

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

Plan de estudios

Actualización

octubre de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO



DCA
Doctorado en Ciencias Agroalimentarias

**Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias
con registro 342607**

en la Dirección General de Profesiones (DGP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP), con actualización y alineación al Sistema de Evaluación y Acreditación Superior (SEAES) aprobada por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo en fecha 30 de junio de 2025, según acuerdo 1263-8 y registro de la actualización en DGP-SEP el 20 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 Doctorado en Ciencias Agroalimentarias

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

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	4
3.	Fundamentación pedagógica y científico-tecnológica	6
3.1.	Modelo educativo en la UACH	6
3.2.	Enfoque educativo por objetivos	11
3.3.	Fundamentación científico-tecnológica	12
3.3.1.	3.3.1. Entorno socioeconómico.....	12
3.3.2.	El sistema agroalimentario.....	18
3.3.3.	Tendencias en la agroindustria.....	19
3.3.4.	Tendencias de la ciencia y la tecnología de alimentos.....	22
3.3.5.	Alimentos frescos y procesados	23
3.3.6.	Alimentos funcionales e innovadores.....	30
3.3.7.	Bioprocessos agroalimentarios	31
3.3.8.	Demanda social.....	36
4.	Ámbitos del profesional.....	38
4.1.	Campos de acción	38
4.2.	Esferas de actuación.....	38
4.3.	Funciones generales del profesional	39
4.3.1.	Investigación y desarrollo (I+D):.....	39
4.3.2.	Docencia y formación:	39
4.3.3.	Consultoría y asesoramiento:	39
4.3.4.	Gestión y supervisión:	39
4.3.5.	Innovación y emprendimiento:.....	39
4.3.6.	Gestión ambiental y sostenible:.....	39
4.3.7.	Colaboración intersectorial:.....	40
4.4.	Sistema de conocimientos, habilidades, valores y actitudes.....	40
4.4.1.	Sistema de conocimientos	40
4.4.2.	Sistema de habilidades	41
4.4.3.	Sistema de valores	41
4.4.4.	Sistema de actitudes. SEAES.....	41

5.	Elementos del plan de estudios	42
5.1.	Misión y Visión del Programa Educativo.....	42
5.1.1.	Misión	42
5.1.2.	Visión	42
5.2.	Objeto de estudio	42
5.3.	Objetivos generales y específicos.....	43
5.3.1.	Objetivos generales	43
5.3.2.	Objetivos educativos.....	44
5.3.3.	Objetivos instructivos	44
5.4.	Denominación del Programa Educativo y grado a otorgar	44
6.	Perfil de ingreso.....	45
6.1.	Requisitos de ingreso	45
6.2.	Perfil de ingreso	46
7.	Perfil de egreso.....	47
7.1.	Objetivos educacionales y profesionales	47
7.1.1.	Objetivos educacionales.....	47
7.1.2.	Objetivos profesionales	47
7.2.	Rasgos o atributos formativos de egreso	48
7.3.	Alineación de los atributos del perfil de egreso a los criterios del SEAES.....	48
8.	Organización y estructura del plan de estudios.....	50
8.1.	Organización por ejes disciplinares	50
8.2.	Estructura curricular por áreas académicas.....	51
8.3.	Características generales	51
8.3.1.	Estructura de créditos, asignaturas obligatorias y asignaturas optativas	52
8.3.2.	Examen predoctoral	53
8.3.3.	Estancia de investigación	54
8.3.4.	Habilidades de poder	54
8.3.5.	Criterios transversales del SEAES	54
8.3.6.	Flexibilidad	54
9.	Mapa curricular.....	56
9.1.	Acuerdo de Malla Curricular actualizada	56
9.2.	Mapeo de las progresiones de aprendizaje.....	56
9.3.	Distribución de carga horaria	60
10.	Características del proceso formativo	61
10.1.	Mecanismos de evaluación sistemática de los atributos de egreso	61
10.2.	Instrumentos de evaluación sistemática de los atributos de egreso	63
10.3.	Mecanismos para medir cumplimiento y mejora continua del perfil de egreso	63

11. Seguimiento de egresados	68
11.1. Seguimiento continuo mediante encuesta.....	68
11.2. Foro de egresados	68
12. Requisitos de permanencia y graduación	69
12.1. Requisitos de permanencia.....	69
12.2. Responsabilidad y retribución social	69
12.3. Requisitos de egreso y obtención del grado.....	70
13. Características del diseño curricular	73
13.1. Análisis de similitud con otros doctorados de la UACH	73
13.2. Análisis de la flexibilidad del plan de estudios	73
13.3. Estancia de investigación	74
13.4. Procesos de movilidad estudiantil.....	74
13.5. Tutorías	74
13.6. Formación profesional integral	75
14. Líneas de investigación e incidencia social.....	77
14.1. Alimentos frescos y procesados	78
14.2. Alimentos funcionales e innovadores	79
14.3. Bioprocessos agroalimentarios	81
14.3.1. Objetivos particulares	82
15. Plan y mecanismos de evaluación	84
16. Sinopsis de los programas de asignatura.....	87
DCA-801. Diseños experimentales.....	87
DCA-802. Bioquímica avanzada de alimentos.....	88
DCA-803. Métodos instrumentales de análisis de alimentos	89
DCA-804. Sistemas agroindustriales	90
DCA-805. Innovación tecnológica en ciencias agroalimentarias	91
DCA-806. Economía circular	92
DCA-807. Análisis multivariado	93
DCA-808. Introducción a las ciencias ómicas en alimentos.....	94
DCA-809. Impresión 3-D de alimentos	95
DCA-810. Técnicas cromatográficas	96
DCA-811. Introducción a la bioinformática	97
DCA-816. Curso especial I.....	98
DCA-817. Curso especial II.....	99
DCA-818. Curso especial III.....	100
DCA-821. Seminario de investigación I.....	101

DCA-822. Seminario de investigación II.....	102
DCA-823. Seminario de investigación III.....	103
DCA-824. Seminario de investigación IV	104
DCA-825. Proyecto de investigación I	105
DCA-826. Proyecto de investigación II	106
DCA-827. Proyecto de investigación III	107
DCA-828. Proyecto de investigación IV	108
DCA-829. Proyecto de investigación V	109
DCA-830. Proyecto de investigación VI.....	110
DCA-831. Proyecto de investigación VII.....	111
DCA-832. Estancia de investigación.....	112
DCA-833. Tesis de grado	113
DCA-841. Tópicos selectos en postcosecha.....	114
DCA-842. Tópicos selectos en alimentos de origen animal	115
DCA-843. Tópicos avanzados en evaluación sensorial	116
DCA-844. Herramientas para el análisis de alimentos tradicionales vinculados a su origen geográfico...	117
DCA-845. Tópicos selectos en inocuidad agroalimentaria	118
DCA-851. Tópicos en técnicas instrumentales de análisis.....	119
DCA-852. Fisicoquímica avanzada de alimentos	120
DCA-853. Enzimología de los alimentos	121
DCA-854. Reología de sistemas dispersos	122
DCA-855. Sistemas de protección y liberación controlada de compuestos bioactivos	123
DCA-861. Métodos espectroscópicos de análisis de alimentos	124
DCA-862. Metabolitos secundarios en alimentos y subproductos	125
DCA-863. Ciencia de datos en investigación	126
DCA-864. Biofermentadores y bioprocessos	127
DCA-865. Ingeniería de sistemas postcosecha de frutas y vegetales.....	128
DCA-866. Simulación de sistemas biológicos	129
17. Sinopsis del currículum vitae del personal académico.....	130
18. Referencias	134
19. Acuerdos de aprobación y registro.....	140
19.1. Por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial (CODIA).....	140
19.2. Por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo.....	140
19.3. Registro de Actualización ante la Dirección General de Profesiones (DGP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en fecha 29 de octubre de 2025 con clave de carrera 342607.....	140

