas profesionales relacionadas con el área, de modo que se incrementen las posibilidades de éxito de los estudiantes (López-Cózar et al., 2020).

El tema de la innovación ha sido recurrentemente estudiado. Al respecto, se ha señalado que la digitalización de la producción agrícola y el uso de datos digitales están transformando fundamentalmente los procesos, productos y servicios de los sistemas agroalimentarios y, asimismo, que la digitalización mejora la eficiencia y facilita una gestión agrícola más sofisticada, aumentando así la productividad, la eficacia y la rentabilidad. Al mismo tiempo, promete muchas oportunidades para una producción agrícola más sostenible y, sobre todo, más ecológica y limpia. Sin embargo, conlleva la posibilidad de que se produzcan una serie de riesgos y efectos secundarios no deseados que pueden aumentar la vulnerabilidad de la producción agrícola y que, hasta ahora, han recibido escasa atención científica y social. En específico, estos riesgos serían causados por efectos secundarios inciertos y negativos no deseados en los sistemas sociales y agroecológicos, que incluyen los derechos de datos, la reestructuración de la cadena de valor con nuevas concentraciones de mercado, estructuras de poder y dependencias, cambios en los requisitos de conocimiento para los agricultores (que carecen de "alfabetización digital") y asimetrías de información que pueden causar efectos potencialmente negativos en la seguridad alimentaria (Zscheischler et al., 2022). Asimismo, se han valorado temas como el de las innovaciones bioeconómicas y su contribución a la sostenibilidad. El respecto, se ha destacado la importancia de desarrollar ideas alternativas en el diseño de la innovación, aplicando enfoques integradores, como incorporar

procesos de innovación en procesos transdisciplinarios y desarrollar enfoques de gobernanza adaptativos y reflexivos (Friedrich et al., 2021).

Después de la agricultura, como temática principal de la visión del sistema agroalimentario, el clúster 4 incluyó las temáticas más analizadas en el periodo que se revisó (2009-2024) e incluyó aspectos de seguridad alimentaria, de manejo de alimentos, de tecnología y provisión de alimentos, así como de los aspectos económicos involucrados. En un contexto similar, el clúster 2 enfatizó el interés por la evaluación y control de la calidad y por las evaluaciones no destructivas en esta área.

El clúster 1 agrupó al mayor número de temáticas, de donde se enfatizó la importancia del procesamiento de alimentos, los nanomateriales, los alimentos genéticamente modificados, el impacto ambiental, el tratamiento de aguas residuales y la biotecnología, entre otros. Finalmente, en el clúster 5 se señaló la importancia de la nutrición, junto con la producción de alimentos, los escenarios derivados de la evaluación de riesgos y la teoría del Actor-Red (*Actor-Network theory*), que constituye un enfoque sociológico que examina cómo las relaciones entre los actores humanos y no humanos (como artefactos técnicos, instituciones, etc.) forman redes que influyen en la acción social y la construcción de la realidad (Latour, 2005).

### 3.4.3. Tendencias de la agroindustria

La agroindustria fue conceptualizada por Flores et al. (1987) como “un proceso de producción social que acondiciona, conserva y/o transforma las materias primas cuyo origen es la producción agrícola, pecuaria y forestal. Es parte de la industria, se ubica como una actividad secundaria que cumple una función dentro de la producción social de vital importancia, por el hecho de que resuelve la diferencia existente entre la distribución estacional y espacial de la producción agrícola con respecto a un consumo relativamente constante y concentrado en los grandes núcleos de población, además de que, en algunos casos, transforma los productos agrícolas, realizando modificaciones de sus características particulares para adaptarlos al consumo, con lo cual diversifica las formas de éste y genera nuevos bienes y productos”.

Por décadas, la agroindustria y sus temas afines han sido objeto de estudio y los resultados de muchas investigaciones han sido publicados en distintos medios, cuyo impacto y calidad es medido de diversas formas, entre las que resalta el nivel de citación. Con apoyo de la base de datos de Scopus® se ha encontrado que el estudio de la agroindustria y temas afines ha evolucionado con el tiempo y la aparición de publicaciones ha mostrado un comportamiento exponencial, de forma que al 2024 se tenía, después de eliminar referencias a temáticas no relacionadas con el tópico de interés, un acumulado de 3793 documentos.

De acuerdo con los documentos formalmente indizados en la base de datos de Scopus®, entre 1977 y 1990 se registró la publicación de uno o dos documentos por año. Sin embargo, las temáticas abordadas fueron variadas y, con apoyo del software VosViewer® (van Eck & Waltman, 2023), se identificó que se organizaban en seis clústeres, que incluían principalmente a la acuacultura (1), temas relacionados con la agricultura, el

comercio, la reforma agraria, los ingresos y sector económico informal (2), biotecnología, información genética y organizaciones internacionales (3), complejos agroindustriales, evolución industrial y descentralización (4), metodologías de planificación (5), agroindustria, nutrición y políticas agrícolas (6).

En el periodo de 1991 al año 2000, la publicación de documentos sobre la agroindustria y áreas afines mostró un crecimiento exponencial y varió de tres a 42 por año. Con base en información obtenida de Scopus® y el apoyo del software VosViewer®, se identificó mayor variabilidad en las temáticas de interés, con organización de éstas en 12 clústeres que incluían tópicos de prácticas agrícolas, planeación regional, manufactura, impacto ambiental, sustentabilidad, biomasa (1), globalización, comercio internacional, agronegocios, insumos (fertilizantes), inversión, industrialización (2), agroindustria, industria alimentaria, agricultura orgánica, comercialización, mercado de alimentos, tratados nacionales, manejo al menudeo, nutrición, comportamiento del consumo (3), comercio agrícola, políticas agrícolas (4), innovación, desarrollo institucional, agro-industrialización, costos de transacción, competitividad (5), seguridad alimentaria, sustentabilidad ambiental, políticas agroindustriales, recapitalización nutrimental, domesticación de productos tradicionales (6), economía rural, industria de pequeña escala, industria rural (7), producción de cultivos, servicios industriales, servicios meteorológicos, práctica administrativa (8), papel del estado, políticas industriales, marco regulatorio, relaciones industriales (9), regionalización industrial, condiciones de mercado, política de precios (10), agricultura de contrato, desarrollo rural, pequeños productores (11) y minoría étnica (12).

En el periodo de 2001 a 2010 se observó el crecimiento exponencial en el interés por el estudio de la agroindustria y sus áreas afines, de forma que se tuvo variación de 38 a 100 documentos publicados por año en ese lapso. Sin embargo, se encontró una modificación en la estructura temática estudiada, con enfoques que ya estaban siendo atendidos desde el periodo anterior, pero también con nuevas orientaciones de interés. Al respecto, el análisis de la agroindustria y sus áreas afines mostró la organización de éstas en 11 conglomerados temáticos.

Al respecto, se mantuvo el interés por la relación de la agroindustria con el sector primario, con la sociedad rural, con las políticas y la planificación del desarrollo de ésta, con el acceso al crédito y con los agronegocios (Clúster 1). Asimismo, se mantuvo el interés por la relación de la agroindustria con las exportaciones, con el neoliberalismo, con el desarrollo sostenible, con la relación con el sector privado, con los acuerdos nacionales, el marco normativo, la normalización y el papel gubernamental (Clúster 3). Por otro lado, creció el interés por la tecnología agrícola, por la ciencia y la tecnología, el procesamiento de alimentos, la biotecnología de alimentos, todo ello en relación con la planificación estratégica, la economía y el comercio por internet (Clúster 7).

Por otro lado, en contraste con el periodo anterior, surgió de forma clara el interés por el reciclado, por los residuos industriales, por el manejo de efluentes, por el aprovechamiento de subproductos y por la producción de energía alternativa a partir del procesamiento de residuos (Clúster 4). Asimismo, surgió de forma importante el interés por el estudio de productos específicos y su composición, el aprovechamiento de subproductos y el énfasis en las propiedades funcionales (Clúster 2). En este periodo creció la importancia del tema de la bioenergía a través de procesos de fermentación para la producción de etanol y relacionado con el impacto benéfico sobre el ambiente (Clúster 5). En menor grado, se expresó el interés ya existente por la agricultura de contrato (Clúster

10). Por otro lado, se comenzó a poner énfasis en la necesidad de mejorar el conocimiento y la difusión de éste con relación a los distintos aspectos de la agroindustria y sus áreas afines (Clúster 8).

En el lapso de 2011 a 2024 ha continuado el comportamiento exponencial en la aparición de publicaciones relacionadas con la agroindustria y sus áreas afines. A este respecto, este bloque estuvo basado en 3037 documentos publicados y las temáticas de la agroindustria y sus áreas afines han estado organizadas en ocho clústeres, donde, de manera principal, el concepto de agroindustria está ubicado en el Clúster 2, en relación directa como las temáticas de sostenibilidad, enfoque de gobierno, reforma agraria, economía rural, políticas agrícolas, modelos de negocio, pequeño y mediano emprendimiento, granja familiar, agricultura alternativa, entre otros. Por otro lado, en la organización temática, el aglomerado más importante (Clúster 1) ha incluido temas relacionados principalmente con la afectación del medio ambiente e integra, específicamente, a los residuos industriales, al reciclado y a un conjunto de tópicos asociados a los bioprocesos y la biorrefinería. En tercer lugar de importancia (Clúster 3) se tienen temáticas asociadas con la producción agrícola, con sus requerimientos, con el manejo de materiales híbridos y con la biodiversidad. El Clúster 4 considera distintos elementos del desarrollo sostenible, que incluyen las emisiones de carbono, los gases de invernadero, el calentamiento global, el uso de combustibles fósiles y las energías alternativas. Es de llamar la atención que en este conglomerado está ubicada la agroindustria cañera, lo cual es indicativo de que forma parte de las preocupaciones relacionadas con la afectación del medio ambiente. En el Clúster 5 están ubicados temas de logística de las cadenas de suministro, donde resaltan los sistemas de información asociados a la trazabilidad de productos. Los Clústeres 6, 7 y 8 están integrados por las temáticas de agricultura sostenible, azúcares y agroalimentos, respectivamente y son de limitada mención en el conjunto de documentos considerados en el análisis.

Si bien la tendencia del estudio temático de la agroindustria y sus áreas afines a evolucionado con el tiempo, es posible identificar que la visión de relación con la producción primaria y la comercialización de productos no ha cambiado y ello da certeza de la vigencia de la conceptualización emitida por Flores et al. (1987). Sin embargo, en cada eslabón de la cadena ha variado el interés específico. Por ejemplo, fue evidente que en el lapso de 2001 a 2010 se sostuvo un interés por el desarrollo de la tecnología de alimentos, pero en el lapso de 2011 a 2024 el interés se ha movido hacia el área de los bioprocesos y la biotecnología. Esto no significa que la tecnología de alimentos ha dejado de ser importante, sino que, el estudio, teniendo como centro a la agroindustria, muestra que en la actualidad hay otras áreas de interés, tal cual ocurre con la biotecnología. Asimismo, en los diferentes eslabones ha crecido el interés por la sustentabilidad y la preocupación por la afectación del medio ambiente, lo cual está en congruencia con la atención de los Objetivos de Desarrollo Sostenible plasmados en la Agenda 2030 (ONU, 2015). Ha sido notorio, también, que cada vez más se hace énfasis en la innovación y en la optimización de la cadena de suministro.

### 3.4.4. Tendencias de la ciencia y la tecnología de alimentos

Un análisis más detallado del área de la ciencia y tecnología de alimentos muestra el mismo comportamiento exponencial en la aparición de documentos por año, con un pico alcanzado en el 2013, con 1339 publicaciones, pero con una reducción en esta tendencia, de manera que se alcanzó un mínimo de 529 documentos publicados en 2015 y, desde entonces, la recuperación de la tendencia exponencial. Con esta base, un estudio de ocurrencia temática del área de ciencia y tecnología de alimentos, con 8635 documentos publicados en el periodo de 2013 a 2024 y el análisis de 3122 palabras clave, muestra la orientación de desarrollo de este sector. En principio, todas las temáticas se organizan en nueve clústeres, de donde ha resultado evidente que la tendencia de desarrollo de la tecnología de alimentos mantiene estrecha relación con el procesamiento de alimentos, con la seguridad alimentaria, con la inocuidad, la gastronomía, con la impresión 3-D, y con los elementos de percepción y preferencia de alimentos y con las agencias de normalización (Clúster 1). En adición, debe notarse la tendencia al uso de elementos de Industria 4.0, abreviada como 4IR y considerada la cuarta revolución industrial (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

Industria 4.0 se apoya, en principio, en la tercera revolución industrial, que consistió en el uso de transistores, sensores y microelectrónica para generar datos. Industria 4.0 es la transformación digital de las industrias manufactureras que se centra en la automatización, la interconectividad y la optimización de procesos en tiempo real, utilizando tecnologías digitales como Internet de las Cosas (Internet of Things; IoT), Machine Learning (ML), Inteligencia Artificial (IA), sistemas ciber-físicos (Cyber-Physical Systems, CPS), computación en la nube, Manufactura Aditiva (AM), relacionada con la impresión 3-D, gemelos digitales, ciberseguridad, etc., para comunicarse y controlarse entre sí. En otras palabras, Industria 4.0 puede considerarse la digitalización de la manufactura, en la que las tecnologías digitales avanzadas se combinan con máquinas y procesos industriales. El propósito de la interconexión de estas tecnologías en la configuración de manufactura es lograr la eficiencia operativa, la productividad y la automatización en la mayor medida posible. Esto, a su vez, crea un ecosistema de fabricación inteligente, conectado e impulsado por datos (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

El Clúster 2 está enfocado al desarrollo de sistemas de empaque, incluyendo las funcionalidades activa e inteligente. En este contexto, hay fuerte tendencia al uso de polímeros biodegradables y al uso de nanopartículas, entre otros. El Clúster 3 explica la tendencia hacia el desarrollo de alimentos funcionales, sin dejar de lado el valor nutritivo, e incluye, por ejemplo, el desarrollo de materiales libres de gluten y la obtención de materiales de alto potencial antioxidante, basado en el contenido de sustancias como los compuestos fenólicos.

El Clúster 4 está asociado a la tendencia sostenida del manejo de frutas (y vegetales) en estado fresco o semiprocesado, considerando su vida de anaquel, el estudio de su composición, con énfasis a su potencial antioxidante (DPPH) y la necesidad de usar tecnologías de conservación como el secado. El Clúster 5 refleja la necesidad de atender la relación entre el consumo de alimentos y la salud, por lo cual se insiste fuertemente en la búsqueda de materiales de alto potencial antioxidante, derivado de la presencia de distintos grupos de sustancias bioactivas en los productos. El Clúster 6 está enfocado al análisis composicional de alimentos y su relación con algunas propiedades de los mismos, tales como el aroma.

El Clúster 7 retoma un conjunto de elementos relacionados con propiedades funcionales de componentes que pueden obtenerse de distintos productos, tales como la capacidad antifúngica, capacidad antibacterial, actividad antitumoral, propiedades anti-infectivas, entre otras, reconocidas como propiedades bioactivas, así como sus mecanismos de acción. En este Clúster se incluye la identificación de agentes microbianos causantes de deterioro y a los causantes de enfermedades. Asimismo, se incluyen todos los temas de control de alimentos, conservación de alimentos, microbiología de alimentos, etc. Se consideran las diferentes ciencias ómicas, como la metagenómica, la metabolómica, la proteómica y la lipidómica. El Clúster 8 reúne todos los elementos de relación del consumo de alimentos con aspectos de fisiología y bioquímica animal, incluyendo la humana. Finalmente, el Clúster 9 incluye todos los elementos de análisis químico de alimentos con herramientas instrumentales que incluyen técnicas como la espectrofotometría UV-vis, la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), la cromatografía de gases, la espectrometría de masas, la resonancia magnética nuclear, etc.

Hasta ahora, el análisis ha incluido dos grandes enfoques, el de la agroindustria como actividad económica y el de la ciencia y la tecnología de alimentos. Sin embargo, análisis similares deben realizarse para otras temáticas más específicas, como productos lácteos, productos cárnicos, granos y cereales, evaluación sensorial, etc. y, asimismo, para otras áreas del Sistema Agroalimentario. En el caso particular del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, es de interés la construcción del estado del arte relacionados con las Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), lo cual se desarrolla a continuación.

### 3.4.5. Alimentos frescos y procesados

**Frutas y hortalizas.** A nivel mundial se ha incrementado la importancia del manejo postcosecha, almacenamiento y embarque de productos hortofrutícolas, dado que el consumo en fresco a nivel mundial de estos productos y su procesamiento mínimo se ha incrementado dramáticamente en las últimas décadas, debido principalmente a que los consumidores han incrementado la demanda de este tipo de productos, que ahora se consideran esenciales para una dieta más saludable. Lo anterior se explica porque las frutas y verduras son fuente significativa de agua y nutrientes como las vitaminas, minerales y fibra, componentes que les confieren propiedades nutritivas; su consumo se ha asociado con fines evidentemente nutricionales, pero también favorece y posibilita un buen estado de salud y disminuye el riesgo de enfermedades crónicas relacionadas (Rodríguez-Leyton, 2019). Por otra parte, la producción hortofrutícola, tanto en México como en el resto del mundo, corresponde a la actividad productiva agrícola más rentable por área cultivada. Sin embargo, la cosecha, acopio, acondicionamiento, empaque, almacenamiento, transporte y comercialización de productos hortofrutícola implica grandes riesgos de considerables pérdidas por la naturaleza altamente perecedera de la mayoría de estos productos. El manejo en la cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas, está caracterizado por el registro de grandes pérdidas, las cuales se han cuantificado entre 13.4 y 7.5 % tan solo en América Latina y pueden expresarse como pérdida de valor nutritivo y calórico, pérdida de aceptabilidad por consumidores y pérdida de comestibilidad (FAO, 2017). Ha sido evidente que ambas pérdidas, cuantitativas y cualitativas, son de magnitud extremadamente variable, ocurren durante todas las etapas de cosecha y poscosecha, desde la recolección, manejo, almacenamiento, procesamiento, comercialización y en el lugar de consumo, son derivadas de la

exposición prolongada a temperaturas, lo que acelera la respiración y por lo tanto el metabolismo; daños mecánicos, entre otros factores (Giménez et al., 2021).

Los productos hortofrutícolas cada vez se requieren en mayor cantidad debido al incremento en la población, lo cual incluye: desde patrones de producción (aspectos de precosecha), almacenamiento, transporte y distribución diferentes. Detrás de estos puntos están involucrados enfoques interdisciplinarios con relación a la nutrición, el control de plagas y enfermedades, el control de la calidad, de la senescencia y en su caso de la maduración. Todo esto implica que los métodos de evaluación, verificación rápida y control incluyan inocuidad, certificación, cadenas de valor, considerando los factores socio-económicos que predominan en México. Se requiere de tecnologías avanzadas y enfoques integrados para investigar las bases moleculares de la calidad en los productos frescos.

Además, las cantidades de productos agrícolas comercializados internacionalmente han aumentado en general con el avance de la globalización alimentaria. En consecuencia, la distancia y la duración del transporte se han ampliado; por lo tanto, la exposición prolongada a condiciones de almacenamiento no óptimas puede provocar un rápido deterioro de la calidad del producto, con las consiguientes pérdidas y desperdicios. Por estas razones, el aumento de la vida útil del producto y la tecnología de control de calidad más avanzada en distancias más largas se han convertido en cuestiones clave. El manejo poscosecha óptimo, incluido el tiempo de almacenamiento y el manejo de la temperatura, la humedad relativa, los tratamientos químicos y/o físicos y el empaque (atmósfera modificada) pueden ralentizar los procesos biológicos causados por la senescencia y la maduración, reducir o inhibir el desarrollo de trastornos fisiológicos y minimizar crecimiento microbiano y contaminación. En los últimos años, se ha centrado la atención en tecnologías que reemplazan a las tradicionales basadas en tratamiento térmico, debido a que pueden reducir las pérdidas de nutrientes, aumentar la aceptabilidad del consumidor, promover la calidad de los alimentos y prolongar la vida útil y la frescura, garantizando la ausencia total de subproductos químicos en el producto procesado, combinado con una reducción del impacto ambiental (Palumbo et al., 2022).

Los tratamientos novedosos más promisorios de la tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas frescos serían, entre otros, los siguientes: tratamientos con óxido nítrico, con ácido oxálico, con calcio, con poliaminas, con metil jasmonato, con ácido salicílico, con 1-metilciclopropeno, con ozono, con agua caliente, con irradiación, con luz ultravioleta, con aire caliente forzado en combinación con tratamientos de atmósferas controladas: sistema de tratamiento atmósferas controlada y temperatura. Otros temas novedosos de la fisiología y tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas incluyen al modelado de empacado en atmósfera modificada basado en películas poliméricas convencionales y películas perforadas, tecnología de envoltura retráctil individual, maximización de los niveles de flavonoides dietarios en manzanas y otras rosáceas, potencial antioxidante y sus cambios durante el manejo postcosecha de frutos tropicales, y aplicaciones del análisis sensorial en la evaluación de productos hortofrutícolas frescos y procesados.

Por otro lado, las frutas y hortalizas se consumen también en forma procesada, donde se están empleando nuevos procedimientos para el control microbiológico que incluyen microondas, campo eléctrico pulsado, alta presión hidrostática, plasma frío, inmersión e impregnación al vacío, envases activos comestibles a base de

compuestos naturales (Palumbo et al., 2022) y técnicas de biocontrol o bioprotección, que consiste en la aplicación de microbios selectos que pueden limitar el crecimiento de microorganismos indeseables (Sellitto et al., 2021).

En el mismo sentido, la necesidad de un mayor entendimiento de los fenómenos biológicos implicados en el manejo poscosecha de productos hortofrutícolas y de tener un mejor control de estos, ha dado lugar al uso de metodologías innovadoras no destructivas para el control de calidad en frutas y hortalizas como: análisis de imágenes a través de un sistema de visión artificial, nariz electrónica (E-nose) y espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) (Palumbo et al., 2022) aunque, derivado de la necesidad de verificar la aceptación de los productos hortofrutícolas por los consumidores, los resultados de todas las técnicas deben acompañarse de estudios sensoriales basados en paneles de expertos (Moradinezhad & Dorostkar, 2021).

El procesamiento de alimentos en la era digital actual aprovecha las tecnologías para mejorar la calidad y la seguridad, reducir los costos y el tiempo de producción, ahorrar energía y recursos, así como disminuir la pérdida y el desperdicio de alimentos. Las tecnologías de la industria 4.0 o bien llamada cuarta revolución industrial, ha ganado gran atención en los últimos años, revolucionando y transformando muchas industrias manufactureras, incluido el sector de alimentos. Esta tecnología ofrece ventajas en términos de control de calidad (clasificación durante el procesamiento con robótica e inteligencia artificial, por ejemplo), seguridad (conexión de sensores y dispositivos con internet de las cosas) y eficiencia productiva (previsión de demanda con Big Data) (Hassoun et al., 2023).

**Cereales y granos.** Los cereales y los productos de cereales son alimentos básicos en la mayoría de las dietas humanas, tanto en países desarrollados como en desarrollo, y proporcionan una proporción importante de energía y nutrientes alimentarios. Se componen de aproximadamente un 75 % de carbohidratos, principalmente almidones y entre un 6 y un 15 % de proteínas, lo que contribuye en términos globales a más del 50 % del suministro de energía. Algunos productos de cereales (panes, panecillos y tortillas, cereales listos para comer, panes rápidos y productos de panificación) se describen como contribuyentes de folato, hierro, tiamina, niacina, fibra dietética, manganeso y zinc. El consumo de productos de cereales integrales está asociado con una dieta de mayor calidad y alimentos ricos en nutrientes que aportan proteínas, lípidos, vitaminas B (incluyendo tiamina, niacina, riboflavina), vitamina E y minerales (calcio, magnesio, potasio, fósforo, hierro y sodio) (Laskowski et al., 2019). Una dieta con altos niveles de fibra dietética y cereales integrales reduce riesgo de mortalidad por todas las causas y relacionada con enfermedades cardiovasculares, enfermedades cardiovasculares ateroscleróticas, accidente cerebrovascular isquémico, diabetes tipo 2 (Bechthold et al., 2017), obesidad y algunos tipos de cáncer (Bechthold et al., 2017; Reynolds et al., 2019).

Por otro lado, derivado de padecimientos como la enfermedad celíaca, que es una enteropatía inmunomedida experimentada por individuos que son genéticamente susceptibles a la exposición al gluten en su dieta (Leonard et al., 2017). La enfermedad celíaca es se sabe que afecta al 1% de la población mundial (Newberry et al., 2017), y las dietas estrictas sin gluten deben ser implementado por estos individuos para experimentar alivio, lo que da evidencia de la necesidad de profundizar en el estudio de los granos y cereales

considerando su estructura, su transformación y sus efectos integrales en la salud humana para generar nuevos procesos y productos enfocados a solucionar la problemática de la agroindustria.

En el caso particular de México, el maíz es un material de gran importancia, por ser centro de origen y domesticación de este producto, por lo cual se tiene la mayor diversidad genética del mismo. Tal diversidad está conjuntada en distintas razas, y dentro de ellas, infinidad de poblaciones con variabilidad en características de planta, mazorca y grano. Los usos industriales del grano son menos diversos que los que tienen que ver con la culinaria mexicana, en la cual cada producto alimenticio se prepara con un maíz nativo particular. Esta condición única de México en el mundo ha sido muy poco estudiada. Particularmente lo relacionado con las características fisicoquímicas y funcionales del grano utilizado para la elaboración de productos específicos tales como tlayudas y totopos, o bebidas como tejate, tejuino y pozol, por citar algunos. Se acepta que la elaboración para determinados platillos requiere el uso de variedades específicas de maíz. El pozole requiere de granos grandes y harinosos, que “florean” con facilidad. Tal condición la satisfacen variedades de las razas Cacahuacintle y Ancho.

Dentro de los maíces con grano pigmentado, los más estudiados han sido los maíces amarillos, por el uso pecuario que los países desarrollados dan a éstos. Sin embargo, los maíces con pigmentos tipo antociano, y específicamente los de las distintas tonalidades rojas han sido muy poco estudiados. La directriz actual en la industria de los alimentos es hacia la elaboración de alimentos funcionales (AF), que además de nutrir, contienen compuestos particulares que ayudan a controlar alguna enfermedad o a prevenirla. La elaboración de este tipo de alimentos requiere de ingredientes funcionales, y dentro de éstos los que tienen una elevada actividad antioxidante son los más utilizados. Adicionalmente, la tendencia creciente por la industria alimenticia hacia el uso de pigmentos naturales, abre nuevas oportunidades para las variedades de maíz con un contenido elevado de pigmentos tipo antociano, presentes en algunas razas de maíz de México. Sin embargo, la caracterización de tales poblaciones en función de contenido y tipo de antocianos es aún limitada. Con relación a poblaciones de maíz con grano de coloraciones rojo “aladrillado”, con presencia de proantocianidinas y flavofenos (fenoles asociados con la tolerancia a daños por *Fusarium*) es prácticamente nada lo que se ha avanzado en su caracterización.

El principal uso del maíz en México es para tortillas, elaboradas a partir de masa fresca o harina nixtamalizada. Hoy existe una Norma de Calidad para el maíz destinado al proceso de nixtamalización, la cual es “ad hoc” para seleccionar maíces para elaborar harina nixtamalizada, pero no para elaborar masa fresca. Es necesario realizar investigación que aporte evidencias de las características físico-químicas del grano de maíces para elaborar masa fresca, puesto que son distintas a las de los maíces destinados a obtener harina nixtamalizada. Esto con el objetivo de realizar modificaciones a la Norma, de manera que los industriales del gremio de la masa-tortilla se vean beneficiados con maíces que mejoren la eficiencia de sus procesos y los rendimientos de sus productos. En general, el estudio de los cereales requiere de enfoques relacionados con la estructura básica del grano, la fisiología del mismo en procesos industriales, la biofortificación, la metabolómica y la reología de productos.

En el caso de leguminosas, nuevos desarrollos en el control de plagas en leguminosas (frijol, lentejas y garbanzo) para reducir pérdidas postcosecha involucran el uso de tratamientos térmicos. El procesamiento

térmico es ampliamente aceptado como la forma más efectiva de mejorar el valor nutricional general de las semillas de leguminosas porque mejora la digestibilidad de las proteínas principalmente a través de la inactivación de los factores antinutricionales (ANF por sus siglas en inglés) termolábiles, especialmente los inhibidores de tripsina (TI). El tratamiento térmico promueve la ruptura de los enlaces intermoleculares responsables de mantener la estructura terciaria de los TI, lo que en consecuencia provoca cambios en la conformación del sitio activo. Los tratamientos térmicos también se han utilizado como los métodos más populares para procesar leguminosas de grano tanto en el hogar tradicional como en la industria porque mejora la palatabilidad. Los estudios sobre la acción de los tratamientos térmicos en los TI se llevan a cabo desde principios del siglo XX, cuando se demostró que la digestibilidad de las proteínas *in vitro* era menor en las semillas de leguminosas crudas en comparación con las cocidas (Avilés-Gaxiola et al., 2018).

**Cultivos industrializables.** En particular el aprovechamiento agroindustrial de los productos tropicales como la caña de azúcar, el café, el cacao entre otros, tiene una serie de necesidades de investigación y desarrollo tecnológico como identificar índices de cosecha que permitan potenciar los atributos del producto para consumo en fresco y seleccionar aquellos que se deben canalizar para la agroindustria; mejorar el beneficio de las materias primas, para obtener productos intermedios de calidad; hacer uso racional del agua, la energía, mano de obra y evitar la contaminación del ambiente; diversificar la producción de bienes intermedios y finales; desarrollar nuevos productos y empaques; innovar el proceso para conservar lo mejor posible las características de los alimentos en fresco; desarrollar alimentos funcionales aprovechando los bioactivos de los productos tropicales.

Propiedades funcionales a partir de contenido fitoquímico. El interés por el consumo de vegetales no está basado sólo en el carácter nutritivo de éstos, sino en su potencial nutracéutico, pues se ha encontrado en ellos, además de otros alimentos, compuestos bioactivos llamados antioxidantes, los cuales neutralizan radicales libres (especies reactivas del oxígeno producidos por estrés oxidativo en el organismo); dichos compuestos poseen varios beneficios para la salud como antibacteriano, antihiperlipidémico, anticancerígeno, cardioprotector, neuroprotector y antidiabético (Zeb, 2020). Debido a lo anterior, hay importantes avances en el desarrollo de técnicas como ORAC, TRAP, ABTS, DPPH, FRAP y CUPRAC enfocadas a medir la capacidad antioxidante de estos materiales (Pellegrini et al., 2018). Asimismo, hay un interés creciente por identificar en las distintas materias primas de origen vegetal los fitoquímicos que son responsables de las actividades mencionadas (Malathy et al., 2020; Rajha et al., 2022), con metodologías que involucran la cromatografía de alta resolución, y la espectrometría de masas. A pesar de las propiedades nutracéuticas de los vegetales y su impacto en el sistema de atención médica de manera positiva, como el tratamiento del cáncer y enfermedades dañinas, sólo el 20% de las plantas conocidas han sido utilizadas en estudios farmacéuticos (Altemimi et al., 2017). Esta información refleja la necesidad del estudio sistemático de las plantas.

Las plagas agrícolas son uno de los factores que amenazan la seguridad alimentaria en los continentes, originando pérdidas del 26-80 % de la producción (Lacasta et al., 2018). Dada la situación, existe un creciente interés en implementar sistemas que ayuden a controlar y mitigar las plagas que afectan el sector de la agricultura. Los insecticidas sintéticos surgieron como una posible solución a los problemas ocasionados por las plagas agrícolas, pero lamentablemente en la actualidad su uso intensivo y extensivo ha generado diversos problemas ambientales. Se les asocia con alta toxicidad en organismos no objetivos (mamíferos, aves e insectos

beneficiosos), generación de resistencia en diversas plagas, contaminación de cuerpos de agua y posibles impactos negativos en la salud humana a través de enfermedades endocrinas, cáncer, efectos neurotóxicos y dificultades reproductivas (Hayat et al., 2018). Por tanto, se han buscado estrategias biodegradables, económicas y seguras para el medio ambiente, centrándose el interés en metabolitos secundarios de origen vegetal que exhiben actividades insecticidas. Algunos de los compuestos bioactivos sintetizados por las plantas frente al ataque de insectos incluyen nicotina, 1,8-cineol, limoneno, citronelal, carvacrol, piretrina, rotenona y azadiractina (Hernández-Tenorio y Orozco-Sánchez, 2020).

Conocidos como metabolitos secundarios, los aceites esenciales (AE) son importantes para los mecanismos de defensa de las plantas. Se ha informado que los AE y sus fitoconstituyentes exhiben una amplia gama de actividades biológicas, incluidas las antibacterianas, insecticidas, actividades antivirales y antifúngicas. Debido a su aroma, sabor y contenido antimicrobiano natural, los AE se utilizan principalmente en la industria alimentaria para la conservación de alimentos. Por ejemplo, los AE que se extraen de los cítricos como monoterpenos, sesquiterpenos y los derivados oxigenados muestran fuertes actividades inhibidoras contra bacterias patógenas; por lo tanto, se sugiere su uso como agente saborizante y antioxidante. Los AE extraídos de canela, orégano y tomillo muestran importantes actividades antimicrobianas contra diversos microorganismos, incluidos *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus thermosphacta* y *Pseudomonas fluorescens* (Bhavaniramya et al., 2019).

En el área agrícola, los herbicidas naturales a base de aceites esenciales (AE) extraídos de plantas aromáticas están cobrando relevancia en la agricultura contemporánea. Debido a sus propiedades alelopáticas, tienen un efecto inhibidor sobre la germinación y el crecimiento de diferentes especies, teniendo, en general, la ventaja de una alta especificidad. Por esta razón, el análisis de los efectos de estos compuestos naturales sobre las malas hierbas nocivas es cada vez mayor (Bellache et al., 2022). Por lo tanto, es importante que la industria y la tecnología trabajen en analizar los modelos de las moléculas químicas de cada especie vegetal, con el fin de crear nuevos productos y explotar los compuestos de las plantas. Para este tipo de estudios es necesario el conocimiento de los compuestos presentes en cada planta. En México, este tipo de estudios es escaso, a pesar de la enorme riqueza productiva y biodiversidad que existe.

Actualmente la atención y el estudio de sistemas biológicos se ha centrado en la aplicación de técnicas llamadas ómicas (genómica, proteómica y metabolómica) que conforman líneas de estudio imprescindibles para describir la naturaleza y potenciar la producción de bienes y servicios biotecnológicos (Barrera et al., 2018).

**Sector cárnico en México.** La industria de la carne es sumamente importante en términos económicos. En el segundo trimestre del 2019, la cría y explotación de animales representó el 29.3% del Producto Interno Bruto (PIB) de las actividades primarias y aportó el 1% del PIB total. Por su parte, la industria alimentaria representó el 22.8% del PIB manufacturero y el 3.7% del PIB total. El sector cárnico participó con 23.4% del PIB agroalimentario y el 0.9% del PIB total nacional (INEGI, 2020).

Datos del Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE) ("Compendio Estadístico 2018, 2018) señalan que en México en 2018 se produjo 6.9 millones de toneladas de carne, situando a nuestro país en la séptima posición como productor a nivel mundial. Al cierre de 2018, el consumo per cápita de carne fue de 65 kg, posicionando a

nuestro país en el sexto lugar en el mundo con 8.8 millones de toneladas de carne de res, cerdo y pollo consumidas al año. En 2018, México exportó 377 mil toneladas de productos cárnicos, 9% mayor con respecto al año anterior e importó 2.3 millones de toneladas, 5.3% más que 2017. El principal país de origen fue Estados Unidos de América.

En 2018, la proteína que más se consumió fue la carne de pollo con 4.11 millones de toneladas en 2018, el cual 80% fue producción doméstica. Éste representó el 47% de consumo total de carne. En 2018 se produjeron 3.31 millones de toneladas, el crecimiento contra 2017 fue de 3%. El consumo *per cápita* alcanzó los 31.4 kg, 2.1% mayor con respecto al año anterior. México exportó 4 mil toneladas de carne de pollo e importó 805 mil toneladas, el principal país de origen fue Estados Unidos de América (86%) (SIAP, 2019).

El consumo *per cápita* de carne de cerdo fue de 18.8 kg en 2018, 4.1% mayor con respecto a 2017. En 2018, la producción se ubicó en 1.5 millones de toneladas, 4.1% mayor con respecto al año anterior. En este mismo año, México exportó al mundo 137 mil toneladas e importó 1.09 millones toneladas. El país destino fue Japón (72%) y el país de origen fue Estados Unidos América (83%) (SIAP, 2019).

Por su parte, la producción de carne de bovino creció 2.8%, éste pasó de 1.926 a 1.98 millones de toneladas de 2017 a 2018. El consumo se redujo en 0.1%, ubicándose en 14.8 kg en 2018. En 2018, México exportó 236 mil toneladas de esta carne e importó 197 mil toneladas, el país de origen y de destino fue Estados Unidos de América (SIAP, 2019).

**Sector lácteo de México.** La leche es un alimento insustituible en todas las etapas de la vida dentro de una dieta equilibrada. Numerosas investigaciones han demostrado el papel que desempeñan la leche y sus derivados como vehículos de nutrientes esenciales para el adecuado funcionamiento del organismo. Es una fuente esencial de proteínas, grasas, minerales y vitaminas, así como de nucleótidos y poliaminas, entre otros micronutrientes. Dentro de estos destacan el calcio y la vitamina D que, por su elevada presencia y su alta biodisponibilidad, no es igualada por ningún otro alimento (Cervantes-Escoto et al., 2019). La leche, como materia prima, constituye la base de una industria dinámica, desde artesanal hasta tecnificada, que satisface crecientemente las necesidades de los consumidores en volumen y gama de productos en diversos países del orbe.

En México, existe una gran tradición lechera y quesera, se producen en él más de 40 variedades de quesos artesanales (Cervantes-Escoto et al., 2019); ésta procedente de cuatro sistemas de producción: intensivo, familiar (de traspatio), de libre pastoreo extensivo y de pastoreo intensivo, que operan en varias regiones y estados del territorio nacional.

La producción nacional de leche alcanzó 12 millones de litros en 2018, con un aumento del 2% con respecto al año anterior. Los principales estados productores fueron Jalisco (20%), Coahuila (11%), Durango (10%), Chihuahua (9%), Guanajuato (7%) y Veracruz (6%) ("Boletín de leche," 2019a). No obstante, las tasas positivas de crecimiento anual de la producción, México sigue siendo un gran importador de leche descremada en polvo y leche equivalente de otros productos lácteos como leche evaporada, condensada, quesos, crema, yogur, sueros y lactosueros, entre otros. En el periodo de 2010-2014, México importó leche en equivalente en

aproximadamente 18% con base en su consumo nacional aparente. El origen de esta leche fue de Estados Unidos de América (Brambila et al., 2019). La leche producida en el país, más la importada como leche en polvo, se canaliza principalmente a la gran industria, que la transforma en leche pasteurizada, ultrapasteurizada (UHT), condensada, yogur, otros productos fermentados, y quesos; un porcentaje menor (10 %) es utilizado por la industria artesanal, principalmente quesera, dispersa en el territorio.

Solucionar la creciente problemática del sector lácteo en México, constituye un reto para la ciencia, tecnología e innovación, esto constituye una oportunidad para la investigación a realizar en la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

### 3.4.6. Alimentos funcionales e innovadores

El enfoque de las investigaciones científicas en el área de los alimentos y de la nutrición, se ha desplazado del papel primario de los alimentos como fuente de energía y de sustancias estructurales y funcionales del cuerpo humano, hacia el desempeño de algunos de sus componentes en la promoción de estado de bienestar, mejoramiento de la salud y reducción de riesgos al padecimiento de enfermedades crónicas, tales como desórdenes gastrointestinales, enfermedades cardiovasculares, cáncer, sobrepeso, obesidad, diabetes y osteoporosis, entre otras (Jain et al., 2018). En este sentido, los denominados alimentos funcionales (AF) constituyen una opción interesante y factible. Un AF es un alimento natural o procesado que contienen compuestos biológicamente activos; en el cual, las cantidades definidas, efectivas y no tóxicas, brindan un beneficio para la salud clínicamente probado y documentado, utilizando biomarcadores específicos para la prevención, manejo o tratamiento de una enfermedad crónica o sus síntomas (Alongi & Anese, 2021). Los AF incluyen alimentos fortificados con micronutrientes (vitaminas, minerales), fitoquímicos (polifenoles, fitoesteroles), péptidos bioactivos; fibra y prebióticos, ácidos grasos poliinsaturados y aceites; bacterias probióticas, etc. (Nowak et al., 2019).

Por otra parte, el término que recientemente se propone “salud/alimento funcional” (SAF), colectivamente se refiere a nutrientes u otras sustancias bioactivas provenientes de fuentes alimenticias (generalmente en forma concentrada) que ejercen efectos fisiológicos benéficos (Kim et al., 2019).

Para considerar como exitoso el desarrollo de alimentos funcionales, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos: a) la funcionalidad o potencial fisiológico de los ingredientes nutracéuticos o funcionales deberá ser preservada durante el proceso de elaboración y el almacenamiento de los alimentos que los contienen, así como a través de su paso por el tracto gastrointestinal; b) las propiedades mecánico-sensoriales del alimento desarrollado deberán ser comparables a las de su contraparte tradicional, de tal manera que sus factores de calidad y aceptación por el consumidor no se vean afectados y c) los ingredientes y el proceso de manufactura de los alimentos funcionales deberán ser accesibles a la industria alimentaria (Champagne et al., 2018).

Los bioactivos son en su mayoría muy propensos a descomposición durante el proceso de producción, almacenamiento y condiciones gastrointestinales, por lo cual la potencial aplicación de ingredientes bioactivos en muchos productos alimenticios ha abierto un nuevo horizonte en el diseño de sistemas de protección y de liberación controlada novedosos y de grado alimenticio (Nooshkam y Varidi, 2020). Así, existe un gran interés en el desarrollo, la fabricación y la aplicación de sistemas micro y nanoparticulados, como nano y microemulsiones; complejos biopoliméricos (solubles e insolubles); nano y microcápsulas; películas y recubrimientos comestibles, etc. Estos sistemas dispersos deberán actuar como reservorios para encapsular, proteger y liberar agentes bioactivos y funcionales (Almasi et al., 2021). Las características fisicoquímicas de los sistemas de liberación señalados deberán permitir su uso para diversos propósitos: controlar la biodisponibilidad de agentes bioactivos; modular la liberación de agentes bioactivos dentro del tracto gastrointestinal; diseñar matrices alimenticias que retarden la digestión de lípidos e induzcan la saciedad y proteger alimentos mediante su aplicación como materiales de empaque biocompatibles y biodegradables. Asimismo, es recomendable que estos sistemas sean producidos a partir de ingredientes grado alimenticio, incluyendo biopolímeros obtenibles a partir de materias primas agrícolas renovables y desperdicios del procesamiento de alimentos agrícolas y marinos, los cuales presenten potencial para reemplazar polímeros sintéticos en la fabricación de biomateriales con bioactividad, biocompatibilidad, biodegradabilidad y propiedades funcionales novedosas para diversas aplicaciones (Crispín-Isidro et al., 2019). Para la correcta aplicación de los sistemas de liberación, es necesario entender las interacciones entre sus componentes con aquéllos de los alimentos utilizados como vehículos, así como la relación de estas interacciones con la microestructura, las propiedades mecánico-sensoriales y la estabilidad generadas en los alimentos, con la finalidad de ser capaces de predecir la percepción de los consumidores y mejorar la textura, funcionalidad y estabilidad de los alimentos desarrollados (Vargas-Campos et al., 2018; Nowak et al., 2019).

### 3.4.7. Bioprocessos agroalimentarios

**Metabolitos secundarios de interés.** Los productos naturales son compuestos orgánicos propios de un organismo animal o vegetal, que resultan de su metabolismo secundario. En la mayoría de los casos parecen no ser esenciales para la planta, insecto o microorganismo que los produce, pero pueden ser útiles a otros seres vivos incluyendo al hombre. El tipo de sustancias orgánicas presentes en las plantas es un criterio que puede permitir elegir vegetales interesantes para su estudio desde un punto de vista químico, industrial, medicinal y farmacológico. En este tipo de investigaciones se plantea establecer estudios de rutas metabólicas utilizando la marcación isotópica con deuterio, de posiciones clave en moléculas naturales que explican la biogénesis de terpenoides como la desarrollada en triquinanos de estructura relativa a la molécula 5. Algunos bioprocessos o reacciones de reordenamiento molecular en turno dan lugar a productos cuya identificación se dificulta por la presencia de estructuras de diferente conformación de una misma sustancia, razón por la que es necesario efectuar un modelado molecular que deslinde por Resonancia Magnética Nuclear (RMN) cada una de las conformaciones involucradas y establezca además la composición de éstas (López-Yerena et al., 2022).

Uno de los cultivos industriales más importantes ligado a uno de los padecimientos que afectan a la mayoría de la población mexicana es el aprovechamiento de la planta *Stevia rebaudiana*, ha sido ampliamente utilizado para endulzar tés y brebajes durante siglos por indígenas guaraníes debido al alto contenido en glucósidos diterpénicos (GD) de sus hojas. No hay duda de que los GD son el grupo más significativo de metabolitos secundarios de *S. rebaudiana* debido a sus aplicaciones en la industria de los endulzantes. Un gran aporte científico fue cuando se aislaron y caracterizaron 21 glucósidos de esteviol, ya que, hasta ese momento, varios grupos estaban trabajando intensamente en la búsqueda de nuevos glucósidos de esteviol. El Rebaudiósido A y el esteviósido, son los principales glucósidos de esteviol (que representan más del 40 % de los GD presentes en el extracto de hoja) han mostrado un dulzor natural más potente que la sacarosa, lo que los convierte en buenos candidatos como sustitutos del azúcar no calóricos. Recientemente se descubrió que el rebaudiósido A y el esteviósido potencian la actividad de TRPM5 (un canal catiónico activado por  $\text{Ca}^{2+}$  expresado en células receptoras del gusto tipo II y células  $\beta$  pancreáticas) que mejora la secreción de insulina inducida por glucosa. TRPM5 se ha sugerido como un objetivo potencial para prevenir y tratar la diabetes tipo 2 (Perera & McChesney, 2021).

En este sentido, existen muchas plantas mexicanas que deber ser estudiadas y aprovechadas por su uso industrial potencial como fuentes de medicamentos herbolarios, de principios activos, colorantes, antioxidantes y como alimentos biodinámicos.

Otro campo de interés radica en los antioxidantes, los compuestos polifenólicos, que consiste en ácidos fenólicos y flavonoides, se distribuyen ampliamente en los alimentos y en particular plantas y frutas. Se ha sugerido que la mayoría de los compuestos fenólicos se unen covalentemente en plantas y frutas. La capacidad antioxidante de los extractos de plantas depende en gran medida de su composición y las condiciones del sistema de prueba, como ambos están influenciados por muchos factores, los efectos antioxidantes se han caracterizado por diferentes métodos.

**Aprovechamiento de residuos.** Los cambios en los factores ambientales y el agotamiento de los combustibles fósiles son las motivaciones principales en la búsqueda de combustibles alternativos a partir de recursos renovables en un carácter sostenible (Li et al., 2019). Adicionalmente, la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y la contaminación de suelos y mantos freáticos ocasionados por los desechos sólidos que se producen en el sector primario y secundario en los sistemas agroindustriales, abren la posibilidad de conducir acciones de coordinación para su recolección, reciclamiento y transformación en fuentes energéticas, o la fabricación de materiales de carácter biodegradable (Dandu and Nanthagopal, 2019; Hiloidhari et al., 2020; Lau et al., 2020).

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades humanas son el motor más importante del cambio climático. El crecimiento del sector ganadero tiene un impacto significativo en este aspecto, especialmente debido a las emisiones directas de metano proveniente de fermentación entérica de los animales y el óxido nitroso liberado por la descomposición anaeróbica del estiércol, así como la nitrificación y desnitrificación del nitrógeno orgánico. Se espera que la contribución del sector ganadero al cambio climático aumente en las próximas décadas, asociada con un aumento tanto de la población como de la demanda de productos ganaderos (Caro, 2019). Las estadísticas indican que las emisiones globales del sector ganadero

corresponden entre 5 –18 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los últimos estudios buscan la eficiencia de los procesos de la digestión anaeróbica para la producción de biogás con fines energéticos (Aguilar-Moreno et al., 2020; Burg et al., 2018).

Después de la crisis energética de la década de los 70, varios países generaron estrategias para sustituir gradualmente el consumo de combustibles fósiles por etanol obtenido a partir de biomasa para utilizarlo como sustituto parcial o total de combustibles de autos. La utilización de combustibles obtenidos a partir de fuentes renovables presenta ventajas frente al uso de combustibles de origen fósil (Pradhan et al., 2018), sin embargo, el factor dominante para la generación de los biocombustibles es que se haga a través de técnicas adecuadas desde el punto de vista tribológico. Para algunas aplicaciones automotrices, en un escenario futuro, se estarán buscando mezclas adecuadas de biocombustibles y en ese campo faltan muchas investigaciones que realizar desde el punto de vista tribológico (Dandu and Nanthagopal, 2019).

La producción de bioetanol se incrementa día a día en el mundo. Se prevé que la producción mundial aumentará 14% de 2016 a 2026. La OCDE proyecta que esta producción pasará de 120 MmL a 137 MmL en este periodo. Se espera que 60% de este incremento provendrá de Brasil, debido a su demanda interna. Asimismo, está demanda estará influenciada por otros factores, entre ellos los altos precios en la gasolina y petróleo y a políticas públicas enfocadas a disminuir las emisiones de gases invernadero. Para producir etanol a partir de biomasa es común utilizar diversos sustratos; países como Estados Unidos y Brasil, que son los principales productores de etanol, utilizan respectivamente maíz y caña de azúcar como fuente de azúcares fermentables para producir etanol vía fermentación alcohólica. En varios países, incluido México, existe una restricción para el uso de sustratos de consumo humano para producción de etanol, es por ello que en los últimos años se han desarrollado tecnologías para producirlo a partir de biomasa, es decir, de residuos vegetales de diverso origen como pueden ser residuos de maíz, de caña de azúcar, de pajas, de desechos forestales y de papel entre otros (Li et al., 2019). Las materias primas para la producción de etanol se pueden dividir en dos grandes grupos; los primarios o también conocidos como cultivos primarios como son la cebada, maíz, algodón, almidones de tubérculos, trigo, sorgo, soya, caña de azúcar y trigo principalmente. Estos cultivos primarios son las principales fuentes de azúcares fermentables y por lo tanto la principal fuente de bioetanol aún con la restricción anteriormente mencionada. Los secundarios o también llamados, productos secundarios son generalmente residuos de origen municipal, agrícola o industrial que, por su composición química, tiene un gran potencial para ser utilizados como fuente de azúcares fermentables. Entre estos residuos sobresalen los residuos de cereales (pajas), residuos de la industria láctea (suero lácteo), residuos del procesamiento de cítricos, etcétera. La producción de bioetanol se ha clasificado como de primera, segunda y tercera generación en función de la tecnología que se utiliza para su obtención. El principal problema que enfrenta la investigación en este ámbito es la baja eficiencia del proceso de conversión de la biomasa vegetal, por lo tanto, los costos que representa romper la celulosa para posteriormente fermentarla y destilarla son aún elevados.

La presencia de etanol es uno de los principales obstáculos para la bioconversión de biomasa a etanol. Actualmente, el desarrollo de cepas tolerantes a altas concentraciones de etanol es uno de los principales retos de la biotecnología y representa cambios significativos en la producción de etanol (Varize et al., 2022).

Gracias a los avances en el desarrollo de tecnologías moleculares, en particular en las relacionadas con la secuenciación del ADN, se han podido estudiar las comunidades microbianas que participan en diferentes bioprocessos, permitiendo el análisis simultáneo de la caracterización taxonómica de las especies contenidas en la comunidad y las funciones que éstas pueden desempeñar. Estos estudios pueden brindar información sobre la diversidad y estructura trófica que se llevan a cabo en el ciclo de nutrientes del ecosistema que los contiene (por ejemplo, reactores, fermentadores, etc.) (Dakal & Dhabhai, 2019); generando información que permita determinar los adecuados parámetros de operación de un proceso con la finalidad de incrementar la eficiencia de este y obtener mayores rendimientos.

En este sentido, la metagenómica representa una aproximación totalmente nueva al estudio de las comunidades microbianas, definida como el análisis funcional y de secuencias de los genomas microbianos colectivos contenidos en una muestra ambiental, basándose ya sea en expresión o secuenciación (Gao et al., 2019).

Hoy día, se utilizan otras plataformas y tecnologías distintas de secuenciación masiva. Cada plataforma y tecnología de secuenciación incorpora elementos de hardware y software distintos, así como sistemas enzimáticos, reacciones químicas, ópticas y sistemas de detección diferentes (Schlembach et al., 2021).

Por otra parte, para ayudar a satisfacer la creciente demanda de biocombustibles, cultivos oleaginosos alternativos están siendo evaluados. El biodiesel se ha vuelto más atractivo recientemente debido a sus ventajas ambientales y porque se obtiene de recursos renovables. Un método prometedor para producir biodiesel a partir de aceites con alto contenido de ácidos grasos libres consiste de dos pasos: la transesterificación (esterificación catalizada por ácido seguida de transesterificación catalizada por álcali) Los aceites ácidos (ácido graso contenido >1%, p/p) debe esterificarse usando un catalizador ácido para reducir la acidez del aceite antes de aplicar un catalizador alcalino para transesterificar el aceite en biodiesel (Su et al., 2018).

Algunos estudios recientes de biodiesel a partir de materias primas no convencionales incluyen *Thlaspi arvense* L. (Zanetti et al., 2019), *Camelina sativa* (Agarwal, Prakash & Bala, 2021), microalgas (Ganesan et al., 2020) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Este combustible se obtiene a partir de diferentes procesos químicos, bioquímicos, termoquímicos y biológicos (sacarificación, fermentación, transesterificación, licuefacción hidrotermal y pirólisis), para producir biodiesel (Stamenković et al., 2020).

También se propone el aprovechamiento de subproductos de plantas de otras familias como la Annonaceae, en particular sus semillas. Se han efectuado estudios de obtención de biodiesel a partir de *Annona muricata* L. (Su et al., 2018) y *Annona squamosa* (Parthiban, Pandian & Subramanian, 2021).

En la actualidad existen diversas metodologías sintéticas que sumados a procesos de biotransformaciones catalizadas por complejos multienzimáticos y combinados con algunas reacciones iónicas, pericíclicas y de radicales libres, generan una amplitud de posibilidades para llevar a cabo procesos de construcción de moléculas, en el ámbito de la química verde, considerando solventes, catálisis, reacciones promovidas por microondas y ultrasonido, los novedosos métodos a flujo y métodos verdes de trabajo de reacción y principalmente los modelos

a micro escala con posibilidad de escalamiento industrial. Lo anterior orientado en una profunda inclinación por resaltar el aumento de la selectividad, la eficiencia en los procesos de obtención de compuestos sintéticos y, sobre todo, el impacto ambiental.

La tendencia actual en investigación química a nivel industrial o académica se encuentra enmarcada en procesos con altos requerimientos desde la perspectiva económica y ambiental, lo que hace más importante el uso preferentemente de los procesos de biotransformaciones para la formación de moléculas complejas que generan especialmente núcleos estructurales base de productos naturales y sintéticos de interés industrial, biológico y farmacológico. De este modo la búsqueda, la extensión, evaluación y aplicación de nuevas metodologías para transformaciones orgánicas prevalece como un área de investigación vigente.