1. Introducción

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) es un programa ofrecido por el Programa 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 el sector agroalimentario, con líneas de investigación pertinentes e innovadoras, vinculadas con un enfoque sostenible y de compromiso social.

El objeto de estudio del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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, el DCA atiende la misión de formar recursos humanos altamente calificados y especializados a nivel doctoral, capaces de generar conocimiento mediante investigación de frontera, para contribuir al desarrollo sostenible de los sistemas agroalimentarios.

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 Bioprocessos 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 bioprocessos. Por su carácter interdisciplinario, la ingeniería de bioprocessos aborda problemas en la intersección de la biotecnología y la ingeniería química, colaborando con diversas disciplinas para enfrentar retos agroindustriales complejos.

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias se cursa en cuatro años, con 129 créditos. El plan de estudios incluye tres asignaturas obligatorias y cuatro 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 tres 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 del DCA 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 Doctorado en Ciencias. En el caso del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, los estudiantes realizan, de manera obligatoria, una estancia de investigación en alguna institución distinta de la Universidad Autónoma Chapingo, actividad que con frecuencia se realiza en alguna institución extranjera. 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, antes CONAHCyT) 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, los planes de estudio desarrollan valores de compromiso con la responsabilidad social, la equidad social y de género, la inclusión, la excelencia, la vanguardia, la innovación social y la interculturalidad. Al final, los doctorantes realizan la defensa de la tesis, a través de un examen que presentan ante un Sínodo que dictamina el otorgamiento del grado de Doctorado 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).

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 solo fomenta la innovación, sino que también garantiza la preparación de profesionales capaces de contribuir al bienestar social y ambiental. En resumen, el DCA 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 inicio 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, 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 13 programas de doctorado en 2024.

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 los años 1994 y 1995, la Universidad Autónoma Chapingo emprendió una transformación estructural en la atención de la función sustantiva de investigación, que dio como resultado la creación de los Programas Universitarios de Investigación y Servicio (PUIS), entre los cuales se formalizó el Programa Universitario de Investigación en Alimentos (PUIA) en fecha 29 de agosto de 1995, que integró a profesores de los Departamentos de Ingeniería Agroindustrial y Preparatoria Agrícola, principalmente. Este hecho fue relevante, porque favoreció el desarrollo de grupos de trabajo que contribuyeron al desarrollo del Posgrado. En 1997, como parte de la Visión del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, un grupo de profesores de esta instancia académico-administrativa inició una actividad que se llamó "tardes de posgrado", que consistió en reuniones periódicas vespertinas informales, en las que se delineó el alcance y el enfoque de un Programa de Maestría en Ciencias, un proyecto que gradualmente sumó la participación de profesores de otras instancias, específicamente, de los Departamentos de Preparatoria Agrícola, Fitotecnia, Zootecnia, Centro Regional Universitario del Oriente y del Centro de Investigación de Estudios Económicos, Sociales y Tecnológicos de la Agricultura y la Agroindustria Mundial (CIESTAAM). El proyecto avanzó con lentitud, pero finalmente fue aprobado por el H. Consejo Universitario en fecha 13 de agosto de 2001, bajo la denominación de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (MCyTA), con lo que la primera generación inició formalmente en julio de

2002. En el año 2004, la MCyTA fue aceptada en el Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP 2) de SEP-CONACYT y, en 2006, fue incluido en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT, del cual formó parte hasta 2023, cuando ocurrió la transición al Sistema Nacional de Posgrados. Gradualmente, las actividades de nivel posgrado se consolidaron y fortalecieron y, como consecuencia de ello, se generaron las condiciones para el impulso del Programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, que fue aprobado por el H. Consejo Universitario en fecha 8 de septiembre de 2014 y la primera generación se inscribió en enero de 2015. Actualmente, ambos programas pertenecen al Sistema Nacional de Posgrados (SNP) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI, antes CONAHCyT).

Por otro lado, actualmente, se cuenta con nuevos marcos normativos a nivel nacional, que incluyen (1) una nueva Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGMHCTI), aprobada por la Cámara de Diputados y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2023a) el 8 de mayo de 2023; (2) una nueva Ley General de Educación Superior (LGES), publicada en el DOF (2021) el 20 de abril de 2021; (3) Lineamientos del Sistema Nacional de Posgrados (SNP) publicados en el DOF en fecha 16 de agosto de 2023 y (4) un nuevo Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES), cuya política y lineamientos fueron aprobados por el Consejo Nacional para la Coordinación de la Educación Superior (CONACES, 2023) en fechas 12 de diciembre de 2022 y 30 de junio de 2023, respectivamente. En adición, el Doctorado en Ciencias Agroalimentarias opera de manera vinculada con la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, cuyo Plan de Estudios fue revisado y la nueva estructura fue aprobada por el H. Consejo Universitario de la UACH en la Sesión del 6 de noviembre de 2023.

En este contexto, se atendió la revisión y actualización del Plan de Estudios del DCA, con el acompañamiento de la Subdirección de Planes y Programas de Estudio y en apego a la normatividad institucional, en particular los Artículos 3 y 32 a 35 del Reglamento General para la Autorización, Aprobación y Registro de Planes y Programas de Estudio (SPPE). Asimismo, se siguió lo establecido en el Manual de Procedimientos para la Autorización, Aprobación y Registro de Planes y Programas de Estudio. Para ello, se aprobó la conformación de una Comisión para la Revisión y Actualización del Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, la cual coordinó un conjunto de actividades que dieron como resultado la actualización del Plan de Estudios del DCA, cuyos componentes se integran en el presente documento.

3. Fundamentación pedagógica y científico-tecnológica

3.1. 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; SPPE, 2024).