**Modelado, simulación, optimización y control de bioprocessos.** Para incrementar el conocimiento de un bioprocreso se requieren de modelos matemáticos, es decir, de representaciones simplificadas de esos sistemas. Actualmente es posible combinar las herramientas del diseño asistido por computadora CAD y la simulación numérica FEA en las diferentes etapas del diseño, re-diseño y/o validación de los equipos que constituyen un bioprocreso (Pang y Fard, 2020). Los modelos teóricos normalmente emplean ecuaciones algebraicas, ecuaciones diferenciales ordinarias o ecuaciones diferenciales parciales. Los modelos empíricos emplean normalmente ecuaciones algebraicas, pero en general cualquier enfoque de identificación de sistemas o modelo de caja negra (black-box model) ya sea estático o dinámico. Estos modelos abarcan desde modelos obtenidos de regresión lineal simple y múltiple, modelos auto regresivos con entradas exógenas, sistemas difusos, redes neuronales artificiales, hasta modelos neuro-difusos y posiblemente otros enfoques de la llamada computación suave o inteligencia artificial. El arte de la modelación de sistemas implica generar la estructura, esto es, su conjunto de ecuaciones, así como llevar a cabo su análisis de sensibilidad, estimación de parámetros, análisis de identificabilidad, evaluación (validación) y análisis de incertidumbre. El estudio de bioprocessos basado en modelación matemática es complejo desde su concepción, ya que se puede concebir desde el punto de vista determinista o probabilístico (estocástico), por lo tanto, su solución requiere de cálculos complejos basado en métodos numéricos, simulación y/o regresiones dinámicas. En el caso de modelos dinámicos existen diversos métodos numéricos para obtener soluciones aproximadas de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Para el caso de modelos matemáticos representados mediante ecuaciones diferenciales parciales también se requieren métodos numéricos de solución, como la denominada dinámica de fluidos computacional (CFD) que permite estudiar en dos y tres dimensiones sistemas descritos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes. Para mejorar el comportamiento de un bioprocreso se requiere de la aplicación de diversos métodos de optimización. En general el desempeño de un bioprocreso se puede mejorar usando métodos de optimización estática tales como programación lineal y programación no lineal. Pero también se pueden aplicar enfoques de optimización dinámica tales como la programación dinámica o el cálculo variacional. La teoría de optimización incluye los llamados métodos locales de búsqueda tales como mínimos cuadrados no lineales, la programación cuadrática secuencial y métodos basados en el gradiente de la función objetivo. Por otro lado, los métodos globales de búsqueda abarcan desde métodos determinísticos, métodos estocásticos como la búsqueda aleatoria controlada hasta los algoritmos evolutivos y los algoritmos bio-inspirados (Luo et al., 2021). Para obtener un comportamiento deseado de un bioprocreso se requiere de la aplicación de algún enfoque de teoría de control. Todos los enfoques son susceptibles de aplicación: métodos para sistemas lineales y no lineales. Así, es posible

aplicar el control industrial clásico conocido como control proporcional-integral-derivativo (PID), control clásico (respuesta en frecuencia y lugar de las raíces) para sistemas de una sola entrada y salida (SISO), el enfoque de espacio de estados, para sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), hasta control óptimo, control adaptable, control predictivo basado en modelos, control robusto o control inteligente.

### 3.4.8. Demanda social

La demanda social de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria es significativa y multifacética debido a su impacto directo en la seguridad alimentaria, la salud humana y el medio ambiente. Algunas razones de ello son las siguientes:

- **Seguridad alimentaria mundial.** Con una población mundial en constante crecimiento, se espera que la demanda de alimentos aumente significativamente en las próximas décadas. Una Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria puede abordar los desafíos asociados con la producción, distribución y disponibilidad de alimentos para garantizar que las necesidades alimentarias globales se satisfagan de manera sostenible.
- **Sostenibilidad.** La presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente debido a la agricultura intensiva es un tema crucial en la actualidad. La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria pueden contribuir al desarrollo de prácticas sostenibles de producción y conservación de alimentos, de manejo integral de residuos y subproductos y el uso eficiente de recursos naturales, como el agua y la energía.
- **Cambio climático.** El cambio climático está afectando los patrones climáticos, los ciclos de cultivo y la distribución de plagas y enfermedades. Los procesos de investigación en la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria pueden enfocarse, por ejemplo, a la producción de energías alternativas y al desarrollo de estrategias de mitigación de factores que deterioran el medio ambiente.
- **Calidad y seguridad alimentaria.** La creciente preocupación por la calidad y seguridad de los alimentos impulsa la necesidad de investigar métodos para garantizar la inocuidad alimentaria, detectar y prevenir contaminantes, y mejorar la calidad nutricional de los cultivos.
- **Innovación tecnológica.** La producción y conservación de alimentos está experimentando una revolución tecnológica con avances en áreas como la agricultura de precisión, la biotecnología, la genómica y la inteligencia artificial. La Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria pueden desarrollar investigación y participar en el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la productividad agroalimentaria con criterios de sostenibilidad.
- **Desarrollo rural y económico.** La agricultura sigue siendo una fuente importante de empleo e ingresos en muchas regiones del mundo. Los procesos de formación de recursos humanos y de investigación de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria pueden contribuir al desarrollo rural sostenible, el empoderamiento de los agricultores y la reducción de la pobreza a través de prácticas agrícolas innovadoras y orientadas al mercado.

En todo este contexto, la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se declara pertinente en ámbitos nacional e internacional, debido a que es indispensable la formación de recursos humanos críticos, creativos, con compromiso social, con emprendimiento, con espíritu de colaboración en redes y que generen nuevo conocimiento a través de una investigación original, para que estos profesionales sean capaces de atender las necesidades de los sistemas agroalimentarios bajo un enfoque holístico. Además, es necesario crear oportunidades de desarrollo agrícola y rural con objeto de reducir la pobreza y el hambre, para que el sistema de producción actual de alimentos pueda abastecer una población creciente en un clima cambiante y sosteniendo los ecosistemas.

Así, la problemática global que afecta a la sociedad y que es un desafío para los egresados del Programa de Posgrado estará relacionada con (1) pobreza y hambre, (2) pérdidas y desperdicios postcosecha de productos agropecuarios, (3) hábitos alimenticios causales de enfermedades crónicas no transmisibles, (4) cambio climático (agua, contaminación, gases efecto invernadero), (5) generación de valor y (6) vinculación.

Además, la investigación de los maestrandentes debe considerar las nuevas preocupaciones en la producción de alimentos, entre las que se incluyen nutrición, inocuidad, funcionalidad, productos orgánicos, transgénicos, alergénicos, cancerígenos, compromiso social, bienestar animal, ambiente y suministro permanente.

Para que el sistema de producción actual de alimentos pueda abastecer una población creciente en un clima cambiante y sosteniendo los ecosistemas, es necesario crear oportunidades de desarrollo agrícola y rural. La situación económica y social actual requiere respuestas sostenibles de los gobiernos y las cadenas agroalimentarias, donde estas últimas tienen un enorme potencial de crecimiento para enfrentar la problemática nacional.

Para fortalecer los sistemas agroalimentarios, es necesario promover la cohesión social, salud, nutrición y seguridad en los alimentos; reducir desechos; innovar en los diferentes componentes de las cadenas productivas; reducir pérdidas postcosecha y fomentar la sostenibilidad en diferentes enfoques como la sostenibilidad productiva, enfocada a recursos naturales, genéticos, agua y suelo, sostenibilidad ambiental en términos de cambio climático, huella de carbono y huella del agua, sostenibilidad económica, dirigida a una producción económicamente viable para el presente y el futuro y sostenibilidad social, expresada en términos de mejoras permanentes en las condiciones de vida de la población.

De manera particular, el Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria está interesado en atender los temas demandados por la sociedad y que son propuestos por los Centros e Institutos de Investigación y la UACH, particularmente el Instituto de Alimentos, como temas prioritarios y estratégicos.

En atención a la problemática nacional, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) ha detectado la necesidad de implementar estrategias prioritarias y acciones puntuales, que obedezcan a los principios rectores del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (DOF, 2019b) relacionados con el rescate al campo. Estas acciones se concentran en tres grandes objetivos: (1) lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción

y la productividad agropecuaria y acuícola pesquera; (2) contribuir al bienestar de la población rural mediante la inclusión de los productores históricamente excluidos de las actividades productivas rurales y costeras, aprovechando el potencial de los territorios y los mercados locales; (3) incrementar las prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola pesquero frente a los riesgos agroclimáticos.

La atención a la problemática requiere de la participación de especialistas en el área de la ciencia y la tecnología agroalimentaria, pero, por la amplitud de los enfoques, es necesario contar también con la participación de especialistas en las áreas químico-biológicas, quienes, con un trabajo transdisciplinario y holístico, generen soluciones integrales a la problemática del sector. Estos estudios, a su vez, deberán generar información con aplicaciones inmediatas para los productores primarios y secundarios, lo que obliga a su vinculación desde el planteamiento de la investigación, siempre considerando la pertinencia económica, social y ambiental.

## **4. Ámbitos del profesional**

El egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria tiene los siguientes campos de acción y esferas de actuación.

### **4.1. Campos de acción**

- Actividad profesional en ámbitos vinculados a los sistemas y procesos agroalimentarios, tales como instituciones educativas, gubernamentales, organizaciones sociales, agencias de desarrollo, empresas consultoras y comunidades o regiones.
- Investigación y docencia.
- Actividades de consultoría y capacitación en el área agroalimentaria.
- Actividades de normalización, certificación y control de la inocuidad de productos y procesos.

### **4.2. Esferas de actuación**

El egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria será capaz de desarrollarse profesionalmente en

- Instituciones de educación superior, como docente.
- Centros de investigación.
- Empresas de producción agroalimentaria.
- Sector gubernamental.
- Ejercicio libre de la profesión, a través de la consultoría, la presentación de servicios o la creación de empresas propias.

### **4.3. Funciones generales del profesional**

La Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y el Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria desarrollan las siguientes funciones generales:

#### **4.3.1. Investigación y desarrollo (I+D):**

- Generar conocimiento científico y tecnológico en el área agroalimentaria.
- Diseñar y desarrollar tecnologías innovadoras para la obtención de nuevos productos alimenticios y bioprocessos sostenibles.
- Investigar el aprovechamiento de recursos no convencionales y residuos agroindustriales.
- Diseñar e implementar sistemas de calidad e inocuidad en la producción agroalimentaria.

#### **4.3.2. Docencia y formación:**

- Impartir clases en instituciones de educación superior en temas relacionados con ciencias agroalimentarias, tecnología alimentaria y biotecnología.
- Formar recursos humanos especializados a través de la dirección de tesis y proyectos académicos.

#### **4.3.3. Consultoría y asesoramiento:**

- Brindar consultoría técnica a empresas y organizaciones del sector agroalimentario para optimizar procesos y cumplir normativas de calidad e inocuidad.
- Asesorar en la valorización de alimentos tradicionales y desarrollo de productos innovadores.

#### **4.3.4. Gestión y supervisión:**

- Coordinar programas de normalización, certificación y control de calidad en la industria agroalimentaria.
- Diseñar estrategias para la percepción positiva de alimentos tradicionales en mercados locales e internacionales.

#### **4.3.5. Innovación y emprendimiento:**

- Desarrollar emprendimientos enfocados en productos alimenticios innovadores, bioprocessos o biopolímeros.
- Crear nuevas empresas relacionadas con la producción agroalimentaria sostenible.

#### **4.3.6. Gestión ambiental y sostenible:**

- Crear soluciones sostenibles para la gestión de residuos agroindustriales y generación de bioenergía.
- Delinear proyectos orientados a la recuperación de metabolitos y compuestos bioactivos con valor agregado.

#### **4.3.7. Colaboración intersectorial:**

- Formar parte de equipos multidisciplinarios en centros de investigación, empresas o sector gubernamental para abordar retos agroalimentarios globales.
- Contribuir al diseño de políticas públicas relacionadas con la producción y sostenibilidad agroalimentaria.

### **4.4. Sistema de conocimientos, habilidades, valores y actitudes**

#### **4.4.1. Sistema de conocimientos**

La Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y el Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria tienen formación que depende de la Línea de Investigación e Incidencia Social (LIES), según se describe a continuación. En todos los casos, se tiene formación en la metodología científica y tecnológica, a través del uso de métodos estadísticos y análisis de datos para investigación.

#### **LIES de Alimentos Frescos y Procesados**

- Conservación y valor agregado. Principios de bioquímica para extender la vida útil de alimentos; aplicación de la fisiología vegetal y animal para mantener la calidad de alimentos frescos; diseño de estrategias para preservar la inocuidad alimentaria en productos perecederos.
- Evaluación de propiedades de alimentos. Análisis físico-químico de alimentos frescos y procesados; uso de tecnologías para mejorar la vida de anaquel y la calidad sensorial.
- Producción sostenible. Optimización de sistemas de producción agroalimentaria para reducir desperdicios y maximizar recursos.

#### **LIES de Alimentos Funcionales e Innovadores**

- Desarrollo de productos funcionales y nutracéuticos. Incorporación de ingredientes bioactivos para mejorar la salud de la población; identificación y extracción de metabolitos secundarios funcionales.
- Desarrollo de alimentos innovadores. Uso de conocimientos de química de alimentos para formular nuevos productos; innovación en alimentos mediante la incorporación de tecnologías avanzadas de procesamiento.
- Aplicación tecnológica. Modelado y simulación de formulaciones de alimentos funcionales; evaluación de propiedades sensoriales, nutricionales y funcionales de los alimentos desarrollados.

## LIES de Bioprocessos Agroalimentarios

- Diseño y optimización de bioprocessos. Conocimientos de cinética enzimática y biología molecular para controlar y mejorar procesos; aplicación de modelado y simulación para escalar operaciones agroalimentarias.
- Aprovechamiento de productos naturales, subproductos y residuos. Caracterización de productos naturales extraídos por distintas metodologías a partir de distintas fuentes vegetales; transformación de subproductos en insumos de valor agregado mediante bioprocessos sostenibles; reducción del impacto ambiental mediante la reincorporación de residuos a cadenas productivas.
- Sostenibilidad en procesos agroalimentarios. Creación de tecnologías limpias y sostenibles en el manejo de residuos agroindustriales; desarrollo de procesos innovadores para optimizar recursos en el sector agroalimentario.

### 4.4.2. Sistema de habilidades

- **Habilidades de investigación y análisis.** Resolución de problemas con enfoque científico y sostenible; análisis e interpretación de datos mediante metodologías avanzadas.
- **Habilidades técnicas y operativas.** Manejo de equipos e instrumentos especializados para el análisis de sistemas agroalimentarios; diseño de alimentos innovadores y procesos sostenibles.
- **Gestión y comunicación científica.** Gestión de recursos financieros para proyectos de investigación; comunicación de resultados de investigación en publicaciones, ponencias y otros medios.
- **Enfoque práctico y aplicado.** Incorporación de subproductos a cadenas productivas; optimización de procesos para prolongar la vida útil de los alimentos.

### 4.4.3. Sistema de valores

- **Respeto y ética.** Respeto a la diversidad cultural, la vida y el medio ambiente; compromiso ético en la generación y aplicación del conocimiento.
- **Solidaridad y responsabilidad.** Trabajo colaborativo en la solución del sector agroalimentario; responsabilidad en el diseño de soluciones sostenibles.
- **Progreso y sostenibilidad.** Promoción del avance del sector agroalimentario con visión sistémica y sostenible; valoración de las prácticas que integren el bienestar social, ambiental y económico.

### 4.4.4. Sistema de actitudes. SEAES

En forma congruente con las políticas del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (**SEAES**), las y los egresados de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se conducen con apego a los siguientes criterios transversales: compromiso con la responsabilidad social; equidad social y de género; inclusión; vanguardia; excelencia, innovación social e interculturalidad. Las secciones 7.3 y 7.4 muestran la alineación de los criterios transversales del SEAES con los atributos del perfil de egreso.

## **5. Elementos del plan de estudios**

### **5.1. Misión y Visión del Programa Educativo**

#### **5.1.1. Misión**

Formar recursos humanos altamente calificados y especializados para los sistemas agroalimentarios, capaces de contribuir al desarrollo sostenible del país mediante la investigación científica para la generación de conocimiento, la difusión de éste y su aplicación para la generación de tecnología.

#### **5.1.2. Visión**

Ser un Programa de Maestría en Ciencias con un reconocido prestigio académico, científico y cultural; líder en la formación de recursos humanos altamente calificados y especializados en el sector agroalimentario, comprometidos con un desarrollo sostenible, equitativo y justo para el país.

#### **5.1.3. Objeto de estudio**

El objeto de estudio de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) corresponde a los sistemas agroalimentarios, que comprenden el recorrido de los alimentos desde la explotación agrícola hasta la mesa, incluidos los momentos en que se cultivan, pescan, cosechan, elaboran, envasan, transportan, distribuyen, comercializan, preparan y consumen. En tal sentido, la MCyTA atiende la misión de formar recursos humanos altamente calificados y especializados para los sistemas agroalimentarios, capaces de contribuir al desarrollo sostenible del país mediante la investigación científica para la generación de conocimiento, la difusión de éste y su aplicación para la generación de tecnología.

El Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria desarrolla tres Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), denominadas Alimentos Frescos y Procesados, Alimentos Funcionales e Innovadores y Bioprocesos Agroalimentarios. Los alimentos de origen vegetal y animal constituyen un objeto de estudio central. Entre los primeros están las leguminosas, los cereales, las oleaginosas, los cultivos industriales, como café, cacao y caña de azúcar, y las frutas y hortalizas, manejados tanto en estado fresco, como procesado. Entre los alimentos de origen animal, se consideran a los productos lácteos y cárnicos. En la LIES de Alimentos Frescos y Procesados se estudian estos materiales desde la visión de los sistemas agroindustriales a través de los cuales son producidos, procesados y comercializados, hasta los aspectos fundamentales de su composición, estructura y comportamiento. El principal reto de las investigaciones se centra en un abastecimiento oportuno de materias

primas, en los volúmenes exigidos por la demanda social y con la calidad requerida, así como en la reducción de costos y la reducción de pérdidas y desperdicios postcosecha.

En el contexto del consumo de alimentos, el concepto tradicional de que la dieta debe aportar nutrientes esenciales ha evolucionado. Hoy se reconoce que los alimentos también contienen compuestos bioactivos que benefician la salud, reducen el riesgo de contraer enfermedades crónicas y contribuyen al bienestar. Así, los alimentos funcionales destacan por su capacidad de mejorar diversas actividades del organismo más allá de la nutrición básica, promoviendo la salud o disminuyendo riesgos de enfermedad. Su producción implica aumentar componentes naturales, añadir nuevos o reemplazar ingredientes menos saludables, garantizando que mantengan su funcionalidad durante la fabricación, almacenamiento y consumo. Además, deben ser sensorialmente comparables a los alimentos tradicionales y viables para la industria. En tal sentido, la LIES de Alimentos Funcionales e Innovadores se enfoca al desarrollo de biopolímeros y sistemas dispersos (emulsiones, nanoemulsiones, liposomas), usados como protectores de compuestos bioactivos. También formula productos más saludables, incorporando ingredientes nutracéuticos y optimizando procesos para innovar en la agroindustria.

Por otro lado, el programa considera el desarrollo de bioprocesos agroalimentarios, a través de la combinación de materiales renovables y sistemas biológicos para desarrollar productos de alto valor agregado, como alimentos, biocombustibles, nutracéuticos, fármacos y biomateriales, beneficiando diversas industrias de manera sostenible. Esta disciplina incluye áreas como tecnologías de fermentación, separación, procesamiento y almacenamiento de productos agrícolas, conversión de biomasa, biorremediación y modelado de materiales biológicos. Además, integra sensores, tecnologías computacionales y metodologías avanzadas para el control y optimización de procesos. En este contexto, la LIES de Bioprocisos Agroalimentarios atiende temas de investigación que abarcan el aislamiento y caracterización de metabolitos secundarios, producción de biodiesel a partir de semillas oleaginosas, síntesis de moléculas agroindustriales, desarrollo de biocombustibles y bioplásticos, así como la modelación y optimización dinámica de bioprocisos. Por su carácter interdisciplinario, la ingeniería de bioprocisos aborda problemas en la intersección de la biotecnología y la ingeniería química, colaborando con diversas disciplinas para enfrentar retos agroindustriales complejos.

## 5.2. Objetivos generales y específicos

### 5.2.1. Objetivos generales

- Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias de alto nivel, que contribuyan a generar conocimiento relacionado con el aprovechamiento de productos, subproductos y residuos agroalimentarios, mediante el desarrollo de investigación básica y aplicada, para impulsar el progreso de una manera sostenible.
- Fomentar la formación de grupos académicos mediante vinculación, para abordar la investigación con enfoques transdisciplinario y holístico.

### **5.2.2. Objetivos educativos**

- Crear habilidades de análisis y liderazgo a través de actividades curriculares, para la propuesta de alternativas de solución a problemas propios de un sistema agroalimentario, con un enfoque de equidad social y respeto al ambiente.
- Impulsar habilidades de análisis y comunicación mediante el desarrollo de investigación para la generación y difusión de conocimiento científico y tecnológico pertinente e innovador, para el mejoramiento del sector agroalimentario.
- Construir un espacio académico de excelencia, mediante la generación de conocimientos y la formación de recursos humanos de la más alta calidad, para el fomento al desarrollo nacional.

### **5.2.3. Objetivos instructivos**

- Evaluar los factores tecnológicos que afectan el desarrollo de las empresas agroalimentarias, mediante el análisis de materias primas y procesos de transformación, para mejorar su eficiencia productiva.
- Aplicar conceptos y criterios de calidad a sistemas producto, mediante el análisis de sus componentes, para hacerlos más eficientes en su desempeño socio-técnico.
- Analizar los factores bióticos y abióticos que afectan la producción, acondicionamiento, conservación y transformación de productos agroalimentarios y materiales relacionados, como residuos y subproductos, mediante procesos de aprendizaje interdisciplinario, para proponer alternativas viables a una problemática identificada en las unidades de producción, con un enfoque de desarrollo sustentable.

## **5.3. Denominación del Programa Educativo y grado a otorgar**

El Programa Educativo se denomina:

**Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**

El grado a obtener es el de:

**Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**

o

**Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**

## 6. Perfil de ingreso

### 6.1. Requisitos de ingreso

Los requisitos de ingreso se sustentan en el Reglamento General de Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo. Con esta base, los requisitos de ingreso son los siguientes, los cuales pueden variar en función de las revisiones y actualizaciones aprobadas por las autoridades correspondientes:

- a) Poseer título de licenciatura en alguna de las disciplinas que a continuación se indican: ingeniería agroindustrial, ciencia y tecnología de alimentos, química, ingeniería química, fisicoquímica, bioprocessos, agronomía, biología, biotecnología, fisiología o en una licenciatura afín al área agroalimentaria.
- b) Contar con experiencia profesional en algún ámbito vinculado a los procesos alimentarios: instituciones educativas, gubernamentales, organizaciones sociales, agencias de desarrollo, empresas consultoras, e incluso profesionistas libres vinculados a sus comunidades o regiones.
- c) Tener un promedio general mínimo de 80 o su equivalente en otras escalas, en el grado de estudios anterior.
- d) Satisfacer los procedimientos de admisión y requisitos específicos del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, que incluyen manejo del idioma inglés evaluado a través de un examen diagnóstico en el Centro de Lenguas Extranjeras y Autóctonas de la Universidad Autónoma Chapingo, la presentación de una propuesta de investigación afín a las Líneas de Investigación e Incidencia Social de Programa, la presentación de una declaración de dedicación de tiempo completo a los estudios de maestría en ciencias y la presentación del *Curriculum vitae*, con documentos probatorios.
- e) Presentar solicitud de admisión a la Coordinación General de Estudios de Posgrado en el formato establecido por la misma, a la cual se deberá anexar:
  - Copia certificada del acta de nacimiento.
  - Original y copia, para cotejo, del título, diploma o certificado de estudios completos de licenciatura, debidamente legalizado y la cédula profesional para los mexicanos.
  - Registro completo de las materias y calificaciones expedido por la institución donde haya realizado sus estudios de licenciatura, señalando el mínimo aprobatorio y la escala de calificación.
- f) Para inscribirse como estudiante, el aspirante admitido deberá entregar la siguiente documentación a la Oficina de Control Académico de la Dirección General Académica:

- Carta de aceptación emitida por la Coordinación General de Estudios de Posgrado.
  - Certificado médico expedido por el Servicio Médico de la propia Universidad Autónoma Chapingo u otro equivalente aceptado por dicho Servicio.
  - Constancia de financiamiento de la persona física o moral, pública o privada, que garantice su sostenimiento y el pago de cuotas de colegiatura durante el tiempo que duren sus estudios.
- g) Los aspirantes extranjeros deberán satisfacer, además, los requisitos migratorios de la Secretaría de Relaciones Exteriores para internarse y permanecer en el país como estudiantes. Además, sus certificados de estudios deberán estar legalizados por el consulado mexicano en el país de origen de los aspirantes.
- h) Registro en el sitio oficial del Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

## 6.2. Perfil de ingreso

**Conocimientos.** Al momento del ingreso, el aspirante debe poseer conocimientos básicos de bioquímica, fisicoquímica, química, tecnología de alimentos y microbiología alimentaria.

**Habilidades.** Es necesario que, al ingreso, el aspirante exhiba habilidades en redacción de documentos, investigación científica y generación de nuevos conocimientos, manejo de utensilios de laboratorio, lectura y compresión de textos en inglés.

**Aptitudes.** El aspirante debe mostrar aptitudes de autocrítica y creatividad, capacidad de ofrecer soluciones alternativas y viables a la problemática que pudiera encontrarse durante su proyecto de investigación.

**Competencias.** El aspirante debe ostentar competencias asociadas al manejo de sistemas y procesos agroalimentarios.

**Valores.** En adición, el aspirante debe poseer y manifestar un sentido de responsabilidad ante los compromisos adquiridos al ingresar al Programa, así como honestidad y respeto.

## **7. Perfil de egreso**

### **7.1. Objetivos educacionales**

Formar maestras y maestros en ciencias con alto nivel académico, ético y socialmente responsables, capaces de generar, aplicar y comunicar conocimiento científico y tecnológico, mediante un enfoque interdisciplinario, innovador y sostenible, contribuyendo a la solución de problemas prioritarios de los sistemas agroalimentarios.

### **7.2. Objetivos profesionales**

- Desarrollar proyectos de investigación científica y tecnológica pertinentes, con impacto social, productivo y ambiental.
- Aplicar tecnologías de vanguardia en el desarrollo de alimentos y procesos agroalimentarios innovadores, seguros, nutritivos y sostenibles.
- Participar en equipos multidisciplinarios para la solución de problemas complejos en el ámbito agroalimentario.
- Comunicar de manera efectiva resultados y propuestas a públicos académicos, productivos y sociales, en español y en un segundo idioma.
- Contribuir a la formación de una sociedad más equitativa, inclusiva y comprometida con la responsabilidad social y la innovación.

### **7.3. Perfil de egreso**

La egresada o egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria es responsable, en ámbitos tanto personal como social y favorece la interculturalidad, así como la equidad social y de género. Asimismo, promueve la inclusión, independientemente del ingreso económico, la raza, las creencias, la edad, la orientación sexual y la identidad de género.

- Crea conocimientos científicos y tecnológicos de forma interdisciplinaria para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios.
- Evalúa la composición y estructura química, los factores de deterioro, acopio, acondicionamiento, manejo, almacenamiento, transporte, conservación y transformación de alimentos y derivados.
- Aplica tecnologías de vanguardia para favorecer el acceso a alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales e innovadores, que beneficien la salud de la población, en particular de aquélla que se encuentra en zonas marginadas.

- Planea, diseña experimentos y analiza datos en procesos de investigación cuantitativa y cualitativa.
- Formula y desarrolla proyectos de investigación científica y tecnológica pertinente, con calidad epistemológica, cuyos productos impactan significativamente el área de conocimiento e inciden en beneficio de los sectores social, público o privado.
- Comunica resultados de investigación a través de la publicación de artículos científicos en revistas de alto impacto, artículos de divulgación y ponencias en foros científicos, entre otros.
- Diseña e implementa tecnologías apropiadas para la obtención, desarrollo y caracterización de materiales y productos alimenticios innovadores con propiedades nutricias, biológicas y funcionales superiores a aquéllas mostradas por su contraparte tradicional.
- Aprovecha fuentes no convencionales para la obtención de biopolímeros, bioactivos e ingredientes de interés para la industria agroalimentaria.
- Diseña, desarrolla, caracteriza y aplica sistemas de protección y liberación controlada de bioactivos.
- Diseña, evalúa y opera bioprocessos agroalimentarios y afines, con énfasis en la identificación, caracterización y recuperación de metabolitos y compuestos bioactivos de fuentes vegetales comerciales y autóctonas, residuos agropecuarios, forestales y agroindustriales, así como la generación de bioenergía y otros coproductos.
- Aplica normatividad, regulaciones y sistemas de gestión de calidad e inocuidad en procesos agroalimentarios.
- Evalúa la percepción y valorización de alimentos y bebidas tradicionales.

#### **7.4. Alineación de los atributos del perfil de egreso a los criterios del SEAES**

El Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) establece que los Planes de Estudio deben formar en los estudiantes los siguientes siete criterios transversales: compromiso con la responsabilidad social, equidad social y de género, inclusión, excelencia, vanguardia, innovación social e interculturalidad. En el caso de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, estos criterios transversales se forman de manera implícita a través de la formación conjunta de los distintos atributos del perfil de egreso. El Cuadro 1 muestra la alineación de los atributos del perfil de egreso a los criterios del SEAES.

**Cuadro 1. Alineación de los atributos del perfil de egreso de la MCyTA a los criterios del SEAES.**

Criterios transversales del SEAES*						
Compromiso con responsabilidad social	Equidad social y género	Inclusión	Excelencia	Vanguardia	Innovación social	Interculturalidad
1. La egresada o egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria es responsable, en ámbitos tanto personal como social y favorece la interculturalidad, así como la equidad social y de género. Asimismo, promueve la inclusión, independientemente del ingreso económico, la raza, las creencias, la edad, la orientación sexual y la identidad de género.	✓	✓	✓			✓
2. Crea conocimientos científicos y tecnológicos de forma interdisciplinaria para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios.	✓		✓	✓	✓	
3. Evalúa la composición y estructura química, los factores de deterioro, acopio, acondicionamiento, manejo, almacenamiento, transporte, conservación y transformación de alimentos y derivados.			✓	✓	✓	
4. Aplica tecnologías de vanguardia para favorecer el acceso a alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales e innovadores, que beneficien la salud de la población, en particular de aquélla que se encuentra en zonas marginadas.	✓		✓	✓	✓	
5. Planea, diseña experimentos y analiza datos en procesos de investigación cuantitativa y cualitativa.			✓	✓		
6. Formula y desarrolla proyectos de investigación científica y tecnológica pertinente, con calidad epistemológica, cuyos productos impactan significativamente el área de conocimiento e inciden en beneficio de los sectores social, público o privado.	✓		✓	✓	✓	✓
7. Comunica resultados de investigación a través de la publicación de artículos científicos en revistas de alto impacto, artículos de divulgación y ponencias en foros científicos, entre otros.			✓	✓		
8. Diseña e implementa tecnologías apropiadas para la obtención, desarrollo y caracterización de materiales y productos alimenticios innovadores con propiedades nutricias, biológicas y funcionales superiores a aquéllas mostradas por su contraparte tradicional.			✓	✓		
9. Aprovecha fuentes no convencionales para la obtención de biopolímeros, bioactivos e ingredientes de interés para la industria agroalimentaria.			✓	✓		
10. Diseña, desarrolla, caracteriza y aplica sistemas de protección y liberación controlada de bioactivos.			✓	✓		
11. Diseña, evalúa y opera bioprocesos agroalimentarios y afines, con énfasis en la identificación, caracterización y recuperación de metabolitos y compuestos bioactivos de fuentes vegetales comerciales y autóctonas, residuos agropecuarios, forestales y agroindustriales, así como la generación de bioenergía y otros coproductos.			✓	✓	✓	
12. Aplica normatividad, regulaciones y sistemas de gestión de calidad e inocuidad en procesos agroalimentarios.				✓	✓	
13. Evalúa la percepción y valorización de alimentos y bebidas tradicionales.		✓	✓	✓		✓

\*El marcaje de una casilla con el símbolo ✓ indica que la formación del criterio del SEAES se atiende con la formación del atributo del perfil de egreso correspondiente.

## **8. Organización y estructura del plan de estudios**

### **8.1. Organización por ejes disciplinares**

El principal objeto de estudio de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) está constituido por los sistemas agroalimentarios, los cuales se componen de todas las actividades relacionadas con la generación de alimentos, a través de actividades como la agricultura, silvicultura, entre otras. Estos sistemas resultan tan amplios, que es necesario dividirlos en los subsistemas agrícola, pecuario, pesquero, acuícola y agroindustrial; además, cada uno de éstos viene acompañado de sus cadenas productivas, es decir, el proceso por el que pasa un alimento o producto desde su origen hasta su destino final y en donde interviene una gran cantidad de personas como agricultores, ganaderos, campesinos, pescadores, ingenieros agrónomos, investigadores, entre otros, que gracias a su trabajo hacen posible contar con alimentos (SADER, 2022). En tal contexto, la organización curricular de la MCyTA se basa en elementos disciplinares de la biología, la química y la ingeniería química, con sus correspondientes interacciones y, además, con componentes sociales.

### **8.2. Estructura curricular por áreas académicas**

El Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria ejerce tres Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), denominadas Alimentos Frescos y Procesados, Alimentos Funcionales e Innovadores y Bioprocesos Agroalimentarios. En tal sentido, las y los estudiantes adquieren formación con asignaturas que los especializan en alguna de estas LIES. Sin embargo, la formación incluye disciplinas transversales que constituyen un soporte general para las tres LIES. En tal sentido, las Áreas del Conocimiento de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria están denominadas en la siguiente forma:

- Área del conocimiento metodológica.
- Área del conocimiento de alimentos frescos y procesados.
- Área del conocimiento de alimentos funcionales e innovadores.
- Área del conocimiento de bioprocessos agroalimentarios.

#### **8.2.1. Área Metodológica**

El Plan de Estudios del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) contempla al Área Metodológica como una de sus Áreas del Conocimiento, la cual integra asignaturas que dan soporte a las otras Áreas. Se incluyen aquí, las asignaturas temáticas obligatorias, los Seminarios de Investigación, las asignaturas conducidas como Proyectos de Investigación y los Cursos Especiales.

## **Objetivo general.**

Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento científico básico y aplicado, a través de principios fundamentales de la bioquímica de alimentos, la fisicoquímica, la estadística y la metodología de la investigación científica, para el desarrollo de sistemas y procesos agroalimentarios, en beneficio de la sociedad, principalmente la del ámbito rural.

Formar Maestras y Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento científico relacionado con el aprovechamiento y la conservación de alimentos y sus atributos de calidad, en estado fresco y procesado, a través de tecnologías convencionales y emergentes.

## **Objetivos particulares**

- Formular un pensamiento basado en el método científico, mediante la aplicación de conceptos de planeación y diseño experimental, para la conducción de una investigación.
- Demostrar la capacidad de comunicación y trabajo en grupo, a través de estudios de casos, para el análisis de resultados, la formulación de conclusiones y la toma de decisiones.
- Adquirir los conocimientos teórico-prácticos sobre los macrocomponentes de los alimentos, mediante el estudio de su estructura, reactividad y funcionalidad, para la estimación de su comportamiento en alimentos naturales y procesados.
- Demostrar responsabilidad, disciplina y trabajo en equipo, a través de desempeño en el laboratorio, elaboración de reportes de prácticas y exposición y discusión de estudios de caso, para el análisis y la formulación de conclusiones en proyectos de investigación.
- Aplicar fundamentos de la termodinámica, cinética química y fisicoquímica al estudio de procesos relacionados con el sector agroalimentario y áreas afines, para favorecer el desarrollo de sistemas de producción de materiales biológicos y contribuir al desarrollo de las comunidades rurales.

### **8.2.2. Área de Alimentos Frescos y Procesados**

El Programa de MCyTA considera, como una de sus Áreas de Conocimiento, a la LIES de Alimentos Frescos y Procesados, que considera a alimentos de origen vegetal y animal. Entre los alimentos de origen vegetal se consideran las leguminosas, los cereales, las oleaginosas, los cultivos industriales, como café, cacao y caña de azúcar, y las frutas y hortalizas, manejados tanto en estado fresco, como procesado. Entre los alimentos de origen animal se consideran a los productos lácteos y cárnicos. La problemática y el estado del arte de la investigación de cada uno de estos materiales se puede estudiar desde varios puntos de vista, considerando desde la visión de los sistemas agroindustriales a través de los cuales son producidos, procesados y comercializados, hasta los aspectos fundamentales de su composición, estructura y comportamiento. El principal reto actual de la investigación debe centrarse en un abastecimiento oportuno de materias primas, en los volúmenes exigidos por la demanda social y con la calidad requerida, así como en la reducción de costos, la reducción de pérdidas y desperdicios postcosecha.

## **Objetivo general**

Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento científico relacionado con el aprovechamiento y la conservación de alimentos y sus atributos de calidad, en estado fresco y procesado, a través de tecnologías convencionales y emergentes.

### **Objetivos particulares**

- Evaluar física, química, sensorial, fisiológica y funcionalmente materias primas de origen agropecuario, mediante investigación básica y aplicada, para favorecer su conservación en fresco o su transformación en alimentos de pertinencia social y mayor valor agregado.
- Investigar condiciones óptimas y críticas de manejo en fresco, acondicionamiento, conservación, transformación y almacenamiento de productos de origen vegetal y animal, mediante la aplicación del método científico, para el desarrollo de tecnologías apropiadas.
- Evaluar los factores que influyen en la calidad y en la vida de anaquel de alimentos de origen vegetal y animal, mediante técnicas instrumentales, de modelado y de simulación del proceso, para su optimización.
- Caracterizar productos de origen vegetal y animal artesanales genuinos, mediante la evaluación de su calidad fisicoquímica, reológica, sensorial y microbiológica, para la asistencia en la denominación de origen y la caracterización de nuevos productos.

### **8.2.3. Área de Alimentos Funcionales e Innovadores**

El Programa de MCyTA considera, como una de sus Áreas de Conocimiento, a la LIES de Alimentos Funcionales e Innovadores, enfocada a la innovación de productos y procesos, a través del estudio de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y termodinámicas de biopolímeros y agentes tensoactivos de bajo peso molecular, extraídos de fuentes naturales, para determinar su potencial como formadores de películas interfaciales y su micro y nanoestructura. Asimismo, aborda el diseño, formación, estabilidad y caracterización de sistemas dispersos (emulsiones, nanoemulsiones, microemulsiones, microencapsulados y liposomas), para su uso como agentes protectores de las propiedades funcionales de aceites esenciales, probióticos, ingredientes nutracéuticos, sabores o agentes bioactivos. La línea desarrolla y caracteriza alimentos funcionales obtenidos por diferentes procedimientos, tales como el reemplazo parcial o total de alguno de sus componentes por ingredientes más saludables y la incorporación de ingredientes nutracéuticos a su formulación.

### **Objetivo general**

Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento, mediante investigación básica y aplicada, relacionada con el desarrollo de productos alimenticios innovadores con atributos funcionales/nutracéuticos.

### **Objetivos particulares**

- Caracterizar biopolímeros grado alimentario, biodegradables, biocompatibles y ampliamente disponibles, preferentemente extraídos a partir de especies vegetales nativas y sus desechos agroindustriales, a través

de la determinación de sus propiedades reológicas, fisicoquímicas, emulsificantes, térmicas y eléctricas, para evaluar su funcionalidad potencial en el diseño de sistemas dispersos alimenticios.

- Desarrollar sistemas dispersos alimenticios mediante tecnologías para preservar las propiedades funcionales y liberar de manera controlada agentes bioactivos, así como para su incorporación en productos alimenticios de consumo popular.
- Investigar la estabilidad y la cinética de liberación de ingredientes nutracéuticos o bioactivos entramados o inmovilizados en sistemas dispersos alimenticios, ante la acción de agentes que los afectan, tanto en alimentos empleados como “vehículos”, así como bajo condiciones gastrointestinales simuladas, para establecer sus interrelaciones.
- Evaluar la aplicación de sistemas dispersos alimenticios adecuados para el desarrollo de alimentos funcionales, tales como aquéllos reducidos en grasa y sal, conteniendo un balance de ácidos grasos saturados/insaturados saludable, incorporados con bioactivos.

#### 8.2.4. Área de Conocimiento de Bioprocesos Agroalimentarios

El Programa de MCyTA considera, como una de sus Áreas de Conocimiento, a la LIES Bioprocesos Agroalimentarios. Las áreas de interés incluyen alimentos y bebidas; tecnologías de la fermentación; aplicación y prueba de tecnologías de separación de productos; procesos de transformaciones orgánicas a micro-escala; desarrollo de sistemas de procesamiento, manejo y almacenamiento de productos agrícolas; conversión de biomasa en productos y energía; aplicación de las tecnologías de sensores y de cómputo para el desarrollo de sistemas de control de procesos; modelado de materiales biológicos; biorremediación para la preservación del ambiente; evaluación de las interacciones entre los diferentes materiales biológicos, químicos e inorgánicos; mejoramiento y modificación de los materiales biológicos para aumentar su utilidad; optimización de la formulación de materiales para facilitar su producción; investigación de la estructura y función de los materiales para un mejor entendimiento del diseño, formación y desarrollo de diferentes materiales orgánicos; y desarrollo de nuevas metodologías para asistir a la investigación y manufactura.

##### **Objetivo general**

Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias con capacidad para generar conocimientos relacionados con el aprovechamiento de subproductos y residuos agroalimentarios, a través del diseño, optimización y control de bioprocessos, basados en actividad microbiológica, enzimática y tecnologías de separación.

##### **Objetivos particulares**

- Desarrollar metodologías para la producción de biocombustibles y nuevos materiales a través de bioprocessos, para la producción de biocombustibles (bioplásticos, nanopartículas, compuestos de síntesis orgánica, biodiesel, metano, hidrógeno, etanol celulósico) a partir de materiales de origen agrícola y desechos de la actividad agropecuaria.
- Desarrollar metodologías, mediante bioprocessos y tecnologías de separación, para la obtención y caracterización de metabolitos secundarios de interés agroalimentario (antioxidantes, pigmentos y edulcorantes).

- Analizar modelos matemáticos, mediante enfoques teóricos, empíricos y numéricos, para su aplicación en la simulación de bioprocesos y la predicción de su comportamiento, tanto en el tiempo como en el espacio.
- Aplicar diversos enfoques de teoría de optimización y de control, a través de metodologías clásicas y modernas, para el mejoramiento de bioprocesos agroalimentarios.

## 8.3. Características generales

### 8.3.1. Tronco común

El Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se organiza en Asignaturas Obligatorias y Asignaturas Optativas, asignadas por Área de Conocimiento, en la forma mostrada por el Cuadro 2, donde se muestra la Clave, el Tipo de Curso y los Créditos asignados. Las Asignaturas Obligatorias constituyen un tronco común.

**Cuadro 2. Asignaturas por Áreas de Conocimiento.**

Área	Nombre	Clave	Carácter	Tipo	Créditos
Metodológica	Métodos estadísticos	CTA-601	Obligatorio	TyP	6
	Bioquímica de alimentos	CTA-602	Obligatorio	TyP	6
	Tópicos de fisicoquímica	CTA-603	Obligatorio	TyP	6
	Sistemas de calidad	CTA-604	Optativo	TyP	6
	Evaluación sensorial	CTA-605	Optativo	TyP	6
	Métodos estadísticos multivariados	CTA-606	Optativo	TyP	6
	Administración y economía de la empresa agroalimentaria	CTA-607	Optativo	TyP	6
	Herramientas de análisis para el estudio de cadenas agroalimentarias	CTA-608	Optativo	TyP	6
	Bioeconomía y cadenas de valor	CTA-609	Optativo	TyP	6
	Curso especial I	CTA-616	Obligatorio	TyP	3
	Curso especial II	CTA-617	Optativo	TyP	6
	Seminario de investigación I	CTA-621	Obligatorio	TyP	3
	Seminario de investigación II	CTA-622	Obligatorio	TyP	3
	Seminario de investigación III	CTA-623	Obligatorio	TyP	3
	Proyecto de investigación I	CTA-624	Obligatorio	TyP	6
	Proyecto de investigación II	CTA-625	Obligatorio	TyP	6
	Proyecto de investigación III	CTA-626	Obligatorio	TyP	6
	Proyecto de investigación IV	CTA-627	Obligatorio	TyP	6
	Tesis de grado	CTA-628	Obligatorio	TyP	6
Alimentos frescos y procesados	Química de la leche	CTA-631	Optativo	TyP	6
	Sistemas de producción de bovinos lecheros	CTA-632	Optativo	TyP	6
	Microbiología de la leche	CTA-633	Optativo	TyP	6
	Tecnología de productos lácteos	CTA-634	Optativo	TyP	6
	Sistemas de producción hortofrutícola	CTA-635	Optativo	TyP	6
	Fisiología y bioquímica poscosecha de productos hortofrutícolas	CTA-636	Optativo	TyP	6
	Tecnología poscosecha de productos hortofrutícolas	CTA-637	Optativo	TyP	6
	Inocuidad de productos hortofrutícolas frescos	CTA-638	Optativo	TyP	6
Alimentos e funcionales	Fundamentos de análisis instrumental de alimentos	CTA-651	Optativo	TyP	6
	Tecnología de alimentos funcionales	CTA-652	Optativo	TyP	6
	Métodos para la protección de agentes bioactivos	CTA-653	Optativo	TyP	6
	Aplicación de enzimas en alimentos	CTA-654	Optativo	TyP	6
	Funcionalidad de los componentes lácteos	CTA-655	Optativo	TyP	6

	Propiedades de los sistemas alimenticios y su medición	CTA-656	Optativo	TyP	6
	Estructura y función de péptidos bioactivos	CTA-657	Optativo	TyP	6
	Bioquímica y fisiología microbiana	CTA-658	Optativo	TyP	6
Bioprocessos agroalimentarios	Tópicos selectos de química orgánica en bioprocessos	CTA-671	Optativo	TyP	6
	Bioprocessos	CTA-672	Optativo	TyP	6
	Fenómenos de transporte en bioprocessos	CTA-673	Optativo	TyP	6
	Simulación de sistemas biológicos	CTA-674	Optativo	TyP	6
	Ingeniería de control	CTA-675	Optativo	TyP	6
	Metabolitos secundarios de productos y subproductos agrícolas	CTA-676	Optativo	TyP	6
	Métodos de separación y de análisis espectroscópico	CTA-677	Optativo	TyP	6
	Ingeniería de sistemas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas	CTA-678	Optativo	TyP	6

### 8.3.2. Flexibilidad curricular

La malla curricular es flexible y ello está basado en la elección de Asignaturas Optativas entre un conjunto grande que constituye la oferta de la distintas Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES). En adición, las y los estudiantes pueden cursar Asignaturas Optativas en otros Programas de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo e incluso en Programas de Posgrado de otras instituciones con las que se tenga convenio de colaboración. La elección de las asignaturas optativas es orientada con el apoyo de un Comité Asesor. Para favorecer incluso más la flexibilidad, el Programa cuenta con la figura de Cursos Especiales, donde se diseñan programas específicos a las necesidades de aprendizaje de la o el estudiante en función de su proyecto de investigación. Asimismo, es posible realizar una estancia de investigación, a partir del tercer semestre.

### 8.3.3. Componente laboral

El egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria tiene el siguiente quehacer profesional:

- Actividad profesional en ámbitos vinculados a los sistemas y procesos agroalimentarios, tales como instituciones educativas, gubernamentales, organizaciones sociales, agencias de desarrollo, empresas consultoras y comunidades o regiones.
- Investigación y docencia.
- Actividades de consultoría y capacitación en el área agroalimentaria.
- Actividades de normalización, certificación y control de la inocuidad de productos y procesos.

Asimismo, la egresada y el egresado será capaz de desarrollarse profesionalmente en:

- Instituciones de educación superior, como docente.
- Centros de investigación.
- Empresas de producción agroalimentaria.
- Sector gubernamental.
- Ejercicio libre de la profesión, a través de la consultoría, la presentación de servicios o la creación de empresas propias.

### 8.3.4. Momentos de movilidad

El plan de estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria favorece la movilidad con los elementos siguientes:

- Factibilidad de cursar las Asignaturas Optativas en instituciones distintas de la Universidad Autónoma Chapingo con la que se tenga convenio de colaboración.
- Participación de personas con adscripción distinta al Programa de Posgrado en el Comité Asesor, lo que favorece una movilidad continua a la institución de adscripción de estas personas.
- Apoyo de la institución para la asistencia a Congresos Nacionales e Internacionales.
- Factibilidad de realizar estancias de investigación en la Sesión de Verano del Segundo Semestre, con actividades registradas en la asignatura de Proyecto de Investigación II o como Curso Especial I.

### 8.3.5. Retribución social

La Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) estableció, a partir de la Convocatoria de Becas Nacionales 2021, la obligación de atender la retribución social como requisito de egreso con los siguientes objetivos:

- Propiciar la reflexión y conciencia sobre el compromiso ético de las becarias y los becarios sobre el apoyo que reciben gracias a las aportaciones de la sociedad mexicana, para su formación.
- Contribuir con diferentes estrategias para la aplicación de los resultados de investigación y su comunicación, para el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias y comunidades.
- Colaborar en la atención y solución de problemas prioritarios en los contextos en donde se ubican las Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación.
- Dar sentido y significado a los procesos educativos de formación, al articular los procesos formativos, con las realidades y problemas prioritarios de las regiones donde se realizan las investigaciones.

Los procedimientos de atención de esta actividad se describen en la sección 12.2.

### 8.3.6. Formación integral humanista

En forma congruente con las políticas del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (**SEAES**), las y los egresados de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria se conducen con apego a los siguientes criterios transversales: compromiso con la responsabilidad social; equidad social y de género; inclusión; vanguardia; excelencia, innovación social e interculturalidad. La secciones 7.3 y 7.4 muestran la alineación de los criterios transversales del SEAES con los atributos del perfil de egreso. Para ello, las asignaturas se apoyan en un catálogo de actividades, rúbricas y métodos activos de enseñanza.

## **9. Mapa curricular**

### **9.1. Ciclos**

Las actividades curriculares de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) se desarrollan de acuerdo con el calendario escolar que autoriza el H. Consejo Universitario, en dos ciclos escolares anuales. Cada ciclo tiene tres sesiones denominadas primavera, verano y otoño. La sesión de primavera inicia la segunda semana de enero y tiene duración de 16 semanas. La sesión de verano inicia la primera semana de junio y tiene duración de cinco semanas. La sesión de otoño inicia la primera semana de agosto y tiene duración de 16 semanas.

### **9.2. Estructura curricular**

El Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria está organizado a través de una Malla Curricular basada en actividades presenciales y de trabajo independiente. Por cada hora de trabajo presencial, se programa media hora de trabajo independiente. Un crédito equivale a una hora de actividad total. De manera específica, una hora de actividad presencial o independiente equivale a 0.0625 créditos. Así, una asignatura con cuatro horas de actividad presencial incluye dos horas de trabajo independiente, y es equivalente a seis créditos. En forma similar, una asignatura con dos horas de actividad presencial incluye una hora de trabajo independiente y es equivalente a tres créditos.

### **9.3. Organización del currículum y mapa curricular**

El currículum de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria está organizado en cuatro Áreas del Conocimiento, una de tipo Metodológico y las otras definidas por Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LIES) denominadas como Alimentos Frescos y Procesados, Alimentos Funcionales e Innovadores y Bioprocesos Agroalimentarios.

El Mapa Curricular organiza las actividades para obtener un total de 75 créditos en la forma mostrada por el Cuadro 3. Las asignaturas obligatorias temáticas se atienden en la Sesión de Otoño del Primer Ciclo y consisten en las materias de Bioquímica de Alimentos, Tópicos de Fisicoquímica y Métodos Estadísticos, cada una con seis créditos. En el mismo semestre, el estudiante debe cursar el Primer Seminario de Investigación y elegir una Optativa. Ello crea una actividad curricular de la Sesión de Otoño del Primer Ciclo organizada a través de 27 créditos. Durante la Sesión de Primavera del Primer Ciclo, el estudiante debe completar los créditos

correspondientes a asignaturas temáticas, a través de dos Asignaturas Optativas. En este semestre, la carga académica para el estudiante se completa con Proyecto de Investigación I, para un total de 18 créditos. Las siguientes sesiones están organizadas de tal manera que el estudiante incrementa la dedicación al desarrollo de su proyecto de investigación y la escritura de la tesis en la última sesión, con lo cual se crean las condiciones para favorecer la eficiencia terminal. El Cuadro 4 describe características más específicas de la organización curricular.

**Cuadro 3. Malla Curricular de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.**

Semestre				
I	II		III	IV
Sesión de Otoño	Sesión de Primavera	Sesión de Verano	Sesión de Otoño	Sesión de Primavera
Bioquímica de Alimentos Ob (6)	Optativa II (6)	Proyecto de Investigación II Ob (3)	Seminario de Investigación II Ob (3)	Seminario de Investigación III Ob (3)
Tópicos de Físicoquímica Ob (6)	Optativa III (6)	Curso Especial I Ob (3)	Proyecto de Investigación III Ob (6)	Proyecto de Investigación IV Ob (6)
Métodos Estadísticos Ob (6)	Proyecto de Investigación I Ob (6)			Tesis de Grado Ob (6)
Optativa I (6)				
Seminario de Investigación I Ob (3)				
Créditos: 27	Créditos: 18	Créditos: 6	Créditos: 9	Créditos: 15
Créditos totales: 75				

Ob: asignatura obligatoria. Los números entre paréntesis indican los créditos correspondientes. Contabilidad de créditos: 1 h presencial por semana por semestre (16 h) es equivalente a 1.5 créditos. La malla se basa en 39 créditos académicos (asignaturas temáticas) y 36 créditos correspondientes a Seminarios, Investigación y Tesis.

#### 9.4. Progresión de aprendizaje

El Mapa Curricular de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria atiende la progresión del aprendizaje en tres niveles: básico (B), intermedio (I) y avanzado (A). La formación que las y los estudiantes adquieren en la Sesión de Otoño del Primer Año constituye formación básica. La formación adquirida en la Sesión de Primavera del Primer Año y la Sesión de Verano ubicada entre el Primero y Segundo Años constituyen formación intermedia. La formación adquirida en el Segundo Año, correspondiente a Sesiones de Otoño y Primavera constituye formación avanzada y se desarrolla a través de las asignaturas denominadas Proyectos de Investigación III y IV, los Seminarios de Investigación II y III y la Tesis de Grado.

**Cuadro 4. Organización curricular según tipo, nivel, carácter, créditos y semestre.**

Nombre de asignatura	Clave	Tipo	Nivel	Carácter	Créditos	Semestre
Métodos estadísticos	CTA-601	TyP	B	Obligatorio	6	I (27)
Bioquímica de alimentos	CTA-602	TyP	B	Obligatorio	6	
Tópicos de fisicoquímica	CTA-603	TyP	B	Obligatorio	6	
Optativa I	--.--	TyP	B	Optativo	6	
Seminario de Investigación I	CTA-621	TyP	B	Obligatorio	3	II (18)
Optativa II	--.--	TyP	I	Optativo	6	
Optativa III	--.--	TyP	I	Optativo	6	
Proyecto de Investigación I	CTA-624	TyP	I	Obligatorio	6	
Proyecto de Investigación II	CTA-625	TyP	A	Obligatorio	3	Verano (6)
Curso Especial I	CTA-616	TyP	A	Obligatorio	3	
Seminario de Investigación II	CTA-622	TyP	A	Obligatorio	3	III (9)
Proyecto de Investigación III	CTA-626	TyP	A	Obligatorio	6	
Seminario de Investigación III	CTA-623		A	Obligatorio	3	IV (15)
Proyecto de Investigación IV	CTA-627	TyP	A	Obligatorio	6	
Tesis de grado	CTA-628	TyP	A	Obligatorio	6	
Total: 75 créditos						

TyP: Teórico-Práctico. Nivel: progresión de aprendizaje B, básico; I, intermedio; A, avanzado.

## 10. Características del proceso formativo

### 10.1. Mecanismos de evaluación sistemática de los atributos de egreso

Los atributos del perfil de egreso en la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA) se evalúan de manera sistemática a través de ocho mecanismos: (1) evaluaciones al interior de asignaturas; (2) programa de tutorías; (3) seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI; (4) desarrollo de proyecto de investigación; (5) actividades de retribución social; (6) manejo del idioma inglés; (7) tesis de grado y (8) examen de grado. A continuación, se describe brevemente cada uno de estos mecanismos.