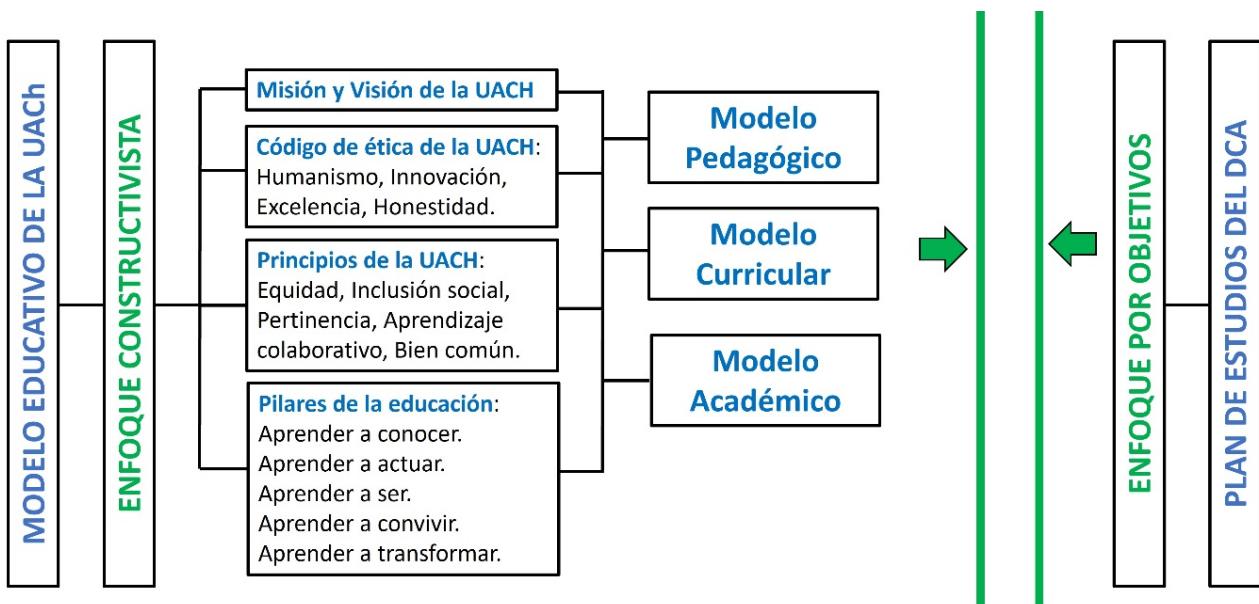


Figura 1. El plan de estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) en el contexto del modelo educativo de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

La misión y visión universitarias, que se establecen formalmente en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2009-2025 (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 (SPPE, 2024), 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 (SPPE, 2024).

Asimismo, el MEUACH se fundamenta en lo establecido por Delors (1994) y la UNESCO (2020) en relación con los cinco pilares de la educación (SPPE, 2024):

- 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 (SPPE, 2024).

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

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) 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 del DCA 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 del DCA 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 tiene fuertes rasgos de flexibilidad 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. Fundamentación científico-tecnológica

3.3.1. 3.3.1. Entorno socioeconómico

El objeto de estudio del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 (2024) 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 CO₂. 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 (DOF, 2023). 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 (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (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.

3.3.2. 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 Schönfeldt, 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).

3.3.3. Tendencias en 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 indexados en la base de datos 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 bioprocessos 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 bioprocessos 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.

3.3.4. 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.

3.3.5. 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 radiación, 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 inmunomediada 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, Chuck-Hernández y Serna Saldívar, 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 ("Sistema de cuentas nacionales," 2019).

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 (Rodríguez 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, Islas-Moreno y Camacho-Vera, 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 el Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

3.3.6. 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).

3.3.7. 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 té 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 Ca^{2+} expresado en células receptoras del gusto tipo II y células β 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, esta 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 suprproductos 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 biopropceso 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 biopropceso (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 biopropceso se requiere de la aplicación de diversos métodos de optimización. En general el desempeño de un biopropceso 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, Kurian & Ogunnaike, 2021). Para obtener un comportamiento deseado de un biopropceso 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.

3.3.8. Demanda social

La demanda social del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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. Un Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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. El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 el Doctorado en Ciencias 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. El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias pueden liderar la investigación y 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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, el Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 del sector agroalimentario 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 (ECNT), (4) cambio climático (agua, contaminación, gases efecto invernadero), (5) generación de valor y (6) vinculación.

Además, la investigación de los doctorantes 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 el sector agroalimentario, 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 Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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, 2019) 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 las ciencias agroalimentarias, 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias tiene los siguientes campos de acción y esferas de actuación.

4.1. Campos de acción

- Investigación y docencia en áreas de diseño e implementación de tecnologías apropiadas para la obtención, desarrollo y caracterización de materiales y productos alimenticios innovadores; aprovechamiento de fuentes no convencionales para la obtención de biopolímeros, bioactivos e ingredientes de interés para la industria agroalimentaria; diseño, desarrollo, caracterización y aplicación de sistemas de protección y liberación controlada de bioactivos; diseño, evaluación y operación de 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; sistemas de gestión de calidad e inocuidad en procesos agroalimentarios, así como en la percepción y valorización de alimentos y bebidas tradicionales.
- 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias será capaz de desarrollarse profesionalmente en

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

Con base en el programa de seguimiento, el 83% de los egresados están desarrollando actividades de enseñanza e investigación, principalmente en instituciones públicas y sólo el 10% se desempeñan en alguna actividad en empresas productivas.

4.3. Funciones generales del profesional

La Doctora en Ciencias Agroalimentarias y el Doctor en Ciencias Agroalimentarias 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 Doctora en Ciencias Agroalimentarias y el Doctor en Ciencias Agroalimentarias 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 avanzada para extender la vida útil de alimentos; aplicación de la fisiología avanzada 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

- Diseño 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. Modelar y simular la formulación 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarios se conducen con apego a los siguientes criterios: compromiso con la responsabilidad social; equidad social y de género; inclusión; vanguardia; excelencia, innovación social e interculturalidad. La sección 7.3 muestra 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 a nivel doctoral, capaces de atender la problemática del sistema agroalimentario con criterios de sostenibilidad, a través del desarrollo de investigación de frontera, para la generación, difusión y transferencia de conocimiento al sector productivo.

5.1.2. Visión

Es un programa de doctorado de excelencia internacional, líder en la formación de recursos humanos para el sistema agroalimentario, con líneas de investigación e incidencia social pertinentes e innovadoras, con criterios de sostenibilidad y compromiso social.

5.2. Objeto de estudio

El objeto de estudio del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) 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, el DCA atiende la misión de formar recursos humanos altamente calificados y especializados a nivel doctoral, capaces de generar conocimiento mediante investigación de frontera, para contribuir al desarrollo sostenible de los sistemas agroalimentarios.

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 bioprocessos 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 Bioprocessos 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 bioprocessos. Por su carácter interdisciplinario, la ingeniería de bioprocessos aborda problemas en la intersección de la biotecnología y la ingeniería química, colaborando con diversas disciplinas para enfrentar retos agroindustriales complejos.