**Evaluación en asignaturas.** Todas las asignaturas tienen su propio sistema de evaluación, el cual puede incluir exámenes, tareas, reportes de prácticas u otras actividades, exposiciones, entre otras. En todos los casos, las asignaturas desarrollan atributos del perfil de egreso. En conjunto, se desarrollan todos los atributos. El programa de cada asignatura describe los atributos que ésta desarrolla de manera específica. En adición, la o el estudiante deberá conservar como mínimo, un promedio ponderado acumulado de ocho en cada semestre. La calificación mínima para acreditar una asignatura como Aprobada es 80, en una escala de 0 a 100. Con base en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el estudiante que obtenga una calificación menor que 70 en la escala de 0 a 100, será dado de baja definitiva de la Universidad Autónoma Chapingo. El estudiante que obtenga una calificación entre 70 y 79, en una escala de 0 a 100, deberá mantener un promedio general mínimo de 80, en caso contrario, será dado de baja definitiva de la Universidad Autónoma Chapingo. El estudiante que acumule dos asignaturas con calificaciones menores que 80, independientemente de su promedio, será dado de baja de la Universidad Autónoma Chapingo. En ningún caso se aplica un examen extraordinario.

**Programa de tutorías.** Desde su ingreso, se asigna una Tutora o un Tutor a cada una/uno de las/los estudiantes. Esta persona es integrante del Núcleo Académico Básico (NAB) del Programa. Una vez que se aprueba el proyecto de investigación, la Tutora o Tutor puede asumir el rol de Directora o Director de Tesis. Al inicio de cada semestre, como requisito de inscripción, el estudiante debe entregar un reporte de reuniones con su Tutora o Tutor, indicando lo tratado en cada una. En adición, se conforma un Comité Asesor para cada estudiante, que incluye de tres a cinco personas relacionadas con las temáticas del Programa y el proyecto de investigación que el estudiante debe desarrollar. Las y los estudiantes deben realizar al menos una reunión al semestre con su Comité Asesor, donde se revisan aspectos como avance en asignaturas, avance del proyecto de investigación, en el manejo del idioma inglés, en la movilidad. En los casos que corresponda, el Comité Asesor asigna la calificación de las asignaturas llamadas Proyecto de Investigación y la reporta en el Acta de Reunión respectiva.

**Seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI.** La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) otorga becas a los estudiantes de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y establece un seguimiento semestral que considera criterios de desempeño académico, cumplimiento del plan de estudios y factibilidad de obtención del grado dentro del tiempo oficial del plan de estudios. La evaluación la realiza la Directora o el Director de Tesis, quien debe emitir, además, comentarios generales de la evaluación y recomendar la continuación o interrupción del apoyo de beca.

**Desarrollo de proyecto de investigación.** Los estudiantes desarrollan una propuesta de protocolo de investigación en coordinación con la persona que asume el rol de Directora o Director de Tesis. El proyecto se registra y se discute y expone a través de asignaturas denominadas Seminarios de Investigación, donde se evalúa y se avala el avance o se reorienta de acuerdo con análisis específicos. Asimismo, el avance del proyecto se discute en reuniones con el Comité Asesor, donde se adecua con base en avances y la estructura de resultados.

**Actividades de retribución social.** La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) ha establecido, como requisito de egreso, la atención de la retribución social, con los objetivos siguientes: • propiciar la reflexión y conciencia sobre el compromiso ético de las becarias y los becarios sobre el apoyo que reciben gracias a las aportaciones de la sociedad mexicana, para su formación; • contribuir con diferentes estrategias para la aplicación de los resultados de investigación y su comunicación, para el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias y comunidades; • colaborar en la atención y solución de problemas prioritarios en los contextos en donde se ubican las Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación; • dar sentido y significado a los procesos educativos de formación, al articular los procesos formativos, con las realidades y problemas prioritarios de las regiones donde se realizan las investigaciones.

**Manejo del idioma inglés.** Es requisito de egreso y para la obtención del grado, que la o el estudiante acredite un mínimo 450 puntos en el examen global oficial del idioma inglés (TOEFL; *Test of English as a Foreign Language*) o 50 puntos en la sección lectura de comprensión.

**Tesis de grado.** Las y los maestrantes deben presentar y defender una Tesis para obtener el Grado de Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria o Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. La tesis de grado debe corresponder al proyecto registrado. La tesis de grado es un instrumento mediante el cual la o el estudiante demuestra haber adquirido habilidades en el desarrollo de investigación avanzada, pertinente y actual.

**Examen de grado.** El Reglamento General de Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo define un examen de grado como la evaluación requerida al finalizar los estudios de posgrado, para obtener el grado respectivo. El examen de grado constituye una defensa de la tesis de maestría que se realiza una vez que se han culminado los estudios y se ha aprobado la tesis de grado. El objetivo del examen de grado es evaluar de manera integral la capacidad de la candidata a maestra en ciencias o el candidato a maestro en ciencias, a través de un examen oral, para defender su investigación original, demostrar su dominio profundo del campo de estudio de su tesis de grado, demostrar su contribución al conocimiento de las ciencias agroalimentarias y mostrar un desarrollo suficiente de habilidades para llevar a cabo investigaciones independientes, aplicando soluciones innovadoras en problemas complejos del sector agroalimentario. Para la realización del Examen de Grado, el

Comité Asesor debe haber aprobado la Tesis de Grado y haber enviado un artículo científico a una revista indizada para su publicación. Al respecto, la indización de la (s) revista (s) debe corresponder al *Journal of Citation Reports* (JCR) o al Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología de SECIHTI o su equivalente.

## 10.2. Mapeo de progresiones de aprendizaje

El perfil de egreso es desarrollado por el conjunto de asignaturas, en la forma señalada por el mapeo descrito en el Cuadro 5, donde se visualizan progresiones de aprendizaje básico (B), intermedio (I), avanzado (A) y especializado (E). **Todos los atributos del perfil son desarrollados por asignaturas obligatorias. Ello implica que todos los egresados ostentan el perfil de egreso descrito en la Sección 7.3.** Sin embargo, a través de las asignaturas optativas, se propicia una especialización en ciertos atributos del perfil, en función de la LIES que se orienta con base en el proyecto de investigación y bajo la supervisión del Comité Asesor correspondiente.

**Cuadro 5. Mapeo de desarrollo de los atributos del perfil de egreso de la McyTA en función de las asignaturas del plan de estudios identificadas por su número en el Cuadro 2.**

No.	Atributo del perfil de egreso	Progresión de aprendizaje con asignaturas			
		B	I	A	E
1	La egresada o egresado de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria es responsable, en ámbitos tanto personal como social y favorece la interculturalidad, así como la equidad social y de género. Asimismo, promueve la inclusión, independientemente del ingreso económico, la raza, las creencias, la edad, la orientación sexual y la identidad de género.	621*	622*	623* 628*	
2	Crea conocimientos científicos y tecnológicos de forma interdisciplinaria para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios.	601* 621* 624*	616* 622* 625* 626*	623* 627* 628*	
3	Evalúa la composición y estructura química, los factores de deterioro, acopio, acondicionamiento, manejo, almacenamiento, transporte, conservación y transformación de alimentos y derivados.	602* 603* 616* 624*	625* 626*	627* 628*	604, 605 606,607 608, 609 610, 611 631-638
4	Aplica tecnologías de vanguardia para favorecer el acceso a alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales e innovadores, que beneficien la salud de la población, en particular de aquélla que se encuentra en zonas marginadas.	602* 603* 616* 624	625* 626*	627* 628*	651-658 671-678
5	Planea, diseña experimentos y analiza datos en procesos de investigación cuantitativa y cualitativa.	601* 621* 624*	622* 625* 626*	623* 627* 628*	
6	Formula y desarrolla proyectos de investigación científica y tecnológica pertinente, con calidad epistemológica, cuyos productos impactan significativamente el área de conocimiento e inciden en beneficio de los sectores social, público o privado.	621* 616* 624*	622* 625* 626*	623* 627* 628*	
7	Comunica de resultados de investigación a través de la publicación de artículos científicos en revistas de alto impacto, artículos de divulgación y ponencias en foros científicos, entre otros.	621*	622*	623* 628*	
8	Diseña e implementa tecnologías apropiadas para la obtención, desarrollo y caracterización de materiales y productos alimenticios innovadores con propiedades nutricias, biológicas y funcionales superiores a aquéllas mostradas por su contraparte tradicional.	602* 603* 624*	625* 626*	623* 627* 628*	604, 605 606,607 608, 609 610, 611 631-638
9	Aprovecha fuentes no convencionales para la obtención de biopolímeros, bioactivos e ingredientes de interés para la industria agroalimentaria.	602* 603* 624*	625* 626*	623* 627* 628*	651-658 671-678
10	Diseña, desarrolla, caracteriza y aplica sistemas de protección y liberación controlada de bioactivos.	602* 603* 624*	625* 626*	623* 627* 628*	604, 605 606,607 608, 609 610, 611
11	Diseña, evalúa y opera bioprocesos agroalimentarios y afines, para el cumplimiento, con énfasis en la identificación, caracterización y recuperación de	602* 603*	625* 626*	623* 627*	631-638 651-658

	metabolitos y compuestos bioactivos de fuentes vegetales comerciales y autóctonas, residuos agropecuarios, forestales y agroindustriales, así como la generación de bioenergía y otros coproductos.	624*		628*	671-678
12	Aplica normatividad, regulaciones y sistemas de gestión de calidad e inocuidad en procesos agroalimentarios.	602* 603* 624*	625* 626*	623* 627* 628*	604, 605 606,607 608, 609 610, 611 631-638 651-658 671-678
13	Evalúa la percepción y valorización de alimentos y bebidas tradicionales.	602* 603* 624*	625* 626*	623* 627* 628*	

\*Asignatura obligatoria. Nivel: progresión de aprendizaje: B, básico; I, intermedio; A, avanzado; E, especializado.

### 10.3. Instrumentos de evaluación sistemática de los atributos de egreso

Cada uno de los mecanismos de evaluación del perfil de egreso, descritos en la Sección 10.1, cuenta con los instrumentos que se describen en el Cuadro 6.

### 10.4. Mecanismos para medir cumplimiento y mejora continua del perfil de egreso

Para obtener el grado de Maestra en Ciencias o Maestro en Ciencias, la o el estudiante debe cubrir 75 créditos en total, organizados en 21 créditos académicos en asignaturas temáticas obligatorias (3 cursos temáticos definidos y 1 curso especial), 18 créditos académicos en asignaturas optativas (3 cursos), 9 créditos en seminarios de investigación (3 cursos), 21 créditos en avances del Proyecto de Investigación (organizado y evaluado en 4 cursos) y 6 créditos en la tesis doctoral. La atención del requisito de idioma y el examen de grado no tienen valor en créditos.

**Cuadro 6. Mecanismos e instrumentos de evaluación de la formación de los atributos del perfil de egreso.**

Mecanismo de evaluación	Instrumento de evaluación	Atributo de perfil evaluado
Evaluación en asignaturas	Exámenes escritos, exámenes orales, tareas, proyectos. Cada caso puede utilizar una rúbrica.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Programa de tutorías	Formato de reunión Estudiante-Tutor.  Acta de reunión de Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI	Formato de desempeño del becario de SECIHTI.	2, 5
Desarrollo de proyecto de investigación	Rúbrica en asignatura.  Acta de reunión de Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Actividades de retribución social	Reporte de actividad de retribución social a SECIHTI.	1, 2, 7
Manejo del idioma inglés	Certificado del Centro de Lenguas Extranjeras y Autóctonas.	1, 7

Tesis de grado	Acta de aprobación del Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Examen de grado	Acta de examen de grado.	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Artículo enviado a revista indizada.		

---

Con base en los mecanismos de evaluación sistemática se da seguimiento a la formación de los atributos del perfil de egreso (sección 7.3; Cuadro 1). Asimismo, con base en el mapeo o seguimiento de la progresión de aprendizaje que se da a todos los atributos del perfil de egreso a través de asignaturas (Cuadro 6) se hace notar que, a través de las asignaturas obligatorias, todos los doctorantes se forman en todos los atributos del perfil. En tal sentido, el porcentaje de estudiantes a punto de egresar de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria de cada generación o cohorte que demuestran haber adquirido la formación prevista en el perfil de egreso durante el ciclo formativo es equivalente a la eficiencia terminal:

$$\left( \frac{\text{Porcentaje de estudiantes por cohorte que adquirieron el perfil de egreso}}{100} \right) = \left( \frac{\text{Número de estudiantes graduados}}{\text{Número de estudiantes que ingresan}} \right)_{cohorte}$$

Por otro lado, para contar con elementos de mejora continua de los procesos académicos, de investigación y de vinculación de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA), se han definido **Indicadores Clave de Desempeño (KPI, por sus siglas en inglés)**, cuya estructura y utilidad se revisan cada dos años. En este contexto, se han elegido KPI enfocados al ejercicio del perfil de egreso desde la etapa formativa, previa al egreso, en la forma descrita a continuación, donde se consideran los atributos del perfil de egreso, los criterios transversales del SEAES y el proceso académico de la MCyTA. Al final, se define un **Índice de Mejora Continua de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria**.

#### i). Proporción de estudiantes con proyecto vinculado con el sector productivo.

**Definición.** Proporción de estudiantes que han registrado un proyecto de investigación que aborda una problemática del sector productivo y que cuentan con carta de interés o incidencia del beneficiario, de manera que se demuestre el compromiso con la responsabilidad social.

**Evaluación:**  $KPI_1 = \left( \frac{\text{Estudiantes con proyectos de investigación vinculados con el sector productivo}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$

#### ii). Proporción de estudiantes que incorporaron actividades formativas de la equidad social, equidad de género o inclusión, de manera extracurricular.

**Definición.** Proporción de estudiantes que desarrollaron, de manera extracurricular, actividades formativas de un carácter equitativo en ámbitos social o de género, así como incluyente.

Evaluación:

$$KPI_2 = \left( \frac{\text{Estudiantes con actividades extracurriculares con carácter incluyente o de equidad social o de género}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$$

**iii). Proporción de estudiantes que incorporaron actividades formativas del carácter intercultural, de manera extracurricular.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que desarrollaron, de manera extracurricular, actividades formativas de un carácter intercultural.

Evaluación:

$$KPI_3 = \left( \frac{\text{Estudiantes con actividades extracurriculares de tipo intercultural}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$$

**iv). Proporción de estudiantes que interactúan de manera inter o transdisciplinaria para crear conocimiento científico con impacto social.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que interactuaron de manera inter o transdisciplinaria, lo que puede ocurrir con el registro de un Comité Asesor con integrantes de distintas disciplinas e instituciones o incluso del sector productivo.

Evaluación:

$$KPI_4 = \left( \frac{\text{Estudiantes con interacción inter o transdisciplinaria}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$$

**v). Proporción de estudiantes que crean conocimiento o tecnologías o bioprocesos de vanguardia.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que crean conocimiento o tecnologías o bioprocesos de vanguardia a través del desarrollo de su proyecto de investigación, lo que se demuestra, por ejemplo, a través de la publicación de uno o más artículos científicos en revistas de alto nivel, indexadas en los cuartiles 1 o 2 del *Journal of Citation Reports* (JCR) o en los cuartiles 1 o 2 de la base de datos de Scopus®. Asimismo, puede demostrarse, por ejemplo, mediante la solicitud de registro de una patente o un modelo de utilidad ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Evaluación:

$$KPI_5 = \left( \frac{\text{Estudiantes que crean conocimiento o tecnologías o bioprocesos de vanguardia}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$$

**vi). Proporción de estudiantes que divulgan conocimiento de manera abierta y universal.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que divulgan conocimiento creado a través del desarrollo de su proyecto de investigación, por medio de mecanismos accesibles de manera abierta y universal, por ejemplo, en revistas de divulgación.

**Evaluación:** 
$$KPI_6 = \left( \frac{\text{Estudiantes que divulgan conocimiento de manera abierta y accesible universalmente}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}} \right)$$

**vii). Porcentaje de estudiantes con desempeño académico sobresaliente.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que obtuvieron un promedio ponderado acumulado igual o mayor a 96, considerando todas las asignaturas del programa.

**Evaluación:** 
$$KPI_7 = \frac{\text{Estudiantes con promedio final igual o superior a 96}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}}$$

**viii). Porcentaje de estudiantes que no registraron ninguna asignatura con calificación menor a 80.**

**Definición.** Proporción de estudiantes que no obtuvieron alguna calificación menor a 80 en todo el ciclo de formación.

**Evaluación:** 
$$KPI_8 = \frac{\text{Estudiantes sin asignaturas con calificación menor a 80}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}}$$

**ix). Porcentaje de estudiantes que presentan y defienden su tesis en 24 meses o menos.**

**Definición.** Proporción de estudiantes cuyo Comité Asesor aprobó su Tesis de Grado y que presentaron el Examen de Grado en 24 meses o menos.

**Evaluación:** 
$$KPI_9 = \frac{\text{Estudiantes que presentaron su examen de grado en 24 meses o menos}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}}$$

**x) Índice de mejora continua**

**Definición.** Con base en los KPIs 1 a 9 se obtiene el **Índice General de Mejora Continua (MC)**, en porcentaje y por cohorte, de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

**Evaluación:**

$$KPI_{MC}(\%) = \left( \frac{100}{9} \right) (KPI_1 + KPI_2 + KPI_3 + KPI_4 + KPI_5 + KPI_6 + KPI_7 + KPI_8 + KPI_9)$$

## **11. Seguimiento de egresadas y egresados**

### **11.1. Seguimiento continuo mediante encuesta**

De manera continua, se establece contacto con las egresadas y los egresados de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, a fin de recaudar información a través de una encuesta en línea. Las variables analizadas en la encuesta son: datos de contacto; titulación completada; tiempo de titulación y/o motivos que lo han impedido titulación; aspectos laborales (tiempo para la inserción laboral después del egreso; estatus laboral actual, institución y tipo de organización en la que labora; puesto y funciones que realiza e ingresos mensuales promedio); satisfacción con plan de estudios; pertinencia y calidad de la planta docente, infraestructura, procesos administrativos y valoración global de satisfacción con el programa de maestría y recomendaciones para mejorar el programa de maestría. La encuesta también consulta sobre la formación de los distintos atributos del perfil de egreso.

### **11.2. Foro de egresadas y egresados**

De forma anual se realiza un foro de discusión con las egresadas y los egresados de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria para analizar los resultados de la encuesta, realizar mesas de discusión e identificar áreas de mejora o actualización.

## **12. Requisitos de permanencia y graduación**

Los criterios de permanencia, así como los requisitos de egreso y obtención del grado, están establecidos en la Normatividad Universitaria y específicamente en el Reglamento General de Estudios de Posgrado.

### **12.1. Requisitos de permanencia**

La y el estudiante de maestría deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Elaborar, juntamente con su Comité Asesor, durante la primera sesión académica, el proyecto de investigación en que se fincará su tesis, la cual debe ser original, válida y trascendente.
- Conservar como mínimo, un promedio ponderado acumulado de ocho en cada semestre. La calificación mínima para acreditar una asignatura como Aprobada es 80, en una escala de 0 a 100. La o el estudiante que obtenga una calificación menor que 70 en la escala de 0 a 100, causará baja definitiva de la Universidad. La o el estudiante que obtenga una calificación entre 70 y 79, en una escala de 0 a 100, deberá mantener un promedio general mínimo de 80, en caso contrario, causará baja definitiva de la Universidad. La o el estudiante que acumule dos asignaturas con calificaciones menores que 80, independientemente de su promedio, causará baja de la Universidad. En ningún caso se aplicará un examen extraordinario.
- Aprobar cada semestre dos evaluaciones del Comité Asesor.
- Cumplir con oportunidad los trámites administrativos necesarios para mantener su situación regular, así como los requisitos establecidos por la SECIHTI o, en su caso, las fuentes de financiamiento.
- Dedicar tiempo completo a sus estudios.

### **12.2. Responsabilidad y retribución social**

La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) estableció, a partir de la Convocatoria de Becas Nacionales 2021, la obligación de atender la retribución social como requisito de egreso con los siguientes objetivos:

- Propiciar la reflexión y conciencia sobre el compromiso ético de las becarias y los becarios sobre el apoyo que reciben gracias a las aportaciones de la sociedad mexicana, para su formación.
- Contribuir con diferentes estrategias para la aplicación de los resultados de investigación y su comunicación, para el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias y comunidades.
- Colaborar en la atención y solución de problemas prioritarios en los contextos en donde se ubican las Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación.

- Dar sentido y significado a los procesos educativos de formación, al articular los procesos formativos, con las realidades y problemas prioritarios de las regiones donde se realizan las investigaciones.

En tal contexto, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria ha asumido el compromiso de ceñirse a los criterios y lineamientos de responsabilidad y retribución social, a partir de lo cual se aprobaron los siguientes lineamientos para dar seguimiento y en su caso aprobar dicha actividad.

- La becaria o el becario debe entregar un proyecto de la actividad de responsabilidad y retribución social en la Coordinación del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria antes de iniciar con dicha actividad, con la finalidad de que la Coordinación tenga conocimiento de ello y pueda dar seguimiento durante su realización.
- El proyecto de la retribución social debe estar relacionado con el tema de investigación de la o el estudiante en el Posgrado.
- La actividad de retribución social de los estudiantes de la Maestría debe completarse antes del término del tercer semestre.
- Al término de la actividad, la becaria o el becario debe enviar a la Coordinación del Posgrado un informe por escrito con el formato de Constancia de Retribución Social disponible en la página web del posgrado para tal fin. La evidencia fotográfica y documental de la actividad realizada son necesarias. Se realizará un foro de difusión de los resultados de las actividades de responsabilidad y retribución social, en el último semestre, con la finalidad de discutir y diseñar mecanismos de vinculación del Posgrado con el Sector Social.
- El informe debe entregarse antes de iniciar con los trámites del Examen de Grado, puesto que es prerrogativa de la Coordinación de Estudios de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y conservar la evidencia documental de dichas actividades en caso de que la SECIHTI o cualquier otra instancia la requieran.
- Cualquier anomalía detectada durante la supervisión de la actividad será notificada a la Directora o Director de Tesis de la o el estudiante y la Coordinación del Posgrado se reserva el derecho de aprobarlo.
- Los casos no previstos en los lineamientos serán resueltos por la Comisión de Estudios de Posgrado del Departamento de Ingeniería Agroindustrial.

### **12.3. Requisitos de egreso y obtención del grado**

La revisión y aprobación de la tesis, así como el examen para optar por el grado de Maestra en Ciencias o Maestro en Ciencias, están sujetos a procedimientos y a la entrega de medios de verificación que garantizan el cumplimiento del Plan de Estudio por la o el maestrante.

De acuerdo con el Reglamento General de Estudios de Posgrado, la egresada o egresado tendrá derecho a recibir documentación expedida por la Dirección General Académica, que acredita el grado obtenido una vez satisfechos los requisitos siguientes:

- Aprobación de los créditos correspondientes al grado.
- Aprobación de la tesis.
- Aprobación del examen de grado.

El Reglamento General de Estudios de Posgrado (RGEP) establece que las y los maestrantes se acreditarán por el cumplimiento aprobatorio de al menos 75 créditos, que incluyan al menos 38 créditos académicos en cursos y el resto en investigación, seminarios y presentación de examen de grado. El mismo RGEP estipula que se deberá de obtener el grado como máximo en 30 meses. No obstante, se deberán cubrir todos los créditos requeridos, y también los correspondientes al Examen de Grado, en un plazo no mayor a 24 meses contados a partir de la fecha de ingreso.

De manera particular, para obtener el grado de Maestra en Ciencias o Maestro en Ciencias, el estudiante debe cubrir 18 créditos académicos en asignaturas obligatorias (3 cursos), 18 créditos académicos en asignaturas optativas (3 cursos), 3 créditos en un curso especial obligatorio, 9 créditos en seminarios (3 cursos), 21 créditos en Proyecto de Investigación (organizado y evaluado en 4 cursos) y 6 créditos en el desarrollo de la Tesis de Grado. Ello incluye la elaboración y defensa, en examen público de una tesis original y envío de un artículo derivado del trabajo de investigación a una revista indizada.

Es requisito de egreso que las y los maestrantes hayan enviado un artículo científico a una revista indizada para su posible publicación. Al respecto, la indización de la (s) revista (s) debe corresponder al Journal of Citation Reports (JCR) o al Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología de SECIHTI o su equivalente. Asimismo, es requisito de egreso y para la obtención del grado, que la o el estudiante acredite un mínimo 50 puntos en la sección de comprensión de lectura del examen global oficial del idioma inglés (TOEFL; *Test of English as a Foreign Language*) o 450 puntos globales en el mismo examen TOEFL. En adición, las y los maestrantes, deben demostrar haber atendido el requisito de Retribución Social establecido en el Sistema Nacional de Posgrados.

En resumen, para obtener el Grado de Maestra o Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, la o el estudiante debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Haber cubierto todos los créditos del Plan de Estudios.
- Presentar el Documento de Graduación aprobado por el Comité Asesor.
- Haber acreditado el examen TOEFL en los términos descritos.
- Haber atendido los lineamientos de responsabilidad y retribución social en los términos señalados antes y de acuerdo con la reglamentación de la SECIHTI.
- Haber enviado un artículo científico que sea producto de su proyecto de tesis, a una revista indizada.
- Presentar un Examen de Grado, lo que implica realizar una defensa de la Tesis de Grado ante un Sínodo.

## 13. Líneas de investigación e incidencia social

El Plan de Estudios de la MCyTA se organiza en cuatro Áreas de Conocimiento. De ellas, tres corresponden a Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), entre las cuales están agrupados las Profesoras y Profesores que conforman el Núcleo Académico Básico, en la forma descrita por el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Organización de los Integrantes del Núcleo Académico Básico en las Líneas de Investigación e Incidencia Social del Programa de MCyTA.**

LIES	Integrantes
Alimentos frescos y procesados	Dr. José Joel Enrique Corrales García Dr. Anastacio Espejel García Dr. Emmanuel Flores Girón Ph.D. Arturo Hernández Montes Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada
Alimentos funcionales e innovadores	Dr. Eleazar Aguirre Mandujano Dra. Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez Dra. Landy Hernández Rodríguez Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros Dra. Ofelia Sandoval Castilla
Bioprocessos agroalimentarios	Dr. Teodoro Espinosa Solares Dra. Diana Guerra Ramírez Dr. Artemio Pérez López Dr. Benito Reyes Trejo Dr. Salvador Valle Guadarrama Dr. Holber Zuleta Prada

A continuación, se presenta el objetivo y la descripción de cada una de las LIES.

## **13.1. Alimentos frescos y procesados**

### **13.1.1.Descripción**

El incremento de la población, en los próximos veinte años, provocará que la producción de alimentos y las tecnologías de procesamiento sean aún más importantes. El cambio climático y la salud de la población han hecho evidente el precario balance entre prácticas de producción sostenibles, un medio ambiente saludable y una población saludable. Para hacer esto exitoso, se requiere producir más alimentos, con el menor impacto ambiental. La habilidad para cumplir con las demandas de provisión de alimentos estará vinculada con la sostenibilidad de las prácticas usadas en su producción y el interés con el cual los nuevos procesos y tecnologías sean desarrollados para resolver situaciones conflictivas y cambiantes (Boye y Arcand, 2013).

El Programa de MCyTA considera, como una de sus LIES, la relacionada con los alimentos de origen vegetal y animal. Entre los alimentos de origen vegetal se consideran las leguminosas, los cereales, las oleaginosas, los cultivos industriales, como café, cacao y caña de azúcar, y las frutas y hortalizas, manejados tanto en estado fresco, como procesado. Entre los alimentos de origen animal se consideran a los productos lácteos y cárnicos.

La problemática y el estado del arte de la investigación de cada uno de estos materiales se puede estudiar desde varios puntos de vista, considerando desde la visión de los sistemas agroindustriales a través de los cuales son producidos, procesados y comercializados, hasta los aspectos fundamentales de su composición, estructura y comportamiento. El principal reto actual de la investigación debe centrarse en un abastecimiento oportuno de materias primas, en los volúmenes exigidos por la demanda social y con la calidad requerida, así como en la reducción de costos, la reducción de pérdidas y desperdicios postcosecha.

### **13.1.2.Objetivo general**

Formar Maestras en Ciencias o Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento científico relacionado con el aprovechamiento y la conservación de alimentos y sus atributos de calidad, en estado fresco y procesado, a través de tecnologías convencionales y emergentes.