5.3. Objetivos generales y específicos

5.3.1. Objetivos generales

- Formar doctores en ciencias capaces de generar, analizar y aplicar conocimiento de vanguardia en ciencias agroalimentarias, mediante una formación académica rigurosa y actualizada, el desarrollo de habilidades en investigación avanzada y la participación en proyectos de innovación social, para contribuir al desarrollo del sistema agroalimentario hacia una producción sostenible y responsable.
- Crear conocimiento de frontera a través del desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo de tecnología, mediante el desarrollo de proyectos de investigación básica y aplicada y la colaboración inter y transdisciplinaria, para mejorar la productividad, la calidad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios.

5.3.2. Objetivos educativos

- Crear una base teórica y metodológica, a través de cursos avanzados y experiencias de investigación que permitan comprender los fundamentos y problemáticas del sistema agroalimentario, para favorecer la formación de habilidades de análisis y liderazgo en el desarrollo de propuestas de desarrollo del mismo, con un enfoque de equidad social y respeto al medio ambiente en los doctorantes.
- Desarrollar competencias para la resolución de problemas de investigación, mediante el análisis de estudios de caso, la elaboración de proyectos y la supervisión académica constante, para capacitar a los doctorantes en la identificación, planteamiento y resolución de problemas relevantes del sistema agroalimentario.
- Fomentar la ética profesional, el compromiso con la responsabilidad social y la interculturalidad, así como los valores de equidad social y de género, de solidaridad y de inclusión, a través de procesos de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de proyectos de investigación que integren estos elementos, para favorecer un ejercicio responsable en la atención de la problemática del sector agroalimentario.

5.3.3. Objetivos instructivos

- Desarrollar capacidad en el uso de metodologías y técnicas de investigación avanzadas, a través de talleres prácticos, trabajo en laboratorio y cursos especializados, para asegurar la provisión de las herramientas necesarias para realizar investigaciones de alta calidad.
- Desarrollar habilidades en redacción científica, análisis de datos y difusión de resultados, mediante la elaboración de artículos científicos y de divulgación de alto nivel, la exposición de resultados en eventos científicos y académicos, para favorecer la comunicación efectiva de los hallazgos científicos en el ámbito agroalimentario.

5.4. Denominación del Programa Educativo y grado a otorgar

El Programa Educativo se denomina:

Doctorado en Ciencias Agroalimentarias

El grado a obtener es el de:

Doctora en Ciencias Agroalimentarias

o

Doctor en Ciencias Agroalimentarias

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 maestría en ciencias en alguna de las disciplinas que a continuación se indican: ciencia y tecnología de alimentos, química, ingeniería química, fisicoquímica, bioprocessos, agronomía, biología, biotecnología, fisiología o en una maestría afín al área agroalimentaria.
- b) Tener 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 8.0 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 doctorado 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 proveído por la Oficina de la misma, a la cual deberá anexar:
 - Copia certificada del acta de nacimiento.
 - Original y copia para el cotejo del título, diploma o certificado de estudios completos de maestría, 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 maestría en ciencias, 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 el Coordinador General de Estudios de Posgrado.
 - Certificado médico expedido por el Servicio Médico de la propia Universidad 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

- a) **Conocimientos.** Al ingreso, el estudiante debe poseer conocimientos de bioquímica, fisicoquímica, química, tecnología de alimentos y microbiología alimentaria.
- b) **Habilidades.** Al ingreso, el estudiante debe poseer habilidades en redacción de documentos, investigación científica y creación de nuevos conocimientos, manejo de utensilios de laboratorio, lectura y compresión de textos en inglés.
- c) **Aptitudes.** El estudiante 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.
- d) **Valores.** El estudiante 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 y profesionales

A continuación, se presenta la visión de la Doctora en Ciencias Agroalimentarias y el Doctor en Ciencias Agroalimentarias a cuatro años en el ejercicio de su profesión, en términos de los objetivos educacionales y profesionales correspondientes:

7.1.1. Objetivos educacionales

- La egresada y el egresado crean principios teóricos, metodológicos y prácticos de las ciencias agroalimentarias, aplicándolos con enfoque de sostenibilidad, equidad social e innovación tecnológica, para resolver problemáticas de los sistemas agroalimentarios.
- La egresada y el egresado diseñan, ejecutan y comunican proyectos de investigación científica y tecnológica, creando conocimiento de frontera y contribuyendo al desarrollo sostenible del sector agroalimentario.
- La egresada y el egresado actúan con compromiso ético, responsable e incluyente, promoviendo el respeto al medio ambiente, la equidad social y la responsabilidad en la generación y aplicación del conocimiento.
- La egresada y el egresado imparten docencia y forman recursos humanos especializados, fortaleciendo capacidades técnicas y científicas en la sociedad mediante una comunicación clara y efectiva.

7.1.2. Objetivos profesionales

- La egresada y el egresado crean procesos y tecnologías agroindustriales sostenibles, incluyendo la producción de alimentos funcionales, el aprovechamiento de subproductos y la creación de bioprocessos innovadores que reducen el impacto ambiental.
- La egresada y el egresado crean productos innovadores, desarrollan soluciones tecnológicas y fundan empresas propias, respondiendo a las necesidades del sistema agroalimentario e impactando de manera positiva en el bienestar social y ambiental.
- La egresada y el egresado lideran proyectos de investigación científica y tecnológica en instituciones académicas, centros de investigación y empresas del sector agroalimentario, integrando principios de sostenibilidad e innovación.
- La egresada y el egresado mejoran la calidad, la inocuidad y la sostenibilidad de los procesos agroindustriales, liderando actividades de consultoría, certificación y normalización en colaboración con los sectores público, privado y social.

- El egresado participa en el diseño y ejecución de políticas públicas, promoviendo estrategias orientadas a garantizar la seguridad alimentaria, la sostenibilidad agroalimentaria y la inclusión social en contextos locales, nacionales e internacionales.

7.2. Rasgos o atributos formativos de egreso

El egresado o egresada del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 conocimiento científico de forma inter y transdisciplinaria, mediante diferentes mecanismos de interacción, como la participación en redes de investigación colaborativa, favoreciendo la innovación social, para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios.
- Crea conocimiento de vanguardia sobre el manejo de la composición y la estructura química, así como de los factores de deterioro, de acopio, de acondicionamiento, almacenamiento, transporte, conservación, transformación y biotransformación de productos agroindustriales, subproductos y residuos, con apego a la normatividad, la gestión de la calidad y con criterios de inocuidad.
- Crea tecnologías y bioprocesos de vanguardia a partir de materias primas frescas, procesadas o residuales, de origen animal, vegetal, fúngico o bacterial, para producir alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales, innovadores y aceptables sensorialmente, así como bioenergía y otros subproductos agroindustriales, que benefician a la sociedad.
- Formula y desarrolla proyectos de investigación pertinentes y sostenibles, con criterios epistemológicos, cuyos productos inciden en beneficio de los sectores social, público o privado del ámbito agroalimentario.
- 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.

7.3. 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, 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 del DCA a los criterios del SEAES.

Criterios transversales del SEAES*						
Compromiso con la responsabilidad social	Equidad social y de género	Inclusión	Excelencia	Vanguardia	Innovación social	Interculturalidad
1. El egresado o egresada 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 conocimiento científico de forma inter y transdisciplinaria, mediante diferentes mecanismos de interacción, como la participación en redes de investigación colaborativa, favoreciendo la innovación social, para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios.	✓			✓	✓	✓
3. Crea conocimiento de vanguardia sobre el manejo de la composición y la estructura química, así como de los factores de deterioro, de acopio, de acondicionamiento, almacenamiento, transporte, conservación, transformación y biotransformación de productos agroindustriales, subproductos y residuos, con apego a la normatividad, la gestión de la calidad y con criterios de inocuidad.	✓			✓	✓	
4. Crea tecnologías y bioprocesos de vanguardia a partir de materias primas frescas, procesadas o residuales, de origen animal, vegetal, fúngico o bacterial, para producir alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales, innovadores y aceptables sensorialmente, así como bioenergía y otros subproductos agroindustriales, que benefician a la sociedad.	✓			✓	✓	✓
5. Formula y desarrolla proyectos de investigación pertinentes y sostenibles, con criterios epistemológicos, cuyos productos inciden en beneficio de los sectores social, público o privado del ámbito agroalimentario.	✓			✓	✓	✓
6. 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.	✓			✓	✓	

*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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) 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 del DCA se basa en elementos disciplinares de la biología, la química y la ingeniería química, con sus correspondientes interacciones y, además, con componentes sociales. Con esta base, el Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias tiene los siguientes objetivos:

- Formar doctores en ciencias capaces de generar, analizar y aplicar conocimiento de vanguardia en ciencias agroalimentarias, mediante una formación académica rigurosa y actualizada, el desarrollo de habilidades en investigación avanzada y la participación en proyectos de innovación social, para contribuir al desarrollo de los sistemas agroalimentarios hacia una producción sostenible y responsable.
- Crear conocimiento de frontera a través del desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo de tecnología, mediante el desarrollo de proyectos de investigación básica y aplicada y la colaboración inter y transdisciplinaria, para mejorar la productividad, la calidad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios.
- Proveer una base teórica y metodológica, a través de cursos avanzados y experiencias de investigación que permitan comprender los fundamentos y problemáticas de los sistemas agroalimentarios, para favorecer la formación de habilidades de análisis y liderazgo en el desarrollo de propuestas de desarrollo de los mismos, con un enfoque de equidad social y respeto al medio ambiente en los doctorantes.
- Desarrollar competencias para la resolución de problemas de investigación, mediante el análisis de estudios de caso, la elaboración de proyectos y la supervisión académica constante, para capacitar a los doctorantes en la identificación, planteamiento y resolución de problemas relevantes de los sistemas agroalimentarios.

- Formar valores de ética profesional, compromiso con la responsabilidad social e interculturalidad, así como valores de equidad social y de género, de solidaridad y de inclusión, a través de procesos de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de proyectos de investigación que integren estos elementos, para favorecer un ejercicio responsable en la atención de la problemática de los sistemas agroalimentarios.
- Propiciar el uso de metodologías y técnicas de investigación avanzadas, a través de talleres prácticos, trabajo en laboratorio y cursos especializados, para asegurar la provisión de las herramientas necesarias para realizar investigaciones de alta calidad.
- Desarrollar habilidades en redacción científica, análisis de datos y difusión de resultados, mediante la elaboración de artículos científicos y de divulgación de alto nivel y la exposición de resultados en eventos científicos y académicos, para favorecer la comunicación efectiva de los hallazgos científicos en el ámbito agroalimentario.

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 Bioprocessos Agroalimentarios. El grupo de profesores-investigadores que integran el Núcleo Académico Básico (NAB) y la Comisión de Revisión y Actualización del Plan de Estudios analizaron estos aspectos en taller de trabajo realizado en fechas 24 y 25 de julio de 2024, tras lo cual se tomaron los siguientes acuerdos:

Acuerdo. Se ratifica que las Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES) de Alimentos Frescos y Procesados, Alimentos Funcionales e Innovadores y Bioprocessos Agroalimentarios sean identificadas como Áreas del Conocimiento del Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

Acuerdo. Se ratifica que las Áreas del Conocimiento del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias son cuatro y 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.

8.3. Características generales

Las actividades curriculares del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) se desarrollan de acuerdo con el calendario escolar que autoriza el H. Consejo Universitario, en cuatro ciclos escolares anuales. En el nivel de posgrado, 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 cuatro semanas. La sesión de otoño inicia la primera semana de agosto y tiene duración de 16 semanas. La versión revisada del plan de estudios del DCA no considera la sesión de verano.

El Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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. Una hora de actividad presencial o independiente equivale a 0.0625 créditos. Así, una asignatura con cuatro horas de actividad presencial por semana incluye dos horas de trabajo independiente, lo que corresponde a 96 horas totales y es equivalente a 6 créditos. En forma similar, una asignatura con dos horas de actividad presencial por semana incluye una hora de trabajo independiente, lo que corresponde a 48 horas totales y es equivalente a 3 créditos.

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias es un programa flexible y organiza el cumplimiento de los objetivos a través de tres asignaturas temáticas obligatorias, cuatro asignaturas temáticas optativas, cuatro seminarios de investigación, siete proyectos de investigación, una estancia de investigación, un examen predoctoral y actividades finales encaminadas al desarrollo de la tesis o documento de graduación y la obtención del grado de doctor en ciencias.

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). 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 del estudiante en función de su proyecto de investigación. Asimismo, es factible realizar la estancia de investigación a partir del quinto semestre.

Los elementos de estructura, operación y flexibilidad de la Malla Curricular del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias fueron analizados por el Núcleo Académico Básico y por la Comisión de Revisión y Actualización del Plan de Estudios en el taller de trabajo realizado en San Juan del Río, Querétaro, en fechas 24 y 25 de julio de 2024. En particular, se estableció lo siguiente:

8.3.1. Estructura de créditos, asignaturas obligatorias y asignaturas optativas

Se revisó el Reglamento General de Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo, en lo que corresponde al número de créditos a obtener. Al respecto, se tomó el siguiente acuerdo:

Acuerdo. La Malla Curricular revisada y actualizada del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias incluirá tres asignaturas obligatorias, cada una equivalente a 6 créditos (18 créditos), cuatro asignaturas optativas, cada una con seis créditos (24 créditos) y un curso especial obligatorio, con valor de 3 créditos, con lo cual se atenderá un cumplimiento de 45 créditos en asignaturas.

Se ratificó que las asignaturas obligatorias estarán incluidas en el Área del Conocimiento Metodológico, en virtud de que desarrollan elementos formativos relacionados con las tres LIES.

Se revisó que la Malla Curricular anterior consideraba tres asignaturas obligatorias: Bioquímica de Alimentos, Diseños Experimentales y Métodos Espectroscópicos para Análisis de Alimentos. Tras un análisis del contenido temático de las tres asignaturas se tomaron los siguientes acuerdos:

Acuerdo. Se ratifica que las asignaturas obligatorias están incluidas en el Área del Conocimiento Metodológica, en virtud de que desarrollan elementos formativos relacionados con las tres LIES.