### **13.1.3.Objetivos particulares**

- Evaluar física, química, sensorial, fisiológica y funcionalmente materias primas de origen agropecuario, mediante investigación básica y aplicada, para favorecer su conservación en fresco o su transformación en alimentos de pertinencia social y mayor valor agregado.
- Investigar condiciones óptimas y críticas de manejo en fresco, acondicionamiento, conservación, transformación y almacenamiento de productos de origen vegetal y animal, mediante la aplicación del método científico, para el desarrollo de tecnologías apropiadas.
- Evaluar los factores que influyen en la calidad y en la vida de anaquel de alimentos de origen vegetal y animal, mediante técnicas instrumentales, de modelado y de simulación del proceso, para su optimización.
- Caracterizar productos de origen vegetal y animal artesanales genuinos, mediante la evaluación de su calidad fisicoquímica, reológica, sensorial y microbiológica, para la asistencia en la denominación de origen y la caracterización de nuevos productos.

### **13.1.4. Metas**

- Formación de recursos humanos con alto grado de responsabilidad científica y social, con habilidades, capacidades y conocimientos sobre los métodos para el desarrollo y caracterización de alimentos de origen vegetal y animal.
- Desarrollo de proyectos de investigación básica y aplicada, multi- e interdisciplinarios, entre investigadores de la UACH y aquéllos de otras instituciones, en el campo de los alimentos frescos y procesados.
- Generación de tecnologías para la conservación y manejo de alimentos de origen vegetal y animal frescos, mínimamente procesados o procesados.
- Fortalecimiento de la vinculación entre la UACH y el sector productivo a través de la generación de conocimiento pertinente para el desarrollo de la industria agroalimentaria del país.
- Difusión de resultados de investigación a través de la publicación de artículos en revistas indexadas de alto nivel, exposiciones en eventos científicos, seminarios y actividades de capacitación.
- Promoción de la participación de profesores invitados, nacionales y extranjeros, así como la movilidad de estudiantes a otras instituciones.

## **13.2. Alimentos funcionales e innovadores**

### **13.2.1. Descripción**

El concepto tradicional de que la dieta diaria debe proveer cantidades adecuadas de nutrientes esenciales, para el mantenimiento de una salud óptima, ha cambiado en los últimos años; los alimentos contienen también substancias fisiológicamente activas que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función de beneficio y contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y, por tanto, son necesarias para una vida saludable (Saad et al., 2013). Por lo que el rumbo de las investigaciones científicas se ha orientado hacia el desempeño de los alimentos funcionales (AF), que son definidos como aquellos alimentos que afectan benéficamente una o más de las funciones del organismo, más allá de los efectos nutricionales adecuados, en una forma que es relevante, ya sea para mejorar el estado de salud y bienestar y/o reducir el riesgo de enfermedad (European Commission, 2010).

La producción de estos alimentos consiste en el incremento de la concentración de un componente natural del alimento para alcanzar una concentración tal que induzca los efectos deseados; agregar un componente que no está normalmente presente en un alimento; reemplazar un componente del alimento (Sun-Waterhouse, 2011). Sin embargo, en la elaboración de estos alimentos es necesario que los componentes mantengan su funcionalidad o potencial fisiológico durante su elaboración, almacenamiento, hasta el paso por el tracto gastrointestinal; las propiedades mecánico-sensoriales deberán ser comparables con las del producto tradicional; además los ingredientes y el proceso de manufactura de los alimentos funcionales deberán ser accesibles a la industria alimentaria.

De acuerdo con lo anterior, esta LIES, innova productos y procesos a través del estudio de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y termodinámicas de biopolímeros y agentes tensoactivos de bajo peso molecular, extraídos de fuentes naturales, para determinar su potencial como formadores de películas interfaciales y su micro y nanoestructura. Asimismo, aborda el diseño, formación, estabilidad y caracterización de sistemas dispersos (emulsiones, nanoemulsiones, microemulsiones, microencapsulados y liposomas), para su uso como agentes protectores de las propiedades funcionales de aceites esenciales, probióticos, ingredientes nutracéuticos, sabores o agentes bioactivos. La línea desarrolla y caracteriza alimentos funcionales obtenidos por diferentes procedimientos, tales como el reemplazo parcial o total de alguno de sus componentes por ingredientes más saludables y la incorporación de ingredientes nutracéuticos a su formulación.

### 13.2.2. Objetivo general

Formar Maestras en Ciencias o Maestros en Ciencias con capacidad para generar y aplicar conocimiento, mediante investigación básica y aplicada, relacionada con el desarrollo de productos alimenticios innovadores con atributos funcionales/nutracéuticos.

### 13.2.3. Objetivos particulares

- Caracterizar biopolímeros grado alimentario, biodegradables, biocompatibles y ampliamente disponibles, preferentemente extraídos a partir de especies vegetales nativas y sus desechos agroindustriales, a través de la determinación de sus propiedades reológicas, fisicoquímicas, emulsificantes, térmicas y eléctricas, para evaluar su funcionalidad potencial en el diseño de sistemas dispersos alimenticios.
- Desarrollar sistemas dispersos alimenticios mediante tecnologías para preservar las propiedades funcionales y liberar de manera controlada agentes bioactivos, así como para su incorporación en productos alimenticios de consumo popular.
- Investigar la estabilidad y la cinética de liberación de ingredientes nutracéuticos o bioactivos entrampados o inmovilizados en sistemas dispersos alimenticios, ante la acción de agentes que los afectan, tanto en alimentos empleados como “vehículos”, así como bajo condiciones gastrointestinales simuladas, para establecer sus interrelaciones.
- Evaluar la aplicación de sistemas dispersos alimenticios adecuados para el desarrollo de alimentos funcionales, tales como aquéllos reducidos en grasa y sal, conteniendo un balance de ácidos grasos saturados/insaturados saludable, incorporados con bioactivos.

### 13.2.4. Metas

- Formación de recursos humanos con alto grado de responsabilidad científica y social, con habilidades y capacidades, que les permitan desempeñarse en el dominio de establecer parámetros cuantitativos para predecir la estabilidad y la tasa de liberación de compuestos bioactivos, en términos de composición, características estructurales, y propiedades reológicas y texturales de sistemas dispersos alimenticios, conformados por estructuras biopoliméricas.
- Desarrollo de proyectos de investigación multi- e interdisciplinarios, entre investigadores de la UACh y aquéllos de otras instituciones, los cuales generen conocimientos científicos-básicos sobre el diseño, la

elaboración y la caracterización de sistemas dispersos alimenticios potencialmente útiles para la fabricación de alimentos funcionales e innovadores que aporten beneficios a la salud del ser humano.

- Difusión de resultados de investigación a través de la publicación de artículos en revistas indizadas de alto nivel, exposiciones en eventos científicos, seminarios y actividades de capacitación.
- Promoción de la participación de profesores invitados, nacionales y extranjeros, así como la movilidad de estudiantes a otras instituciones.
- Fortalecimiento de la vinculación entre la UACH y el sector productivo a través de la generación de conocimiento pertinente para el desarrollo de la industria alimentaria del país.

### 13.3. Bioprocessos Agroalimentarios

#### 13.3.1. Descripción

La ingeniería de bioprocessos es una rama de la ingeniería que hace uso del conocimiento de las propiedades de los materiales renovables con la finalidad de obtener productos con valor agregado que son benéficos para la sociedad. Además, desarrolla sistemas biológicos para la manufactura de productos y permite el seguimiento y control de los procesos, todo ello en forma amigable con el medio ambiente. La ingeniería de bioprocessos también incluye el descubrimiento, búsqueda, desarrollo y manufactura de productos de origen biológico, los cuales incluyen alimentos, biocombustibles, alimentos para ganado, nutracéuticos, farmacéuticos y una multitud de biomateriales con valor agregado, que son útiles para los diferentes tipos de industrias. Esta LIES tiene un carácter transdisciplinario, enfrenta por consecuencia problemas que se encuentran en la frontera de los procesos biotecnológicos y de la ingeniería química clásica. Así, esta LIES está integrada por investigadores de diferentes disciplinas dando opciones para poder enfrentar los problemas presentes en la agroindustria. Los temas de investigación para la línea incluyen aislamiento, purificación y caracterización de metabolitos secundarios a partir de materiales vegetales de interés agroindustrial; obtención y evaluación fisicoquímica de aceites, a partir de diferentes semillas oleaginosas no comestibles, para la obtención de biodiesel; desarrollo y aplicación de metodologías en síntesis orgánica para la transformación y construcción de moléculas de interés agroindustrial; desarrollo de sistemas de procesamiento para la producción de biocombustibles (metano, hidrógeno, etanol celulósico) y nuevos materiales (bioplásticos, nanopartículas); modelación matemática dinámica de bioprocessos; generación de la estructura del modelo; análisis de sensibilidad; estimación de parámetros; evaluación o validación de modelos; análisis de incertidumbre; modelación numérica de bioprocessos y optimización dinámica de bioprocessos (control óptimo de bioprocessos).

#### 13.3.2. Objetivo general

Formar Maestras en Ciencias y Maestros en Ciencias con capacidad para generar conocimientos relacionados con el aprovechamiento de subproductos y residuos agroalimentarios, a través del diseño, optimización y control de bioprocessos, basados en actividad microbólica, enzimática y tecnologías de separación.

### **13.3.3.Objetivos particulares**

- Desarrollar metodologías para la producción de biocombustibles y nuevos materiales a través de bioprocessos, para la producción de biocombustibles (bioplásticos, nanopartículas, compuestos de síntesis orgánica, biodiesel, metano, hidrógeno, etanol celulósico) a partir de materiales de origen agrícola y desechos de la actividad agropecuaria.
- Desarrollar metodologías, mediante bioprocessos y tecnologías de separación, para la obtención y caracterización de metabolitos secundarios de interés agroalimentario (antioxidantes, pigmentos y edulcorantes).
- Analizar modelos matemáticos, mediante enfoques teóricos, empíricos y numéricos, para su aplicación en la simulación de bioprocessos y la predicción de su comportamiento, tanto en el tiempo como en el espacio.
- Aplicar diversos enfoques de teoría de optimización y de control, a través de metodologías clásicas y modernas, para el mejoramiento de bioprocessos agroalimentarios.

### **13.3.4.Metas**

- Formación de recursos humanos con alto grado de responsabilidad científica y social, con habilidades, capacidades y conocimientos en el campo de los bioprocessos con orientación a la industria agroalimentaria.
- Desarrollo de proyectos de investigación básica y aplicada, multi- e interdisciplinarios, entre investigadores de la UACh y aquéllos de otras instituciones, en el campo de bioprocessos agroalimentarios, y de acuerdo con las exigencias ambientales actuales.
- Fortalecimiento de la vinculación entre la UACh y el sector productivo a través de la generación de conocimiento pertinente para el desarrollo de la industria agroalimentaria del país.
- Difusión de resultados de investigación a través de la publicación de artículos en revistas indizadas de alto nivel, exposiciones en eventos científicos, seminarios y actividades de capacitación.
- Promoción de la participación de profesores invitados, nacionales y extranjeros, así como la movilidad de estudiantes a otras instituciones.

## **14. Sinopsis de los programas de asignatura**

### **CTA-601. Métodos estadísticos**

Esta asignatura corresponde al área de conocimiento metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el primer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos Funcionales e Innovadores, Alimentos Frescos y Procesados y Bioprocesos Agroalimentarios). Consta de dos unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, tiene relación horizontal con los cursos: Seminario de investigación I, Bioquímica de alimentos, Tópicos de Fisicoquímica, y Optativa I. Su relación vertical se da con las asignaturas: Proyecto de investigación II-IV, Seminario de investigación II-III, Sistemas de calidad y optativas II-IV.

#### **Objetivos**

- Estimar modelos lineales útiles en la investigación científica, mediante la aplicación de bases teóricas aprendidas en clase y de trabajo independiente, para el análisis e interpretación de fenómenos tecnológicos.
- Formular un pensamiento basado en el método científico, mediante la aplicación de conceptos de planeación y diseño experimental, para la conducción de la investigación.
- Demostrar la capacidad de comunicación y trabajo en grupo, a través de estudios de casos, para el análisis de resultados, la formulación de conclusiones y la toma de decisiones.

#### **Contenido**

Unidad I. Modelo lineal y regresión.

Unidad II. Diseños experimentales.

## **CTA-602. Bioquímica de alimentos**

Esta asignatura corresponde al área de conocimiento metodológico. Es de carácter electivo y se imparte en el primer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de cuatro unidades, duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente, hacia adelante, con la asignatura de Sistemas de calidad y horizontalmente con las asignaturas de Métodos Estadísticos, Tópicos de Fisicoquímica, con el Seminario I y con la Optativa I.

### **Objetivos**

- Adquirir los conocimientos teórico-prácticos sobre los macro-componentes de los alimentos, mediante el estudio de su estructura, reactividad y funcionalidad, para la estimación de su comportamiento en alimentos naturales y procesados.
- Examinar los factores de deterioro de carbohidratos, proteínas y lípidos a través del análisis de los factores que afectan su estabilidad, para reducir al mínimo los cambios fisicoquímicos y bioquímicos que impactan en las características sensoriales y nutrimentales de los alimentos.
- Demostrar responsabilidad, disciplina y trabajo en equipo, a través de desempeño en el laboratorio, elaboración de reportes de prácticas y exposición y discusión de estudios de caso, para el análisis y la formulación de conclusiones sobre la importancia de las proteínas, los carbohidratos y los lípidos en las propiedades de alimentos procesados.

### **Contenido**

Unidad I. Fundamentos de química.

Unidad II. Carbohidratos.

Unidad II. Proteínas.

Unidad III. Lípidos.

## **CTA-603. Tópicos de fisicoquímica**

Esta asignatura corresponde al área de conocimiento metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el primer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de cuatro unidades y se desarrolla mediante 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana, equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico. Se relaciona hacia horizontalmente con los cursos de Bioquímica de Alimentos, con el Seminario I y con el Seminario de Investigación I, en tanto que tiene relación vertical hacia adelante con adelante con los métodos estadísticos y hacia adelante con Fundamentos de Análisis Instrumental de Alimentos, con Tecnología de Alimentos Funcionales, con Aplicación de Enzimas en Alimentos, con Propiedades de Alimentos Funcionales y su Medición, con Bioprocesos, con Ingeniería de Control y con Ingeniería de Sistema de Manejo Postcosecha d Productos Hortofrutícolas.

### **Objetivos:**

- Aplicar fundamentos de la termodinámica, cinética química y fisicoquímica al estudio de procesos relacionados con el sector agroalimentario y áreas afines, para favorecer el desarrollo de sistemas de producción de materiales biológicos y contribuir al desarrollo de las comunidades rurales.
- Adquirir conocimientos teórico-prácticos relacionados con las leyes de la termodinámica para favorecer el estudio de bioprocesos agroalimentarios.
- Aplicar estudios de cinética y estabilidad química al desarrollo de bioprocesos agroalimentarios.

### **Contenido**

Unidad I. Principios de termodinámica.

Unidad II. Cinética química.

Unidad II. Estabilidad química.

Unidad III. Química de superficie.

## **CTA-604. Sistemas de calidad**

Esta asignatura corresponde al área de conocimiento metodológica. Es de carácter optativo y puede impartirse a partir del segundo semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico. Se relaciona hacia atrás con los métodos estadísticos y hacia adelante con las materias tecnológicas. En forma horizontal se relaciona con la materia de Evaluación sensorial, así como con Herramientas para el estudio de cadenas agroindustriales.

### **Objetivos**

- Aplicar los principios de pensadores de la calidad, a través de la planeación, control y mejora de calidad para gestionar sistemas de calidad.
- Seleccionar herramientas de la calidad, empleando el despliegue de la función de la calidad y el control estadístico de procesos, para mejorar la calidad de productos agroalimentarios.

### **Contenido**

Unidad I. Pensadores de la calidad.

Unidad II. Planeación de la calidad.

Unidad III. Control estadístico de procesos.

Unidad IV. Sistemas HACCP, ISO9001 e ISO22000.

## **CTA-605. Evaluación sensorial**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter electivo que se puede elegir a partir del segundo semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana, respectivamente, equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, se relaciona hacia atrás con los Métodos estadísticos y hacia adelante con los seminarios de investigación. En forma horizontal se relaciona con la materia de Sistemas de calidad y asignaturas tecnológicas.

### **Objetivos**

- Aplicar metodologías sensoriales, a través del control de errores psicológicos, uso de procedimientos estandarizados y la comprensión de los principios psicofísicos, para emplear apropiadamente las diversas pruebas sensoriales en los productos agroalimentarios.
- Analizar datos sensoriales a través de la ejecución de prácticas y proyecto semestral, aplicando habilidades de comunicación y trabajo grupal para discriminar, describir y evaluar afectivamente productos agroalimentarios.

### **Contenido**

Unidad I. Metodología sensorial.

Unidad II. Pruebas discriminativas.

Unidad III. Pruebas descriptivas.

Unidad IV. Pruebas afectivas.

## **CTA-606. Métodos estadísticos multivariados**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter electivo que se imparte en el tercer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de siete unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico (clase práctica y de taller), así como de formación agroindustrial. Tiene relación horizontal con las asignaturas: Seminario de investigación I, Administración y economía de la empresa agroalimentaria, Optativa I y Química de alimentos. Su relación vertical se da con las asignaturas: Proyecto de investigación I-III, Seminario de investigación II-III, Sistemas de calidad, y las optativas II-IV.

### **Objetivos**

Aplicar métodos estadísticos multivariados, mediante el uso de paquetes estadísticos, para la caracterización de productos y procesos agroindustriales, y evaluar problemas de carácter agroindustrial donde intervengan varios factores.

### **Contenido**

- Unidad I. Análisis de varianza multivariado.
- Unidad II. Análisis de componentes principales.
- Unidad III. Análisis canónico-discriminante.
- Unidad IV. Análisis de conglomerados.
- Unidad V. Correlación canónica.
- Unidad VI. Análisis de correspondencia.
- Unidad VII. Análisis discriminante.

## **CTA-607. Administración y economía de la empresa agroalimentaria**

Esta asignatura corresponde al área de conocimiento metodológico. Es de carácter obligatorio que se imparte en el primer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, tiene relación horizontal con los cursos: Seminario de investigación I, Química de alimentos, Optativa I y Métodos Estadísticos. Su relación vertical se da con las asignaturas: Proyecto de investigación II-III, Seminario de investigación II-III, Sistemas de calidad y optativas I - IV.

### **Objetivos**

- Analizar los principios administrativos y su aplicación en la empresa agroalimentaria, así como el papel del administrador, mediante procesos de planeación estratégica, para mejorar las áreas y procesos administrativos en la empresa.
- Analizar los principios económicos y su aplicación en la operación y funcionamiento de la empresa agroalimentaria, mediante instrumentos económicos que permitan mejorar el desempeño de la empresa agroalimentaria.
- Analizar y diseñar estrategias de mercadotecnia para la empresa agroalimentaria, diseñando estrategias de marketing para posicionar a la empresa en mercados más competitivos.

### **Contenido**

Unidad I. Principios administrativos de la empresa agroalimentaria.

Unidad II. Principios económicos para la planeación y análisis de la empresa agroalimentaria.

Unidad III. Análisis del mercado en la empresa agroalimentaria.

## **CTA-608. Herramientas de análisis para el estudio de cadenas agroalimentarias**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Esta asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, tiene relación horizontal con los cursos: Seminario de investigación I, Administración y economía de la empresa agroalimentaria. Su relación vertical se da con las asignaturas: Proyecto de investigación II-III, Seminario de investigación II-III, Sistemas de calidad y optativas II-IV.

### **Objetivos**

- Analizar el enfoque de red de valor y sistemas de innovación mediante herramientas de análisis de las cadenas agroalimentarias, para mejorar la competitividad de las empresas agroalimentarias.
- Diseñar estrategias de vinculación de las cadenas agroalimentarias con el mercado mediante herramientas de mercadotecnia, que contribuyan con la mejora de la competitividad de las cadenas agroalimentarias.

### **Contenido**

Unidad I. Redes comerciales y de conocimiento agroalimentarias.

Unidad II. Sistema de innovación agroalimentario.

Unidad III. Mercados agroalimentarios.

## **CTA-609. Bioeconomía y cadenas de valor**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter electivo y se puede impartir en el primero o segundo semestres. Consta de tres unidades, tiene duración de 4 horas presenciales por semana y 2 horas de estudio independiente por semana, equivalentes a 6 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, tiene relación horizontal con los cursos: Seminario de investigación I, Administración y economía de la empresa agroalimentaria. Su relación vertical se da con las asignaturas: Proyecto de investigación II-III, Seminario de investigación II-III, Sistemas de calidad y optativas II-IV.

### **Objetivos**

- Introducir al estudiante conceptos y fundamentos de la Bioeconomía y cadenas de valor para su aplicación dentro del sector agroalimentario.
- Revisar metodologías de cadenas de valor que midan y evalúen su desempeño para proponer estrategias que la hagan más eficiente.
- Conocer las herramientas de evaluación de proyectos bajo escenarios de riesgo e incertidumbre para analizar proyectos innovadores y de alto valor agregado.

### **Contenido**

Unidad I. El papel de la Bioeconomía y sus fundamentos.

Unidad II. El funcionamiento de las cadenas de valor.

Unidad III. Evaluación de proyectos de productos con alto valor agregado bajo escenarios de riesgo e incertidumbre.

## **CTA-616. Curso especial I**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Forma parte de un conjunto de dos Cursos Especiales. Se trata del primero de los dos y constituye una asignatura de carácter obligatorio que se imparte en la Sesión de Verano localizada el primer año de formación. Esta asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Tiene valor de 3 créditos y se desarrolla en un periodo de cuatro semanas, con carga de 8 horas por semana presenciales y cuatro de trabajo independiente. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se relaciona hacia atrás con el Seminario de Investigación y hacia adelante con los Proyectos de Investigación II a IV. En forma horizontal se relaciona con el Proyecto de Investigación I.

### **Objetivos**

- Valorar técnicas analíticas y/o instrumentales a fin de que sean usadas en el desarrollo de la investigación del estudiante.
- Valorar información especializada a fin de que sea empleada, en el trabajo de investigación del maestrante.

### **Contenido**

El contenido temático será individualizado a cada estudiante de acuerdo a necesidades específicas.

## **CTA-617. Curso especial II**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Forma parte de un conjunto de dos Cursos Especiales. Se trata del segundo y constituye una asignatura de carácter electivo que se puede registrar como cualquiera de las Optativas I a III. Esta asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Tiene valor de 6 créditos y se desarrolla en una Sesión normal de 16 semanas, con carga de 4 horas por semana presenciales y 2 de trabajo independiente. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación.

### **Objetivos**

- Valorar técnicas analíticas y/o instrumentales a fin de que sean usadas en el desarrollo de la investigación del estudiante.
- Valorar información especializada a fin de que sea empleada, en el trabajo de investigación del maestrante.

### **Contenido**

El contenido temático será individualizado a cada estudiante de acuerdo a necesidades específicas.

## **CTA-621. Seminario de investigación I**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter obligatorio que se imparte en el primer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de tres unidades, una duración de 2 horas presenciales y una hora de estudio independiente por semana: equivalentes a 3 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, se relaciona hacia adelante con los Seminarios de Investigación II - III y con la investigación del maestrante; en forma horizontal se relaciona con Métodos Estadísticos.

### **Objetivos**

- Analizar la importancia de la formulación y estructura del protocolo en la investigación científica, mediante la lectura de publicaciones relacionadas y sugeridas por el profesor, para que el estudiante formule y estructure su propio protocolo de investigación dentro de los cánones del método científico.
- Establecer el objeto de estudio, estado del arte y objetivos de la investigación específica del estudiante, mediante las estrategias propuestas en las lecturas revisadas al respecto y considerando lo sugerido por su director de tesis y su Comité asesor, para que, al presentarlo ante el posgrado, sea claro, preciso, conciso, factible y pertinente, es decir, sea de calidad científica.
- Organizar la presentación de información científica mediante el uso de medios audio-visuales más adecuados y novedosos, para mostrar de manera clara, precisa, concisa e interesante el contexto y la estructura del proyecto de investigación de cada estudiante.
- Demostrar responsabilidad, orden y respeto en el proceso de la formulación del proyecto de investigación, así como el respeto al trabajo y las decisiones grupales, mediante un ambiente cordial y respetuoso propuesto y seguido por el profesor, para que los estudiantes valoren y acepten positivamente la crítica constructiva que se haga a su protocolo y favorecer el trabajo colaborativo y la integración de propuestas constructivas.

### **Contenido**

Unidad I. La ciencia y su método.

Unidad II. El protocolo de la investigación.

Unidad III. El uso de los medios audiovisuales en la presentación de protocolos de investigación.

## **CTA-622. Seminario de investigación II**

Esta asignatura corresponde al Área Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el tercer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Consta de tres unidades, una duración de 2 horas presenciales y una hora de estudio independiente por semana; equivalentes a 3 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, se relaciona verticalmente con el Seminario I y III, y horizontalmente con Proyecto de investigación II.

### **Objetivos**

Analizar las opciones metodológicas para la conducción de la investigación y la definición de los métodos acordes tanto a los objetivos del proyecto de investigación como a la disponibilidad de recursos, a través de la revisión de literatura y valoración de tiempo.

### **Contenido**

Unidad I. Análisis de las técnicas experimentales disponibles.

Unidad II. Montaje de técnicas experimentales.

Unidad III. Estrategia experimental.

## **CTA-623. Seminario de investigación III**

Esta asignatura corresponde a la Línea metodológica. Es de carácter obligatorio que se imparte en el cuarto semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Consta de tres unidades, una duración de 2 horas presenciales y 1 hora de estudio independiente por semana; equivalentes a 3 créditos. El curso es de carácter teórico y práctico, se relaciona verticalmente con la investigación del maestrante y con los Seminarios de Investigación. Horizontalmente, se relaciona con la Tesis de Grado.

### **Objetivos**

- Analizar la importancia, características y principios fundamentales de la publicación científica, mediante la revisión de publicaciones, para la identificación de los errores más frecuentes en la redacción de artículos científicos.
- Analizar la estructura de artículos científicos y los lineamientos de redacción, mediante las normas editoriales, formato y guía para autores de revistas afines a la investigación del maestrante, para el aprendizaje de la escritura científica.
- Modificar la conducta de los maestrandentes, mediante discusión constructiva, para que valoren y acepten positivamente la crítica del arbitraje de sus escritos científicos.

### **Contenido**

Unidad I. Importancia, características y lineamientos de redacción de artículos científicos de acuerdo a normas editoriales y guía para autores de revistas afines a la investigación del maestrante.

Unidad II. Taller de redacción sin dolor.

Unidad III. Taller de arbitraje.

## **CTA-624. Proyecto de investigación I**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el segundo semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 6 créditos y exige tiempo de dedicación al desarrollo del proyecto de investigación en forma equivalente a un curso de similares créditos asignados. El contenido corresponde a las actividades diseñadas por el Comité Asesor. La calificación asignada a las actividades de esta asignatura de Proyecto de Investigación será asignada por el Comité Asesor de cada maestrante, según los avances logrados en el período, de acuerdo a la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación II a IV. En forma horizontal se relaciona con las asignaturas optativas II y III, que orientan el perfil del maestrante.

### **Objetivo:**

Desarrollar una parte experimental de un proyecto de investigación para obtener conocimiento pertinente, en forma coherente con la planificación guiada por el Comité Asesor.

### **Contenido**

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

## **CTA-625. Proyecto de investigación II**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en la Sesión de Verano del primer año de formación. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 6 créditos y exige tiempo de dedicación al desarrollo del proyecto de investigación, en forma equivalente a un curso de similares créditos asignados. El contenido corresponde a las actividades diseñadas por el Comité Asesor. La calificación asignada a las actividades de esta asignatura de Proyecto de Investigación será asignada por el Comité Asesor de cada maestrante, según los avances logrados en el período, de acuerdo a la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I, III y IV. En forma horizontal se relaciona con el Curso Especial I.

### **Objetivo:**

Desarrollar una parte experimental de un proyecto de investigación para obtener conocimiento pertinente, en forma coherente con la planificación guiada por el Comité Asesor..

### **Contenido**

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

## **CTA-626. Proyecto de investigación III**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el tercer semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 6 créditos y exige tiempo de dedicación al desarrollo del proyecto de investigación, en forma equivalente a un curso de similares créditos asignados. El contenido corresponde a las actividades diseñadas por el Comité Asesor. La calificación asignada a las actividades de esta asignatura de Proyecto de Investigación será asignada por el Comité Asesor de cada maestrante, según los avances logrados en el período, de acuerdo a la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I, II y IV. En forma horizontal se relaciona con el Seminario de Investigación II.