Acuerdo. La Malla Curricular revisada y actualizada del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias incluye las siguientes Asignaturas Obligatorias con valor de 6 créditos, las cuales están ubicadas en el Área de Conocimiento Metodológica y tienen carga horaria presencial semanal de cuatro horas y carga horaria de trabajo independiente de dos horas por semana.

- Bioquímica Avanzada de Alimentos.
- Diseños Experimentales Avanzados.
- Métodos Instrumentales para Análisis de Alimentos.

Acuerdo. Los cursos obligatorios deben ser tomados en el Programa del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias y en el semestre asignado en la Malla Curricular.

Acuerdo. La malla curricular contempla el desarrollo de cuatro Seminarios de Investigación, ubicados en la forma siguiente:

- Seminario de Investigación I. Primer año, Semestre I.
- Seminario de Investigación II. Segundo año. Semestre IV.
- Seminario de Investigación III. Tercer año. Semestre VI.
- Seminario de Investigación IV. Cuarto año. Semestre VIII.

8.3.2. Examen predoctoral

Se revisó el Reglamento General de Estudios de Posgrado, que establece que los estudiantes de doctorado deben presentar un examen predoctoral. En este contexto, se tomó el siguiente acuerdo:

Acuerdo. Los estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias deberán presentar un examen predoctoral en el quinto o sexto semestre de su formación, en los términos descritos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado.

8.3.3. Estancia de investigación

Acuerdo. Los estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias deben realizar, de manera obligatoria, una estancia de investigación con duración de tres a seis meses en una institución distinta de la Universidad Autónoma Chapingo, que contemple a la investigación entre sus funciones sustantivas. Esta estancia de investigación debe realizarse en el tercer año de formación, preferentemente en el quinto semestre.

8.3.4. Habilidades de poder

Se explicó que las habilidades de poder corresponden a la suma de habilidades duras asociadas con asignaturas temáticas y habilidades blandas, correspondientes a aquéllas de tipo personal, como capacidad de comunicación, trabajo en equipo, tolerancia, respeto, capacidad de innovación, etc. Al respecto, se tomó el siguiente acuerdo:

Acuerdo. Se incorporan actividades para el desarrollo de habilidades de poder en los Seminarios de Investigación del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

8.3.5. Criterios transversales del SEAES

De acuerdo con el Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES), la formación de los estudiantes de educación superior, que incluye al posgrado, debe incluir la formación de los siguientes criterios transversales: (1) compromiso con la responsabilidad social, (2) equidad social y de género, (3) inclusión, (4) excelencia, (5) vanguardia, (6) innovación social y (7) interculturalidad. Al respecto, se llegó al siguiente acuerdo:

Acuerdo. Se incorporan actividades para el desarrollo de capacidades asociadas a los criterios transversales del SEAES en los Seminarios de Investigación del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias y, en lo posible, en las asignaturas obligatorias y optativas.

Por otro lado, la sección 7.3 describe la alineación de los atributos del perfil de egreso a los criterios del SEAES, e incluye una descripción detallada de esta alineación en el Cuadro 1.

8.3.6. Flexibilidad

Se analizó la flexibilidad del Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias considerando aspectos como los siguientes: ¿Cuántos cursos puede un estudiante tomar en otro Programa o en otra institución? ¿Es posible sustituir una asignatura obligatoria? ¿Cuántos cursos puede un estudiante llevar bajo la figura de curso especial? Hay convocatorias, como la de AMEXID, dirigida a extranjeros e impulsada por la Secretaría de Relaciones Exteriores, que señalan apoyos de beca por 36 meses. ¿Es factible que el DCA ofrezca esta posibilidad para obtener el título en 36 meses? Existen convenios que pueden permitir una doble titulación. ¿En qué medida

la malla curricular del DCA lo permite? ¿A partir de qué semestre se puede optar por esa alternativa? Existe acuerdo que permite que las asignaturas obligatorias puedan tomarse en uno u otro de los dos semestres del primer año de formación. ¿Ese acuerdo estará vigente en el Plan de Estudios revisado y actualizado del DCA?

Al respecto, tras un análisis de las distintas situaciones se acordó lo siguiente:

Acuerdo. Los cursos obligatorios deben ser tomados en el Programa del DCA y en el semestre asignado. Ello implica que queda sin efecto el acuerdo que permite que los cursos obligatorios puedan cambiarse de semestre en el primer año de formación.

Acuerdo. Un máximo de 50% de los cursos optativos se pueden tomar en otros programas en la Institución.

Acuerdo. Se pueden tomar hasta tres cursos especiales, con valor de 3 créditos cada uno, que son delineados por el Comité Asesor y pueden ser tomados incluso en otra institución con la que se tenga convenio.

Acuerdo. Una de las materias optativas que se tome fuera del programa puede ser sustituida por dos cursos especiales.

Acuerdo. La malla curricular está diseñada para un programa de 4 años, por lo que no se permite el desarrollo de un programa con tiempo menor.

Acuerdo. Los estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias pueden optar por una doble titulación, si hay convenios y procedimientos administrativos que lo permitan, una vez presentado y aprobado el examen predoctoral. Esta opción puede realizarse en forma simultánea con la estancia de investigación.

9. Mapa curricular

9.1. Acuerdo de Malla Curricular actualizada

Con base en los acuerdos anteriores, la Malla Curricular del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias tiene la estructura mostrada en el Cuadro 2, basada en un total de 129 créditos.

9.2. Mapeo de las progresiones de aprendizaje

Con base en la Malla Curricular aprobada, las asignaturas obligatorias temáticas se atienden en las Sesiones de Primavera y Otoño del primer año de formación y consisten en las materias de Bioquímica Avanzada de Alimentos, Diseños Experimentales y Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, cada una con seis créditos (Cuadro 2). En el primer semestre, el estudiante debe cursar el Primer Seminario de Investigación. En el segundo semestre, además de cursar la tercera asignatura obligatoria, el estudiante debe elegir dos asignaturas Optativas y atender la primera asignatura del grupo de Proyectos de Investigación. Ello crea una actividad curricular de la Sesión de Primavera del Primer Año organizada a través de 15 créditos y de 21 créditos en la Sesión de Otoño de ese mismo Primer Año.

Durante el segundo año de formación, la o el estudiante debe completar los créditos por asignaturas temáticas, de forma que en las Sesiones de Primavera y Otoño de ese segundo año, se deben cursar las dos asignaturas restantes. Asimismo, en la Sesión de Primavera del segundo año, el estudiante debe registrar, de manera obligatoria, un Curso Especial, cuyo contenido deberá ser definido por el Comité Asesor. También, al término del segundo año, el estudiante debe haber atendido el Seminario de Investigación II y las asignaturas correspondientes a Proyectos de Investigación II y III. De esta forma, las Sesiones de Primavera y Otoño del segundo año estarán organizadas en 12 y 12 créditos, respectivamente. Con ello, la acumulación de créditos atendidos al final del segundo año será de 60. Las siguientes sesiones están organizadas de tal manera que el estudiante incremente 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 3 describe características más específicas de la organización curricular.