### **Objetivo:**

Desarrollar una parte experimental de un proyecto de investigación para obtener conocimiento pertinente, en forma coherente con la planificación guiada por el Comité Asesor..

### **Contenido**

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

## **CTA-627. Proyecto de investigación IV**

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el cuarto semestre. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 6 créditos y exige tiempo de dedicación al desarrollo del proyecto de investigación, en forma equivalente a un curso de similares créditos asignados. El contenido corresponde a las actividades diseñadas por el Comité Asesor. La calificación asignada a las actividades de esta asignatura de Proyecto de Investigación será asignada por el Comité Asesor de cada maestrante, según los avances logrados en el período, de acuerdo a la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I, II y III. En forma horizontal se relaciona con la escritura de la Tesis de Grado.

### **Objetivo:**

Desarrollar una parte experimental de un proyecto de investigación para obtener conocimiento pertinente, en forma coherente con la planificación guiada por el Comité Asesor..

### **Contenido**

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

## **CTA-628. Tesis de grado**

Los maestran tes deben presentar y defender una Tesis para obtener el Grado de Maestra o Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. La asignatura de Tesis de Grado es de tipo teórico-práctico y se desarrolla en el cuarto semestre, para atender con oportunidad la gestión del proceso de graduación.

### **Objetivo:**

Aplicar los procedimientos normativos de la Universidad Autónoma Chapingo y los criterios específicos del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria para la aprobación de la Tesis de Grado y la gestión el Examen para la defensa correspondiente de la misma.

### **Contenido**

- Estructura de una tesis de maestría en ciencias.
- Gestión de una tesis de maestría en ciencias y su gestión para aprobación.

## **CTA-631. Química de la leche**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el primer semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; tiene relación vertical con Tecnología de productos lácteos y Microbiología de la leche y horizontalmente con Seminario de investigación II-III, Proyecto de investigación II-III y Sistemas de producción de bovinos lecheros.

### **Objetivo**

Evaluando los diferentes constituyentes de la leche, nutritivos y bioactivos, así como su comportamiento físico y químico, mediante el uso de bibliografía y experimentación en el laboratorio para comprender su influencia en la elaboración de productos lácteos principalmente quesos.

### **Contenido**

Unidad I. Síntesis y producción de leche.

Unidad II. Constituyentes químicos de la leche.

Unidad III. Propiedades físicoquímicas de la leche.

Unidad IV. Componentes biológicamente activos de leche y productos lácteos.

## **CTA-632. Sistemas de producción de bovinos lecheros**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el primer semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona horizontalmente con Química de la leche. Verticalmente con Microbiología de la leche y Tecnología de productos lácteos.

### **Objetivos**

- Identificar los factores que influyen en la producción de leche de bovino, mediante el análisis de los distintos sistemas de producción que se practican en México para aumentar su eficiencia.
- Fomentar en el estudiante la responsabilidad, el orden, la disciplina, el respeto al trabajo individual y grupal así como el respeto a los animales de granja en general y a los bovinos productores de leche en particular, mediante el desarrollo de prácticas integradoras de conocimiento, para mejorar su desempeño profesional.

### **Contenido**

Unidad I. Recursos humanos, animales y ecológicos utilizados para la producción de leche en México.

Unidad II. Fisiología de la lactancia de vacas lecheras.

Unidad III. Nutrición y lactación de vacas lecheras.

Unidad IV. Producción de leche en pastoreo.

## **CTA-633. Microbiología de la leche**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cinco unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona horizontalmente con Tecnología de productos lácteos e Inocuidad de productos hortofrutícolas frescos. Verticalmente se relaciona con Seminario de investigación, Sistemas de calidad, Métodos estadísticos y Química de la leche.

### **Objetivos**

- Analizar la composición de la microflora de la leche, así como los factores que la afectan, mediante su caracterización, para señalar las interrelaciones con el sustrato y las relaciones entre las distintas poblaciones microbianas.
- Identificar la relevancia de la presencia de la flora microbiana, mediante la evaluación de la leche y sus derivados, para participar en la toma de decisiones sobre la calidad sanitaria y la inocuidad de los productos lácteos de consumo humano.

### **Contenido**

Unidad I. El muestreo de los productos lácteos.

Unidad II. Microbiología de la leche cruda y procesada.

Unidad III. Microbiología de productos derivados de la leche.

Unidad IV. Microbiología de los cultivos iniciadores.

Unidad V. La higiene en la industria láctea.

## **CTA-634. Tecnología de productos lácteos**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente hacia atrás, con Sistemas de producción de bovinos lecheros y Química de la leche. Horizontalmente se relaciona con Sistemas de calidad y Sistemas Agroindustriales-Leche y Microbiología de la leche.

### **Objetivos**

- Evaluar las operaciones de procesamiento que permiten un adecuado manejo de la leche como materia prima, mediante el diseño y procesamiento de productos lácteos a nivel artesanal e industrial, para incremento de la eficiencia.
- Fomentar la responsabilidad, el orden y respeto, mediante la propuesta de trabajos individuales, grupales y en equipo, para el desarrollo integral del estudiante.

### **Contenido**

Unidad I. Fundamentos para la elaboración de productos lácteos.

Unidad II. Producción artesanal e industrial de productos lácteos.

Unidad III. Factores que condicionan la vida útil de los productos lácteos.

## **CTA-635. Sistemas de producción hortofrutícola**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el primer semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona horizontalmente con Administración y economía de la empresa agroalimentaria y Química de alimentos y bioprocessos y verticalmente con Tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas e Ingeniería de sistemas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas.

### **Objetivos**

- Proponer programas de manejo de cultivos hortofrutícolas, mediante un manejo sustentable, para incrementar la producción y productividad del sistema en cuestión.
- Aplicar las operaciones unitarias y procesos de producción y transformación de los productos agroindustriales alimentarios y no alimentarios para el desarrollo de nuevos productos mediante la aplicación de tecnologías avanzadas.
- Aplicar en función de las necesidades de la región la transferencia de tecnología de productos tradicionales y no tradicionales utilizando operaciones y procesos de producción e industrialización, para dar un valor agregado.

### **Contenido**

Unidad I. Importancia socioeconómica, nutricional y agroindustrial de la producción hortofrutícola en México y a nivel mundial.

Unidad II. Innovaciones en los sistemas de producción hortofrutícolas en pre y postcosecha.

Unidad III. Sistemas de producción hortofrutícola *in situ*.

## **CTA-636. Fisiología y bioquímica postcosecha de productos hortofrutícolas**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el primer semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; a nivel vertical, hacia atrás la asignatura requiere de conocimientos de Bioquímica y Fisiología vegetal que debieron ser adquiridas en programas de nivel licenciatura o maestría; hacia adelante será útil en Tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas; a nivel horizontal se relaciona con Administración y economía de la empresa agroalimentaria, Métodos Estadísticos, Química de alimentos y bioprocessos, Seminario de investigación I y Optativa I.

### **Objetivo**

- Analizar los mecanismos bioquímicos y fisiológicos que ocurren durante la postcosecha de las frutas y hortalizas, mediante el estudio de los fundamentos relacionados con el crecimiento, maduración y senescencia, a fin de optimizar la comercialización de estos productos mediante un manejo tecnificado que involucre las acciones de control de su vida útil y mantenimiento de su calidad.

### **Contenido**

Unidad I. Fisiología del crecimiento de productos hortofrutícolas y su relación con el manejo postcosecha.

Unidad II. Fisiología y bioquímica de la maduración y senescencia.

Unidad III. Principios bioquímicos y fisiológicos para el control de la maduración y senescencia.

## **CTA-637. Tecnología poscosecha de productos hortofrutícolas**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona horizontalmente con Sistemas de Inocuidad de productos hortofrutícolas frescos, Sistemas de producción hortofrutícola y Sistemas de calidad; verticalmente con Fisiología y bioquímica poscosecha de productos hortofrutícolas, Química de alimentos y bioprocessos y Administración y economía de la empresa agroalimentaria.

### **Objetivos**

- Analizar la importancia, problemática y retos del sector hortofrutícola de México, mediante la revisión de la información pública actualizada y disponible sobre el área cultivada, volumen y valor de la producción, volumen y valor de exportaciones, volumen y valor de pérdidas de las principales cinco o seis frutas y hortalizas más importantes de México, para sustentar la importancia y la justificación del estudio de tecnología poscosecha de estos productos, así como para atender su problemática debidamente identificada de manera eficiente.
- Examinar y analizar factores pre y poscosecha que determinan la calidad, maduración, senescencia y deterioro de diversos productos hortofrutícolas, a través de conferencias por parte del profesor, para que los estudiantes entiendan la lógica de la tecnología del manejo poscosecha de productos hortofrutícolas.
- Examinar la pertinencia, ventajas y desventajas de diversas operaciones básicas y especiales del manejo poscosecha de productos hortofrutícolas, mediante conferencias por parte del profesor y a través de lecturas específicas previas y mediante exposición oral por parte de los estudiantes, a fin de poder proponer mejoras al manejo poscosecha, acordes a la naturaleza de cada producto, exigencias y lejanía de mercados meta, costos y disponibilidad de recursos.
- Examinar las tecnologías poscosecha emergentes de mayor potencial de aplicación comercial en México, mediante conferencias por parte del profesor, para que los estudiantes sean capaces de diseñar sistemas de manejo poscosecha más adecuados, modernos y eficientes.

### **Contenido**

Unidad I. Importancia, problemática, pérdidas y retos del sector hortofrutícola de México en torno a la poscosecha, la calidad e inocuidad de los productos.

Unidad II. Factores pre y poscosecha y procedimientos tecnológicos de manejo que determinan la calidad, maduración, senescencia y deterioro de productos hortofrutícolas.

Unidad III. Operaciones básicas y especiales del manejo poscosecha de productos hortofrutícolas.

Unidad IV. Tecnologías emergentes del manejo poscosecha.

## **CTA-638. Inocuidad de productos hortofrutícolas frescos**

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona horizontalmente con Tecnología postcosecha de productos hortofrutícolas, y Sistemas de calidad; verticalmente con Fisiología y bioquímica postcosecha de productos hortofrutícolas, Química de alimentos y bioprocessos, Administración y economía de la empresa agroalimentaria y Sistemas de producción hortofrutícola.

### **Objetivo**

- Examinar la importancia, los programas de reducción de riesgos y los procesos de certificación de la inocuidad en frutas y hortalizas frescas, mediante conferencias, lectura, visitas técnicas a empresas y simulacros de auditorías de inocuidad a esas empresas, para la formación integral de los maestranentes en este importante y demandado tema de actualidad.

### **Contenido**

Unidad I. Importancia y antecedentes de la gestión de la garantía de inocuidad de productos hortofrutícolas.

Unidad II. Reducción de riesgos.

Unidad III. Gestión y evaluación de programas de reducción de riesgos.

## **CTA-651. Fundamentos de análisis instrumental de alimentos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos funcionales e innovadores. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; está relacionada de manera horizontal con el Proyecto de investigación I, y verticalmente se relaciona con Seminario de investigación I, III y Proyecto de investigación II-III.

### **Objetivo**

- Adquirir los fundamentos de análisis instrumental de alimentos, mediante el estudio de las fuerzas iónicas, fenómenos complejación y precipitación, movilidad electroforética, balances de materia en reacciones químicas, así como de la forma de aplicar las técnicas y procedimientos de análisis con precisión en el ámbito científico para el estudio de fenómenos novedosos, para comprender los principios que rigen el comportamiento de las moléculas en los sistemas coloidales y el desarrollo de nuevas tecnologías.

### **Contenido**

Unidad I. Fuerza iónica.

Unidad II. Seguimiento de reacciones de complejación y de precipitación mediante técnicas potenciométricas y espectrofotométricas.

Unidad III. Balance de masa en reacciones.

Unidad IV. Bases electroforéticas para la separación de biomoléculas.

## **CTA-652. Tecnología de alimentos funcionales**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos funcionales e innovadores. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 y 2 horas presenciales y estudio independiente por semana, respectivamente, equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente hacia atrás con las asignaturas de Fundamentos de análisis instrumental de alimentos y Química de alimentos y bioprocesos, y horizontalmente con las asignaturas de Tecnología de alimentos funcionales, Funcionalidad de los componentes lácteos, Propiedades de los sistemas alimenticios y su medición y Aplicación de enzimas en alimentos.

### **Objetivo**

Describir los principios fundamentales sobre la tecnología de los alimentos funcionales y nutracéuticos por medio de la legislación, evaluación y aplicación de las propiedades de estos ingredientes en la prevención y/o tratamiento de enfermedades relacionadas con la nutrición, a fin de comprender el impacto social de estos y su papel en el futuro de la alimentación.

### **Contenido**

Unidad I. Introducción a los alimentos funcionales.

Unidad II. Ingredientes bioactivos en alimentos funcionales.

Unidad III. Alimentos con propiedades que contribuyen a la salud.

## **CTA-653. Métodos para la protección de agentes bioactivos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos funcionales e innovadores. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; esta asignatura se relaciona verticalmente hacia atrás con la asignatura de Química de alimentos y bioprocessos, y horizontalmente con las asignaturas de Tecnología de alimentos funcionales, Funcionalidad de los componentes lácteos, propiedades de los sistemas alimenticios y su medición, Aplicación de enzimas en alimentos y Fundamentos de análisis instrumental de alimentos.

### **Objetivos**

- Analizar el uso potencial de diversos materiales grado alimenticio para la formación de matrices estructuradas, con base en sus propiedades funcionales individuales y combinadas, para la obtención de sistemas de protección de agentes bioactivos.
- Relacionar las capacidades de retención y de protección de agentes bioactivos de sistemas dispersos, con base en su formulación, método de obtención y características, para su aplicación eficiente en el desarrollo de alimentos funcionales.
- Demostrar responsabilidad, creatividad, disciplina y trabajo en equipo, a través de desempeño en el laboratorio, elaboración de reportes de prácticas y exposición y discusión de investigaciones bibliográficas, para el análisis y la selección de tecnologías de protección de agentes bioactivos a aplicar en la industria de los alimentos.

### **Contenido**

Unidad I. Conocimientos básicos para el desarrollo de alimentos funcionales.

Unidad II. Materiales usados para la formación de sistemas de protección: propiedades y aplicación.

Unidad III. Sistemas de protección de agentes bioactivos: formulación, método de obtención, características y aplicación.

Unidad IV. Métodos para evaluar la eficiencia de los sistemas de protección de agentes bioactivos.

## **CTA-654. Aplicación de enzimas en alimentos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos funcionales e innovadores. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente con Química de la leche, Proyecto de investigación I y las Optativas I, horizontalmente con Seminario de investigación II, Proyectos de investigación I y optativas II-IV.

### **Objetivos**

- Aplicar los conceptos teóricos y experimentales, mediante la elección y el diseño de experimentos, para separar principalmente compuestos orgánicos, purificarlos y generar datos físicos y espectroscópicos que permitan la elucidación de la estructura de un compuesto orgánico desconocido.
- Identificar los principios físicos y químicos que fundamentan cada método de separación mediante los aspectos experimentales e instrumentales, la información estructural que proporcionan los métodos de análisis espectroscópicos y el uso de la información estructural para reconocer la estructura del compuesto.
- Identificar las herramientas que ofrecen los métodos de separación y las técnicas de espectroscopía mediante su estudio teórico práctico para la caracterización de constituyentes orgánicos de alimentos, materiales y estructuras de interés medicinal y agroindustrial.

### **Contenido**

Unidad I. Enzimas en la Industria Agroalimentaria.

Unidad II. Cinética enzimática.

Unidad III. Procesos enzimáticos en la tecnología de alimentos.

## **CTA-655. Funcionalidad de los componentes lácteos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente hacia atrás con las asignaturas de Química de alimentos y horizontalmente con Fundamentos de análisis instrumental de alimentos, Bioprocessos, Tecnología de alimentos funcionales, Métodos para la protección de agentes bioactivos, Propiedades de los sistemas alimenticios y su medición y Aplicación de enzimas en alimentos.

### **Objetivos**

- Comprender las propiedades funcionales de la grasa láctea, de las lactoproteínas y sus derivados, con base en su composición química, características microestructurales e interacción con otros componentes de los alimentos para la selección adecuada de estos ingredientes en la formulación y desarrollo de alimentos funcionales e innovadores.
- Analizar el efecto de la sustracción parcial o total de la grasa láctea en las propiedades mecánico-sensoriales de alimentos, con base en las propiedades funcionales de este ingrediente, con la finalidad de determinar las características que deben presentar los ingredientes o sistemas dispersos potencialmente útiles, para sustituir la grasa láctea en alimentos procesados.
- Demostrar responsabilidad, disciplina y trabajo en equipo, a través del desempeño en el laboratorio, elaboración de reportes de prácticas y exposición y discusión de investigaciones bibliográficas, para el análisis y la selección adecuada de ingredientes lácteos en el desarrollo de alimentos con propiedades específicas.

### **Contenido**

Unidad I. Organización molecular y estructura supramolecular de los componentes de la leche.

Unidad II. Funcionalidad de la grasa láctea en alimentos y sistemas dispersos usados para su sustitución.

Unidad III. Funcionalidad de lactoproteínas y sus derivados en sistemas alimenticios.

## **CTA-656. Propiedades de los sistemas alimenticios y su medición**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Alimentos funcionales e innovadores. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente con Química de la leche, Fisiología y bioquímica poscosecha de productos hortofrutícolas y los seminarios de investigación; horizontalmente se relaciona con Microbiología de la leche; Funcionalidad de los compuestos lácteos y Métodos para la protección de agentes bioactivos.

### **Objetivo**

Analizar los diferentes sistemas dispersos que se encuentran en los alimentos mediante la caracterización de su composición, interacciones intermoleculares, propiedades reológicas y térmicas para aplicarlos en el desarrollo, estabilidad y aceptación de los alimentos donde son adicionados.

### **Contenido**

Unidad I. Propiedades termodinámicas del estado coloidal.

Unidad II. Propiedades mecánicas de sistemas alimenticios.

Unidad III. Fundamentos del análisis térmico y su aplicación en los sistemas coloidales.

## **CTA-657. Estructura y función de péptidos bioactivos**

Se describen las fuentes y métodos de obtención de péptidos bioactivos. Además, se analizan sus características estructurales y su relación con los diferentes tipos de actividad biológica, relevantes por su capacidad para ejercer un papel fundamental en la regulación y la modulación metabólica. Lo anterior, con la finalidad de que el estudiante sea capaz de proponer métodos de análisis y aplicaciones de los péptidos como nutracéuticos para la promoción de la salud y la reducción del riesgo de enfermedad. Finalmente, durante este curso, el alumno lleva a cabo la producción de péptidos bioactivos y la determinación de la actividad antioxidante. La evaluación está integrada por un proyecto de investigación, el cual formará parte de su protocolo de investigación.

### **Objetivo**

Identificar los aspectos químicos, bioquímicos y estructurales de los péptidos bioactivos; mediante el aprendizaje de información teórica y práctica, para su implementación en procesos de producción y análisis.

### **Contenido**

Unidad I. Concepto de péptidos bioactivos y propiedades generales.

Unidad II. Hidrólisis química y enzimática.

Unidad III. Actividad biológica de péptidos y su relación con la composición de aminoácidos y estructura molecular.

Unidad IV. Métodos para la determinación de actividad biológica de péptidos: antioxidante, antihipertensiva, antitrombótica y antimicrobiana.

Unidad V. Biodisponibilidad de péptidos bioactivos.

## **CTA-658. Bioquímica y fisiología microbiana**

La producción de diversos compuestos bioactivos está basada en procesos donde interviene microorganismos como hongos, bacterias y levaduras. La eficiencia de los procesos está determinada por el tipo de microorganismo y por los factores que favorecen o limitan su desarrollo. En esta asignatura se atienden procesos de enseñanza-aprendizaje que se basan en elementos de la termodinámica, la fisicoquímica, la fisiología y la bioquímica, todos ellos relacionados con procesos de producción de compuestos bioactivos basados en cinéticas microbianas.

### **Objetivo**

Construir un marco conceptual y aplicativo de la fisiología y bioquímica microbiana, a través de elementos relacionados con procesos de producción de compuestos bioactivos, para favorecer el desarrollo de alimentos funcionales.

### **Contenido**

Unidad I. Estructura de las células procariotas y eucariotas.

Unidad II. Nutrición y metabolismo microbiano.

Unidad III. Crecimiento microbiano.

## **CTA-671. Tópicos selectos de química orgánica en bioprocessos**

Esta asignatura corresponde a la LIES Bioprocessos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; tiene relación horizontal con los cursos Sistemas de calidad y las optativas 2, 3 y 4. El curso aporta elementos para las asignaturas de Proyecto de investigación y Seminario de investigación.

### **Objetivo**

- Proporcionar una base de conocimientos fundamentales en el área de la química orgánica mediante la consulta de textos especializados, artículos científicos y uso de TIC, para identificar la estructura y transformación que sufren las moléculas orgánicas durante los bioprocessos.

### **Contenido**

Unidad I. Representación estructural de moléculas orgánicas.

Unidad II. Isomería de compuestos orgánicos.

Unidad III. Reacciones y mecanismos de reacción de interés en los bioprocessos.

## **CTA-672. Bioprocessos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocessos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; a nivel vertical, la asignatura requiere de bases de química que debieron ser adquiridas en programas de nivel licenciatura o bien a través de los cursos de Química de alimentos y bioprocessos e Ingeniería de Control con los que se relaciona verticalmente. Por otro lado, la asignatura se relaciona horizontalmente con los cursos ofrecidos en la LIES de Bioprocessos Agroalimentarios.

### **Objetivos**

- Examinar los fundamentos involucrados en los bioprocessos a través de la comprensión de los agentes biológicos y leyes de conservación de materia y energía para aplicarlos en las investigaciones que contribuyan a resolver las interrogantes en bioprocessos.
- Analizar el diseño y operación de biorreactores, a través de estudios de caso para el fortalecimiento de la toma de decisiones en el diseño de experimentos en bioprocessos.

### **Contenido**

Unidad I. Perspectiva ingenieril de los bioprocessos.

Unidad II. Balances de materia y energía.

Unidad III. Ingeniería de bioprocessos.

Unidad IV. Desarrollos recientes de los bioprocessos.

## **CTA-673. Fenómenos de transporte en bioprocessos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocessos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente con Ingeniería de simulación de sistemas biológicos y horizontalmente con Bioprocessos.

### **Objetivo**

- Reconocer los fenómenos de transporte que se desarrollan en bioprocessos, principalmente en biorreactores, a través del estudio de los mecanismos de transferencia, para el modelado y simulación de biorreactores.
- Formular parámetros técnicos de operación de biorreactores a través de la evaluación de los fenómenos de transporte que caracterizan su funcionamiento, para favorecer el diseño y la construcción de este tipo de sistemas.

### **Contenido**

Unidad I. Introducción a los fenómenos de transporte y a los métodos para su estudio.

Unidad II. Transferencia de momentum en bioprocessos.

Unidad III. Transferencia de calor en bioprocessos.

Unidad IV. Transferencia de masa en bioprocessos.

## **CTA-674. Simulación de sistemas biológicos**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; a nivel vertical, la asignatura requiere de bases de matemáticas avanzadas para ingeniería, tanto de matemática simbólica como numérica, las cuales debieron ser adquiridas en programas de nivel licenciatura. Asimismo, requiere de bases en el área de los fenómenos de transporte de calor, masa y momentum. Horizontalmente se relaciona con Bioprocesos agroalimentarios e Ingeniería de sistemas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas.

### **Objetivos**

- Describir sistemas biológicos a través de la representación matemática de su comportamiento, para favorecer el diseño y optimización de bioprocesos agroalimentarios.
- Evaluar el comportamiento de sistemas biológicos a través del uso de técnicas de modelado y la programación de su funcionamiento con técnicas computacionales en distintas condiciones, para favorecer su diseño y optimización.

### **Contenido**

Unidad I. Introducción al modelado matemático de sistemas biológicos.

Unidad II. Leyes fundamentales.

Unidad III. Simulación de procesos.

Unidad IV. Estudios de caso por simulación.

## **CTA-675. Ingeniería de control**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el primer semestre. Consta de dos unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente con Fenómenos de transporte en bioprocessos y Simulación de sistemas biológicos.

### **Objetivo**

Desarrollar los modelos matemáticos que describen el comportamiento dinámico los procesos, obtenidos a partir de las leyes de la física o de datos experimentales, para el diseño de mecanismo de control que optimicen su funcionamiento.

### **Contenido**

Unidad I. Fundamentos del control de procesos.

Unidad II. Métodos básicos de análisis y diseño de sistema de control.

## **CTA-676. Metabolitos secundarios de productos y subproductos agrícolas**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de tres unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; esta asignatura, verticalmente, requiere de las bases químicas adquiridas durante la licenciatura en los cursos de Química orgánica y bioquímica, así como de Química de alimentos y bioprocesos. El curso aporta elementos para las asignaturas de Proyecto de investigación II-III, Seminario de investigación II-III. Tiene relación horizontal con los cursos de Sistemas de calidad y las optativas que imparte la LIES Bioprocesos agroalimentarios.

### **Objetivos**

- Identificar el tipo de metabolitos secundarios en frutas y hortalizas mediante el estudio de las rutas metabólicas que les dan origen para comprender sus propiedades estructurales.
- Describir los cambios de metabolitos secundarios en frutas y hortalizas durante la maduración y postcosecha, mediante el análisis de su proceso de degradación para ofrecer alternativas de su conservación.
- Aislar metabolitos secundarios en frutas y hortalizas aplicando técnicas analíticas para identificar su naturaleza química.

### **Contenido**

Unidad I. Biosíntesis de los metabolitos secundarios.

Unidad II. Metabolitos secundarios en los alimentos.

Unidad II. Metabolitos secundarios en residuos de la industria agroalimentaria.

## **CTA-677. Métodos de separación y de análisis espectroscópico**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en la sesión de verano. Consta de cinco unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; está relacionada horizontalmente con los cursos de Tópicos selectos de química orgánica en bioprocessos, Bioprocessos y Metabolitos secundarios de productos y subproductos agrícolas, y verticalmente con Seminario de investigación y Proyecto de investigación.

### **Objetivo**

- Relacionar los conocimientos básicos y tecnológicos de las enzimas, mediante la evaluación de sus aspectos químicos, bioquímicos y estructurales, para su implementación en procesos de manufactura, conservación, desarrollo e innovación de alimentos.

### **Contenido**

Unidad I. Introducción a los procesos de separación.

Unidad II. Cromatografía.

Unidad III. Extracción por fluidos supercríticos.

Unidad IV. Separación por membranas y adsorción.

Unidad V. Métodos de análisis espectroscópicos.

## **CTA-678. Ingeniería de sistemas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas**

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos agroalimentarios. Es de carácter electivo que se imparte en el segundo semestre. Consta de cuatro unidades, una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; a nivel vertical, la asignatura requiere de bases de bioquímica y fisiología postcosecha que debieron ser adquiridas en programas de nivel licenciatura o bien a través del curso de Fisiología y bioquímica postcosecha de productos hortofrutícolas, la relación horizontal con Simulación de sistemas biológicos.

### **Objetivos**

- Caracterizar factores de deterioro de un producto hortofrutícola manejado en fresco a través de rutinas experimentales que hagan variar las condiciones de manejo postcosecha, para el desarrollo de procesos que permitan alargar la vida de anaquel.
- Formular parámetros técnicos de operaciones de empaque de productos hortofrutícolas frescos o semiprocesados, a través de la consideración de su morfología, propiedades fisiológicas, físicas y su afectación por diversos factores de deterioro, para el desarrollo de procesos que permitan un adecuado manejo en postcosecha y la conservación de sus atributos de calidad.

### **Contenido**

Unidad I. Estructura de un almacenamiento postcosecha de productos hortofrutícolas.

Unidad II. Enfriamiento y almacenamiento a baja temperatura.

Unidad III. Modificación de la atmósfera circundante.

Unidad IV. Recubrimientos poliméricos.

## **15. Sinopsis del currículum vitae del personal académico**

En este apartado se da una breve descripción de la formación académica de cada uno de los profesores integrantes del Núcleo Académico del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

### **Aguirre Mandujano, Eleazar**

Ingeniero Químico, FES Cuautitlán-UNAM (1989).

Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Iberoamericana (1998).

Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2009).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II.

Temáticas: Propiedades fisicoquímicas, reológicas y difusivas de sistemas dispersos

LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

### **Corrales García, José Joel Enrique**

Ingeniero Agrónomo Especialista en Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo (1980).

Maestro en Ciencias en Fruticultura, Colegio de Postgraduados (1986).

Doctor en Ciencias en Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados (1995).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Temáticas: Fisiología y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas.

LIES: Alimentos frescos y procesados.

### **Espejel García, Anastacio**

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo (2000).

Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo (2005).

Master Oficial en Desarrollo Económico y Cooperación Internacional, Universidad de Murcia, España (2009).

Doctor en Problemas Económicos Agroindustriales, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo (2010).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II.

Temáticas: Innovación agroalimentaria, redes de valor, alimentos tradicionales vinculados al origen geográfico.

LIES: Alimentos frescos y procesados.

### **Espinosa Solares, Teodoro**

Ingeniero Agrónomo Especialista en Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo (1985).

Maestro en Ciencias en Ingeniería de Productos Biológicos, ENCB-Instituto Politécnico Nacional (1993).

Doctor en Ciencias Químicas, Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México (1998).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II.

Temáticas: Bioprocessos, metagenómica en biosistemas agroalimentarios.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

## **Flores Girón, Emmanuel**

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo (2007).

Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo (2010).

Doctor en Biotecnología, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV).(2016)

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Temáticas: Tecnología de productos lácteos y Bioconservación de alimentos frescos y procesados

LIES: Alimentos frescos y procesados.

## **Guerra Ramírez, Diana**

Químico Farmacéutico Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México (1987).

Doctor en Ciencias en Química Orgánica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (2007).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Temáticas: Fitoquímica y propiedades nutracéuticas de alimentos.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

## **Hernández Montes, Arturo**

Ingeniero Agrónomo Especialista en Industrias Agrícolas, Escuela Nacional de Agricultura- Universidad Autónoma Chapingo (1978).

Master of Science en Ciencia de los Alimentos, Universidad de Reading, Inglaterra (1984).

Doctor of Philosophy, in Food Sciences, Universidad del Estado de Kansas, E.U.A. (1993).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Temáticas: Propiedades de los alimentos, evaluación sensorial.

LIES: Alimentos frescos y procesados.

## **Hernández Rodríguez, Blanca Elizabeth**

Ingeniero en Alimentos, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (1999).

Maestro en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2003).

Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2012).

Posdoctorado, Universidad Autónoma Chapingo (2014).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel Candidata.

Temática: Enzimología de alimentos, fermentación en medio sólido.

LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

## **Hernández Rodríguez, Landy**

Ingeniería Bioquímica Industrial, Universidad Autónoma Metropolitana (2003).  
Maestro en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2006).  
Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2014).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.  
Temática: Microencapsulación de compuestos bioactivos; extracción de bioactivos de residuos alimenticios.  
LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

## **Lobato Calleros, Consuelo Silvia Olivia**

Licenciatura en Química, Universidad Iberoamericana (1976).  
Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Iberoamericana (1987).  
Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana (1998).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores: Emérita.  
Temáticas: Formulación, estructuración y estudio de sistemas dispersos alimenticios.  
LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

## **Pérez López, Artemio**

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo (1998).  
Maestro en Ciencias en Fruticultura, Colegio de Postgraduados (2003).  
Doctor en Ciencias en Fruticultura, Colegio de Postgraduados (2014).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.  
Temáticas: Modelado de bioprocessos.  
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

## **Reyes Trejo, Benito**

Licenciatura en Química, Universidad Nacional Autónoma de México (1981).  
Maestro en Química Orgánica, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (1988). Doctor en Ciencias en Química Orgánica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (2006).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.  
Temáticas: Química de productos naturales, fitoquímica y farmacología de plantas medicinales.  
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

## **Sandoval Castilla, Ofelia**

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo (2002).  
Especialidad en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2006).  
Doctor en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana (2010).  
Temáticas: Propiedades de los alimentos.  
LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

### **Valle Guadarrama, Salvador**

Ingeniero Agrónomo, especialista en Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo (1985).  
Maestro en Ciencias de la Ingeniería Química, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE), Instituto Politécnico Nacional (1995).  
Doctor en Ciencias en Fisiología Vegetal, Colegio de Posgraduados (2003).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II.  
Temáticas: Tecnología postcosecha. Ingeniería de alimentos.  
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

### **Ybarra Moncada, Ma. Carmen**

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo (1990).  
Maestro en Ciencias en Estadística Aplicada, Colegio de Postgraduados (1999).  
Doctor of Philosophy, in Applied Statistics, The University of Reading, UK. (2009).  
Temáticas: Diseños experimentales. Estadística multivariada.  
LIES: Alimentos frescos y procesados.

### **Zuleta Prada, Holber**

Químico, Universidad del Valle, Cali, Colombia (2002).  
Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (2010).  
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.  
Temáticas: Productos naturales y síntesis orgánica.  
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

## 16. Referencias

- Achinas, S., Achinas, V. y Euverink, G. J. W. (2017). Una visión general tecnológica de la producción de biogás a partir de biorresiduos. *Ingeniería*, 3(3), 299-307. <http://dx.doi.org/10.1016/I.ENG.2017.03.002>
- Agarwal, A., Prakash, O., & Bala, M. (2021). Camelina sativa, a short gestation oilseed crop with biofuel potential: Opportunities for Indian scenario. *Oil Crop Science*, 6(3), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.07.001>
- Aguilar-Moreno, G. S., Navarro-Cerón, E., Velázquez-Hernández, A., Hernández-Eugenio, G., Aguilar-Méndez, M. Á., & Espinosa-Solares, T. (2020). Enhancing methane yield of chicken litter in anaerobic digestion using magnetite nanoparticles. *Renewable Energy*, 147, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.111>
- Almasi, L., Radi, M., Amiri, S., & McClements, D. J. (2021). Fabrication and characterization of antimicrobial biopolymer films containing essential oil-loaded microemulsions or nanoemulsions. *Food Hydrocolloids*, 117, 106733. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106733>
- Alongi, M., & Anese, M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81, 104466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G., & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, 6(4), 42. <https://doi.org/10.3390/plants6040042>
- Avilés-Gaxiola, S., Chuck-Hernández, C., & Serna Saldivar, S. O. (2018). Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: a review. *Journal of food science*, 83(1), 17-29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13985>
- BANXICO (2024). Sistema de información económica. Balanza de productos agropecuarios <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE122&locale=es> Fecha de consulta: 21 de diciembre de 2024.
- Barrera, G. P., Ghiringhelli, P. D., Mosher, S., Caro-Quintero, A., Massart, S., & Belaich, M. N. (2018). Las ómicas en el control biológico. *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: aplicaciones y perspectivas* (952-987). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Bechthold, A.; Boeing, H.; Schwedhelm, C.; Hoffmann, G.; Knüppel, S.; Iqbal, K.; De Henauw, S.; Michels, N.; Devleesschauwer, B.; Schlesinger, S.; et al. (2017). Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017, 1–20. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2017.1392288>
- Bellache, M., Torres-Pagan, N., Verdeguer, M., Benfekih, L. A., Vicente, O., Sestrás, R. E., ... & Boscaiu, M. (2022). Essential oils of three aromatic plant species as natural herbicides for environmentally friendly agriculture. *Sustainability*, 14(6), 3596. <https://doi.org/10.3390/su14063596>
- Bhavaniramya, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & oil science and technology*, 2(2), 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001>
- Boye J., I., & Arcand, Y. (2013). Currents trends in green technologies in food processing. *Food Engineering Reviews*, 5, 1-17.
- Brambila, P. J. J., Rojas, R. M.M., & Martínez, D. M. A. (2019). *Ecología y rentabilidad: el caso de los ganaderos lecheros*. México: Universidad Autónoma Chapingo
- Burg, V., Bowman, G., Haubensak, M., Baier, U., & Thees, O. (2018). *Valorization of an untapped resource: Energy and greenhouse gas emissions benefits of converting manure to biogas through anaerobic digestion*. Resources, Conservation and Recycling. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.004>
- Caro, D. (2019). *Greenhouse Gas and Livestock Emissions and Climate Change*. In P. Ferranti, E. M. Berry, & J. R. Anderson (Eds.), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability* (pp. 127

- 228–232). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X)
- Cervantes-Escoto, F., Islas-Moreno, A., & Camacho-Vera, J. H. (2019). Innovando la quesería tradicional mexicana sin perder artesanabilidad y genuinidad. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29(54). <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.794>
- Champagne, C.P., Gomes da Cruz, A., & Daga, M. (2018). Strategies to improve the functionality of probiotics in supplements and foods. *Current Opinion in Food Science*, 22:160–166.
- CONEVAL. (2023). Medición de la pobreza. Pobreza en México. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza/Indicadores.aspx> Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2023. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
- Consejo Mexicano de la Carne. (2018). *Compendio Estadístico 2018*. Recuperado el 17 de octubre de 2019 de <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2019/04/Compendio-Estadi%C3%A9stico-2018-VF.pdf>
- Covarrubias V., A., & Dufour-Poirier, M. (2022). El T-MEC y la tercera generación de arreglos laborales: De las experiencias previas en Latinoamérica al futuro previsible para las relaciones industriales mexicanas. *Norteamérica*, 18(1). <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2023.1.591>
- Crispín-Isidro, G., Hernández-Rodríguez, L., Ramírez-Santiago, C., Sandoval-Castilla, O., & Lobato-Calleros, C., Vernon-Carter, E.J. (2019). Influence of purification on physicochemical and emulsifying properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 93, 402-412.
- Dakal, T. C., & Dhabhai, B. (2019). *Current status of genetic & metabolic engineering and novel QTL mapping-based strategic approach in bioethanol production*. Gene Reports, 17, 100497. doi:<https://doi.org/10.1016/j.genrep.2019.100497>
- Dandu, M. S. R., & Nanthagopal, K. (2019). *Tribological aspects of biofuels – A review*. Fuel, 258, 116066. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116066>
- Delors, J. (1994). UNESCO. Los cuatro pilares de la educación. <https://www.uv.mx/dgdaie/files/2012/11/CPP-DC-Delors-Los-cuatro-pilares.pdf>
- Dewey, J. (2004). Experiencia y educación. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.
- DOF. (1974). *Ley que crea la Universidad Autónoma Chapingo*. México: Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 1974.
- DOF. (1977). *Decreto Presidencial que modifica la Ley que crea la Universidad Autónoma Chapingo*. México: Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 1977.
- DOF. (2019b). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación. México.
- DOF. (2019a). Ley General de Educación Superior. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2023). Ley General en Materia De Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación. Diario Oficial de la Federación. México.
- Escaith, H. (2021). From NAFTA to USMCA: can a good idea that came too late be born again? *Norteamérica*, 16(2). <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2021.2.517>
- European Commission. (2010). Food for thought, health, repair... it's functional food. Recuperado el 12 de diciembre de 2013, de CALLER=EN\_NEWS&ACTION=D&RCN=32204.
- FAO. (2017). [El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura](#)
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2023a). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, FAO. <http://doi.org/10.4060/cc6550es>
- FAO, FIDA, OPS, PMA y UNICEF. (2023b). América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y la nutrición 2023: Estadísticas y tendencias. Santiago. <https://doi.org/10.4060/cc8514es>
- FAO. (2021). [Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional- América Latina y el Caribe 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura](#). <https://doi.org/10.4060/cc3859es>
- Friedrich, J., Bunker, I., Uthes, S., & Zscheischler, J. (2021). The potential of bioeconomic innovations to contribute to a social-ecological transformation: a case study in the livestock system. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 34(4), 24. <https://doi.org/10.1007/s10806-021-09866-z>
- Flores, V. J. J., Gómez, C. M. Á., Sánchez, P. V., Muñoz, R. M., López, G. E., & Díaz, C. S. (1987). Agroindustria, conceptualización, niveles de estudio y su importancia en el análisis de la agricultura. *Revista de Geografía Agrícola*, 11–12, 10–22.
- Ganesan, R., Manigandan, S., Samuel, M. S., Shanmuganathan, R., Brindhadevi, K., Chi, N. T. L., ... & Pugazhendhi, A. (2020). A review on prospective production of biofuel from microalgae.

- Biotechnology Reports, 27, e00509.  
<https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00509>
- Gao, H., Mao, Y., Zhao, X., Liu, W. T., Zhang, T., & Wells, G. (2019). Genome-centric metagenomics resolves microbial diversity and prevalent truncated denitrification pathways in a denitrifying PAO-enriched bioprocess. Water research, 155, 275-287.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.020>
- Giménez, A., Montoli, P., Curutchet, M. R., & Ares, G. (2021). Strategies to reduce losses and waste of fruits and vegetables in the last stages of the agrifood-chain: advances and challenges. Agrociencia Uruguay, 25(nspe2).  
<https://doi.org/10.31285/AGRO.25.813>
- Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Abdullah, N. A., Goksen, G., ... & Lorenzo, J. M. (2023). Food processing 4.0: Current and future developments spurred by the fourth industrial revolution. Food Control, 109507.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109507>
- Hayat, K., Afzal, M., Aqueel, M. A., Ali, S., Khan, Q. M., & Ashfaq, U. (2018). Determination of insecticide residues and their adverse effects on blood profile of occupationally exposed individuals. Ecotoxicology and Environmental Safety, 163, 382-390.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.004>
- Hernández Pérez, J. L. (2021). La agricultura mexicana del TLCAN al TMEC: consideraciones teóricas, balance general y perspectivas de desarrollo. *El Trimestre Económico*, 88(352), 1121–1152.  
<https://doi.org/10.20430/ete.v88i352.1274>
- Hernández-Tenorio, F., & Orozco-Sánchez, F. (2020). Nanoformulaciones de Bioinsecticidas Botánicos Para El Control de Plagas Agrícolas. Revista de la Facultad de Ciencias, 9(1), 72-91. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.81401>
- Hiloidhari, M., Bhuyan, N., Gogoi, N., Seth, D., Garg, A., Singh, A., ... Kataki, R. (2020). 16 - Agroindustry wastes: biofuels and biomaterials feedstocks for sustainable rural development. In R. P. Kumar, E. Gnansounou, J. K. Raman, & G. Baskar (Eds.), Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts (pp. 357–388).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818996-2.00016-8>
- IFCO (International Food Container Organization. (2023). Desperdicio de alimentos por países: ¿quién desperdiciará más en 2023? <https://www.ifco.com/es/que-pais-desperdicia-mas-alimentos/>
- INFOAGRO. (2018). Retos y oportunidades del sistema agroalimentario. <https://mexico.infoagro.com/retos-y-oportunidades-del-sistema-agroalimentario/>. Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2022.
- IMCO. (2022). Brecha Salarial de Género. Un comparativo sectorial e internacional. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.. <https://imco.org.mx/brecha-salarial-de-genero/>. Fecha de consulta: 02 de enero de 2023.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática]. (2023a). Estadísticas a propósito del día mundial de la población. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP\\_DMPO23.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP_DMPO23.pdf)
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática]. (2023b). Indicadores de ocupación y empleo. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/enoen/enoen2023\\_03.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/enoen/enoen2023_03.pdf)
- INEGI. (2020). Tasa de crecimiento media anual de la población por entidad federativa, años censales 2000, 2010 y 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, 2020.. [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion\\_Poblacion\\_03\\_13b8bdfe-8744-4623-a652-03cb6901fd47](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion_Poblacion_03_13b8bdfe-8744-4623-a652-03cb6901fd47) Fecha de consulta: 21 de diciembre de 2022.
- Jain, P.N., Rathod, M.H., Vineet, J.C., & Vijayendraswamy, S.M. (2018). Current regulatory requirements for registration of nutraceuticals in India and USA. International Journal of Drug Regulatory Affairs, 6(2):22-29.
- Kerr, W. A. (2020). Agriculture in the United States, Mexico, Canada Agreement: Agreeing to keep things pretty much the same. Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie, 68(1), 127–134.  
<https://doi.org/10.1111/cjag.12212>
- Kim, J.Y., Kim, S.J., & Jeong, S. (2019). Regulations on health/functional foods in Korea. En *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World*. Tercera edición. Bagchi, D. (Ed.). pp. 497-507. Academic Press: Nueva York, USA.
- Lacasta, J., Lopez-Pellicer, F. J., Espejo-García, B., Nogueras-Iso, J., & Zarazaga-Soria, F. J. (2018). Agricultural recommendation system for crop protection. Computers and Electronics in Agriculture, 152, 82-89.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.049>
- Laskowski, W., Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Czecztok, M., & Zwolińska, J. (2019). How important are cereals and cereal products in the average polish diet?. Nutrients, 11(3), 679.  
<https://doi.org/10.3390/nu11030679>
- Latour, B. (2005). Reassembling the social. An introduction to actor-

- network-theory. Oxford: Oxford university Press.
- Lau, W. W. Y., Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, J. Koskella (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution, *Science* 369(6510): 1455-1461. doi: 10.1126/science.aba9475.
- Leonard, M.M.; Sapone, A.; Catassi, C.; Fasano, A. Celiac. (2017). Disease and Nonceliac Gluten Sensitivity. *Jama*, 318(7), 647–656. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.9730>
- Li, P., Sakuragi, K., & Makino, H. (2019). Extraction techniques in sustainable biofuel production: A concise review. *Fuel Processing Technology*, 193, 295–303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.05.009>
- López-Cózar, N. C., Benito-Hernández, S., & Priede-Bergamini, T. (2020). Identificación de los factores principales asociados a la elección de grados universitarios en el ámbito agroalimentario. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 31(3), 26–44.
- López-Yerena, A., Guerra-Ramírez, D., Reyes-Trejo, B., Salgado-Escobar, I., & Cruz-Castillo, J. G. (2022). Waste from *Persea schiediana* fruits as potential alternative for biodiesel production. *Plants*, 11(3), 252. <https://doi.org/10.3390/plants11030252>
- Luo, Y., Kurian, V., & Ogunnaike, B. A. (2021). Bioprocess systems analysis, modeling, estimation, and control. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 33, 100705. doi:<https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100705>
- Malathy, R., Prabakaran, M., Kalaiselvi, K., Chung, I. M., & Kim, S. H. (2020). Comparative polyphenol composition, antioxidant and anticorrosion properties in various parts of panax ginseng extracted in different solvents. *Applied Sciences*, 11(1), 93. <https://dx.doi.org/10.3390/app11010093>
- Moradinezhad, F., & Dorostkar, M. (2021). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality attributes and sensory evaluation of fresh jujube fruit. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 82-94. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1858470>
- NASA. (2022). National Aeronautics and Space Administration, NASA GISS: NASA news & Feature Releases: NASA, NOAA data show 2016 warmest Year on Record globally, (n.d.). <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/> (accessed december 16, 2022).
- National Geographic. (2022). ¿Qué son los biocombustibles? <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-son-los-biocombustibles> Fecha de consulta: 14 de enero de 2023.
- Newberry, C.; McKnight, L.; Sarav, M.; Pickett-Blakely, O. (2017). Going Gluten Free: The History and Nutritional Implications of Today's Most Popular Diet. *Curr. Gastroenterol. Rep.* 19, 54. <https://doi.org/10.1007/s11894-017-0597-2>
- Nooshkam, M., & Varidi, M. (2020). Maillard conjugate-based delivery systems for the encapsulation, protection, and controlled release of nutraceuticals and food bioactive ingredients: A review. *Food Hydrocolloids* 100 (2020) 105389.
- Nowak, E., Livney, Y.D., Niuc, Z., & Singh, H. (2019). Delivery of bioactives in food for optimal efficacy: What inspirations and insights can be gained from pharmaceuticals? *Trends in Food Science & Technology*, 91, 557–573.
- ONU. (2015). *A/RES/70/1. Asamblea General. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas.
- OPS. (2022). PANAFTOSA advierte que las enfermedades transmitidas por alimentos pueden ser evitadas con acciones preventivas desde el campo a la mesa. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/noticias/7-6-2022-panaftosa-advierte-que-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-pueden-ser> Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2022.
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., ... y Cefola, M. (2022). Tecnologías poscosecha emergentes para mejorar la vida útil de frutas y verduras: una visión general. *Alimentos*, 11(23), 3925. <https://doi.org/10.3390/foods11233925>
- Pang, T. Y., & Fard, M. (2020). Reverse Engineering and Topology Optimization for Weight-Reduction of a Bell-Crank. *Applied Sciences-Basel*, 10(23), 8568. <https://doi.org/10.3390/app10238568>
- Parthiban, K. S., Pandian, S., & Subramanian, D. (2021). Conventional and in-situ transesterification of *Annona squamosa* seed oil for biodiesel production: Performance and emission analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101593. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101593>
- Pellegrini, N., Vitaglione, P., Granato, D., & Fogliano, V. (2020). Twenty-five years of total antioxidant capacity measurement of foods and biological fluids: merits and limitations. *Journal of the*

- Science of Food and Agriculture, 100(14), 5064-5078.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9550>
- Perera, W. H., & McChesney, J. D. (2021). Approaches toward the separation, modification, identification and scale up purification of tetracyclic diterpene glycosides from Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni. Molecules, 26(7), 1915. <https://doi.org/10.3390/molecules26071915>
- Pradhan, P., Mahajani, S. M., & Arora, A. (2018). Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. Fuel Processing Technology, 181, 215–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.09.021>
- Pretorius, B., & Schönfeldt, H. C. (2023). Opportunities for higher education institutions to develop sustainable food systems in Africa. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1147115>
- PROFECO. (2022). Evita el desperdicio de alimentos. Procuraduría Federal del Consumidor. <https://www.gob.mx/profeco/documentos/evita-el-desperdicio-de-alimentos?state=published> Fecha de consulta: 23 de diciembre de 2022.
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2023). Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 17(2), 947–979. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>
- Rajha, H. N., Paule, A., Aragonès, G., Barbosa, M., Caddeo, C., Debs, E., ... & Edeas, M. (2022). Recent advances in research on polyphenols: effects on microbiota, metabolism, and health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(1), 2100670. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202100670>
- Reynolds, A.; Mann, J.; Cummings, J.; Winter, N.; Mete, E.; Te Morenga, L. Carbohydrate quality and human health: A series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet* (London, England) 2019, 393, 434–445. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9)
- Rodríguez-Leyton, M. (2019). Desafíos para el consumo de frutas y verduras. Revista de la facultad de medicina humana, 19(2), 105-112. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v19.n2.2077>
- Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter J., M., & Bressollier, P. (2013). An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 1-16.
- SADER. (2020). En el tema agropecuario estamos preparados para el T-MEC. Retrieved from <http://www.gob.mx>
- SADER. (2022). Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo rural 2020-2024. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México.
- Schlembach, I., Grünberger, A., Rosenbaum, M. A., & Regestein, L. (2021). Measurement techniques to resolve and control population dynamics of mixed-culture processes. *Trends in biotechnology*, 39(10), 1093-1109. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.01.006>
- Sellitto, V.M.; Zara, S.; Fracchetti, F.; Capozzi, V.; Nardi, T. Microbial Biocontrol as an Alternative to Synthetic Fungicides: Boundaries between Pre- and Postharvest Applications on Vegetables and Fruits. *Fermentation* 2021, 7, 60. <https://doi.org/10.3390/fermentation7020060>
- Shamah, L. T. (2023). Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT Continua 2022. Centro de Investigación en Evaluación y Encuestas CIEE.
- SIAP. (2019). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. (2019b). Documentos. Recuperado el 17 de octubre de 2019, de <https://www.gob.mx/siap/es/archivo/documentos?idiom=es&order=DESC&page=6>.
- Stamenković, O. S., Siliveru, K., Veljković, V. B., Banković-Ilić, I. B., Tasić, M. B., Ciampitti, I. A., ... & Prasad, P. V. (2020). Production of biofuels from sorghum. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109769. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109769>
- Su, C. H., Nguyen, H. C., Pham, U. K., Nguyen, M. L., & Juan, H. Y. (2018). Biodiesel production from a novel nonedible feedstock, soursop (*Annona muricata* L.) seed oil. *Energies*, 11(10), 2562. <https://doi.org/10.3390/en11102562>
- Sun-Waterhouse, D. (2011). The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 899–920.
- UNESCO. (2020). Aprender a transformarse con el mundo: Educación para la supervivencia futura. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374923\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374923_spa)
- UACH-UPOM. (2009). Universidad Autónoma Chapingo-Unidad de Planeación Organización y Métodos. *Plan de Desarrollo Institucional 2009-2025. Universidad Autónoma Chapingo- Unidad de Planeación, Organización y Métodos*. Chapingo, México. Recuperado el 10 de diciembre 2012, de <http://portal.chapingo.mx/upom/pdi.html>.
- UPOM. (2023). Código de ética. Unidad de Planeación,

- Organización y Métodos. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Tobón, S. (2017). *Ejes esenciales de la sociedad del conocimiento y la socioformación*. Mount Dora (USA): Kresearch. DOI: dx.doi.org/10.24944/isbn.978-1-945721-18-2. <https://cife.edu.mx/recursos/ejes-esenciales-de-la-sociedad-del-conocimiento-y-la-socioformacion/>
- Tobón, S., Gonzalez, L., Nambo, J. S., & Vazquez, A. J. M. (2015). La Socioformación: Un Estudio Conceptual. *Paradigma*, 36(1), 7-29. <https://doi.org/10.1111-22512015000100002>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*. Netherland: Universiteit Leiden.
- Vargas-Campos, L., Valle-Guadarrama, S., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno, Y., Lobato-Calleros, C., & Calvo-López, A. D. (2018). Encapsulation and pigmenting potential of betalains of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruit. *Journal of food science and technology*, 55, 2436-2445. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3161-7>
- Varize, C. S., Bücker, A., Lopes, L. D., Christofoli-Furlan, R. M., Raposo, M. S., Basso, L. C., & Stambuk, B. U. (2022). Increasing ethanol tolerance and ethanol production in an industrial fuel ethanol *Saccharomyces cerevisiae* strain. *Fermentation*, 8(10), 470. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100470>
- Zanetti, F., Isbell, T. A., Gesch, R. W., Evangelista, R. L., Alexopoulou, E., Moser, B., & Monti, A. (2019). Turning a burden into an opportunity: Pennywort (*Thlaspi arvense* L.) a new oilseed crop for biofuel production. *Biomass and Bioenergy*, 130, 105354. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105354>
- Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13394. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321–335. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>
- Zscheischler, J., Brunsch, R., Rogga, S., & Scholz, R. W. (2022). Perceived risks and vulnerabilities of employing digitalization and digital data in agriculture – Socially robust orientations from a transdisciplinary process. *Journal of Cleaner Production*, 358, 132034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132034>



## **17. Acuerdos de aprobación y registro**

El Proyecto Educativo y el Plan de Estudios del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria fueron aprobados por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial en fecha 28 de septiembre de 2023 y por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo en fecha 6 de noviembre de 2023, según siguientes Acuerdos:

### **17.1. Por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial (CODIA)**

**Acuerdo 1-SE-28septiembre2023:** “Con base en la solicitud del Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, en oficio número 2457 del 25 de septiembre 2023, y la revisión del Documento Anexo, este H. CODIA APRUEBA el Proyecto Educativo de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria en su versión septiembre de 2023”.

**Acuerdo 2-SE-28septiembre2023:** “Con base en la solicitud del Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, en oficio número 2457 del 25 de septiembre 2023, y la revisión del Documento Anexo, este H. CODIA APRUEBA el Plan de Estudios de la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria en su versión septiembre de 2023”.

### **17.2. Por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo**

**Acuerdo 1227-6.** El H. Consejo Universitario acuerda:

- a) Aprobar la actualización del Plan de Estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.
- b) Autorizar el registro al interior de la Universidad Autónoma Chapingo y ante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública (SEP) del nuevo Plan de Estudios del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, a partir del ciclo escolar 2024-2025, teniendo como lugar de adscripción al Departamento de Ingeniería Agroindustrial.
- c) Considerar al Programa Educativo de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria de nivel posgrado, y otorgar el título de Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria o Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

### **17.3. Registro de Actualización ante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en fecha 20 de marzo de 2025 con clave de carrera 515587 y folio 3230963.**

**17.4. Alineación a los criterios del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) por la Subdirección de Planes y Programas de Estudio de la Universidad Autónoma Chapingo en fecha 22 de octubre de 2025.**

Octubre de 2025