En adición, con base en taller de trabajo realizado el 15 de agosto de 2024 por los integrantes del Núcleo Académico Básico (NAB) del Programa, la Malla Curricular agrupa las asignaturas, obligatorias y optativas ofrecidas, por cada Área del Conocimiento en la forma mostrada por el Cuadro 4.

Cuadro 2. Mapa curricular del programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

Organización semestral							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Bioquímica avanzada de alimentos (Oblig) (64,6) (T:2h / P: 2h)	Métodos instrumentales de análisis de alimentos (Oblig) (64, 6) (T:2h / P: 2h)	Curso especial (Oblig) (32,3) (T:1h / P: 1h)	Seminario de investigación II (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Estancia de investigación (224, 21) (T:4h / P: 10h)	Seminario de investigación III (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Proyecto de investigación VI (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Seminario de investigación IV (32, 3) (T:1h / P: 1h)
Diseños experimentales avanzados (Oblig) (64,6) (T:2h / P: 2h)	Optativa I (64,6) (T:2h / P: 2h)	Optativa III (64,6) (T:2h / P: 2h)	Proyecto de investigación III (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Proyecto de investigación IV (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Proyecto de investigación V (32, 3) (T:1h / P: 1h)		Proyecto de investigación VII (32, 3) (T:1h / P: 1h)
Seminario de Investigación I (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Optativa II (64,6) (T:2h / P: 2h)	Proyecto de investigación II (32, 3) (T:1h / P: 1h)	Optativa IV (64, 6) (T:2h / P: 2h)				Tesis doctoral (320, 30) (T:10h / P: 10h)
	Proyecto de investigación I (32, 3) (T:1h / P: 1h)						
Asignación de créditos por semestre (Total: 129)							
15	21	12	12	24	6	3	36
Asignación de horas por semestre (Total: 1376)							
160	224	128	128	256	64	32	384

Los números entre paréntesis indican (horas, créditos). Oblig: asignatura obligatoria. SC: Sin créditos. Por cada hora presencial se considera 0.5 h de trabajo independiente. Un curso con 64 h de actividad presencial incluye 32 h de trabajo independiente. Una hora de actividad presencial o de trabajo independiente equivale a 0.0625 créditos. La estancia de investigación se puede realizar a partir del quinto semestre.

Cuadro 3. Organización curricular del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias según tipo, carga horaria, carácter, créditos y semestres.

Nombre	Clave	Tipo	Carga horaria*	Carácter	Créditos	Semestre
Diseños experimentales	DCA-801	TyP	T: 2h / P: 2h	Obligatorio	6	I (15)
Bioquímica avanzada de alimentos	DCA-802	TyP	T: 2h / P: 2h	Obligatorio	6	
Seminario de Investigación I	DCA-821	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	
Métodos instrumentales de análisis de alimentos	DCA-803	TyP	T: 2h / P: 2h	Obligatorio	6	II (21)
Optativa I	--.--	TyP	T: 2h / P: 2h	Optativo	6	
Optativa II	--.--	TyP	T: 2h / P: 2h	Optativo	6	
Proyecto de Investigación I	DCA-825	TyP	T: 1h / P: 1h	Optativo	3	
Curso especial I	DCA-816	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	III (12)
Optativa III	--.--	TyP	T: 2h / P: 2h	Optativo	6	
Proyecto de investigación II	DCA-826	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	
Seminario de investigación II	DCA-822	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	IV (12)
Proyecto de investigación III	DCA-827	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	
Optativa IV	--.--	TyP	T: 2h / P: 2h	Optativo	6	
Proyecto de investigación IV	DCA-828	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	V
Estancia de investigación	DCA-832	TyP	T: 4h / P: 10h	Obligatorio	21	(24)
Seminario de investigación III	DCA-823	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	VI (6)
Proyecto de investigación V	DCA-829	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	
Proyecto de investigación VI	DCA-830	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	VII (3)
Seminario de investigación IV	DCA-824	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	VIII (36)
Proyecto de investigación VII	DCA-831	TyP	T: 1h / P: 1h	Obligatorio	3	
Tesis de grado	DCA-833	TyP	T: 10h / P:10h	Obligatorio	30	
Total					129 créditos	

*Carga horaria: La información corresponde a número de horas (h) de teoría (T) y de práctica (P) por semana presenciales.

Cuadro 4. Asignaturas por Áreas de Conocimiento. La información de carga horaria corresponde a número de horas (h) de teoría (T) y de práctica (P) por semana presenciales.

Área	Nombre	Clave	Carácter	Carga horaria	Tipo	Créditos
Metodológica	Diseños experimentales	DCA-801	Obligatorio	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Bioquímica avanzada de alimentos	DCA-802	Obligatorio	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Métodos instrumentales de análisis de alimentos	DCA-803	Obligatorio	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Sistemas agroindustriales	DCA-804	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Innovación tecnológica en ciencias agroalimentarias	DCA-805	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Economía circular	DCA-806	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Análisis multivariado	DCA-807	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Introducción a las ciencias ómicas en alimentos	DCA-808	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Impresión 3-D de alimentos	DCA-809	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Técnicas cromatográficas	DCA-810	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Introducción a la bioinformática	DCA-811	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Curso especial I	DCA-816	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Curso especial II	DCA-817	Optativo	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Curso especial III	DCA-818	Optativo	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Seminario de investigación I	DCA-821	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Seminario de investigación II	DCA-822	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Seminario de investigación III	DCA-823	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Seminario de investigación IV	DCA-824	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación I	DCA-825	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación II	DCA-826	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación III	DCA-827	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación IV	DCA-828	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación V	DCA-829	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación VI	DCA-830	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Proyecto de investigación VII	DCA-831	Obligatorio	T: 1h / P: 1h	TyP	3
	Estancia de investigación	DCA-832	Obligatorio	T: 4h / P: 10h	TyP	21
	Tesis de grado	DCA-833	Obligatorio	T: 10h / P: 10	TyP	30
Alimentos frescos y procesados	Tópicos selectos en postcosecha	DCA-841	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Tópicos selectos en alimentos de origen animal	DCA-842	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Tópicos avanzados en evaluación sensorial.	DCA-843	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Herramientas para el análisis de alimentos tradicionales vinculados a su origen geográfico	DCA-844	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Tópicos selectos en inocuidad agroalimentaria	DCA-845	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
Alimentos funcionales e innovadores	Tópicos en técnicas instrumentales de análisis	DCA-851	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Fisicoquímica avanzada de alimentos	DCA-852	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Enzimología de los alimentos	DCA-853	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Reología de sistemas dispersos	DCA-854	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Sistemas de protección y liberación controladas de compuestos bioactivos	DCA-855	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
Bioprocessos agroalimentarios	Métodos espectroscópicos de análisis de alimentos	DCA-861	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Metabolitos secundarios en alimentos y subproductos	DCA-862	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Ciencia de datos en investigación	DCA-863	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Biofermentadores y bioprocessos	DCA-864	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Ingeniería de sistemas postcosecha	DCA-865	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6
	Simulación de sistemas biológicos	DCA-866	Optativo	T: 2h / P: 2h	TyP	6

Cuadro 5. Mapeo de desarrollo de los atributos del perfil de egreso del DCA en función de las asignaturas del plan de estudios identificadas por su número en el Cuadro 4.

No.	Atributo	Asignaturas que lo desarrollan
1	El egresado o egresada 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.	Obligatorias: 821, 822, 823, 824, 832, 833 Optativas: 844
2	Crea conocimiento científico de forma inter o transdisciplinaria, mediante diferentes mecanismos de interacción, como la participación en redes de investigación colaborativa, favoreciendo la innovación social, para resolver problemas o necesidades de los sistemas agroalimentarios	Obligatorias: 816, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833 Optativas: 804, 807, 817, 818, 844, 845, 863
3	Crea conocimiento de vanguardia sobre el manejo de la composición y la estructura química, así como de los factores de deterioro, de acopio, de acondicionamiento, almacenamiento, transporte, conservación, transformación y biotransformación de productos agroindustriales, subproductos y residuos, con apego a la normatividad, la gestión de la calidad y con criterios de inocuidad.	Obligatorias: 802, 803, 816, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 833 Optativas: 804, 805, 806, 808, 810, 811, 817, 818, 841, 842, 844, 845, 851, 852, 853, 854, 855, 861, 862, 863, 864, 865, 866
4	Crea tecnologías y bioprocesos de vanguardia a partir de materias primas frescas, procesadas o residuales, de origen animal, vegetal, fúngico o bacterial, para producir alimentos de alto valor nutricio, inocuos, funcionales, innovadores y aceptables sensorialmente, así como bioenergía y otros subproductos agroindustriales, que benefician a la sociedad.	Obligatorias: 802, 803, 816, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 833 Optativas: 805, 806, 808, 809, 810, 817, 818, 841, 842, 843, 844, 845, 851, 852, 853, 854, 855, 861, 862, 863, 864, 866
5	Formula y desarrolla proyectos de investigación pertinentes y sostenibles, con criterios epistemológicos, cuyos productos inciden en beneficio de los sectores social, público o privado del ámbito agroalimentario.	Obligatorias: 801, 816, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833 Optativas: 807, 863
6	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.	Obligatorias: 801, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 833

Con esta base, el perfil de egreso es desarrollado por el conjunto de asignaturas, en la forma señalada por el mapeo mostrado en el Cuadro 5. **Es necesario notar que 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 7.2.** Sin embargo, a través de las asignaturas optativas, se propicia una especialización en ciertos atributos del perfil, en función de la Línea de Investigación e Incidencia Social (LIES) que se orienta con base en el proyecto de investigación y bajo la supervisión del Comité Asesor correspondiente.

9.3. Distribución de carga horaria

La distribución horas de teoría y horas de práctica, así como la distribución de créditos está descrita en los Cuadros 2, 3 y 4, donde se incluyen asignaturas que constituyen requisitos de egreso, específicamente el examen predoctoral, la estancia de investigación, la tesis de grado y el examen de grado. Las asignaturas optativas representan 24 créditos de un total de 129, es decir, que representan el 18.6% del total de créditos.

10. Características del proceso formativo

10.1. Mecanismos de evaluación sistemática de los atributos de egreso

Los atributos del perfil de egreso en el DCA se evalúan de manera sistemática a través de 10 mecanismos: (1) evaluaciones al interior de asignaturas; (2) programa de tutorías; (3) seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI (antes CONAHCyT); (4) desarrollo de proyecto de investigación; (5) actividades de retribución social; (6) estancia de investigación; (7) examen predoctoral; (8) manejo del idioma inglés; (9) tesis de grado y (10) 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 un Tutor o Tutora 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, el Tutor o Tutora puede ser el Director o Directora de Tesis. Al inicio de cada semestre, como requisito de inscripción, el estudiante debe entregar un reporte de reuniones con su Tutor o Tutora, 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. Los y las 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.

Seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI (antes CONAHCyT). La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI, antes CONAHCyT) otorga becas a los estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 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 Director o Directora 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 a 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, antes CONAHCyT) 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.

Examen predoctoral. El Reglamento General de Estudios de Posgrado establece que todos los estudiantes inscritos en un Programa de Doctorado deben acreditar un examen predoctoral, previo al examen de grado. Este examen (a) es escrito y es administrado por el Coordinador de Estudios de Posgrado, complementado con un examen oral ante un comité evaluador, donde, en caso de ausencia de un integrante del Comité, el Coordinador de Estudios de Posgrado nombra el profesor sustituto, pudiendo ser él mismo; (b) debe aplicarse durante el tercer año; (c) debe ser elaborado sobre la temática del conocimiento que se ofrece en el Programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, sobre lo cual la o el estudiante debe demostrar la capacidad para proponer soluciones creativas e innovadoras en problemas específicos; (d) la calificación será aprobatoria o no aprobatoria; (e) el examen será archivado en el expediente del estudiante, en la Oficina de Posgrado del Departamento de Servicios Escolares; (f) el examen con calificación no aprobatoria podrá repetirse después de transcurridos dos meses, sin exceder seis; (g) si en la segunda oportunidad la calificación del examen resulta no aprobatoria, la o el estudiante causará baja definitiva de la Universidad; (h) el Coordinador de Estudios de Posgrado informa al Coordinador General de Estudios de Posgrado el resultado del examen predoctoral. Para la realización de examen predoctoral se atienden los siguientes lineamientos: (a) es requisito indispensable que la o el estudiante entregue un manuscrito con el formato de una revista que se encuentre en el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONACYT o esté indizada en el *Journal Citation Reports* (JCR) antes de iniciar con el trámite del examen Predoctoral; (b) el examen será escrito y oral; (c) se formará un Jurado Examinador compuesto de tres integrantes, que serán designados de la siguiente manera: el Presidente del Comité Asesor; otro integrante del Comité Asesor; y un sinodal externo al Programa del DCA, pudiendo ser personal de la UACh o de otra institución. Este último deberá entregar copia de la Cédula de Grado de Doctor o Nombramiento del SNI a la Coordinación del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria; en

el caso de investigadores que laboran en el extranjero sólo entregarán copia del Grado de Doctor. (d) El calendario para la presentación de los exámenes predoctorales escritos será fijado por el Coordinador del PCYTA; en la primera semana de diciembre del sexto semestre. Una vez definida la fecha para los exámenes predoctorales escritos, los integrantes del Jurado Examinador enviarán preguntas o problemas al Coordinador del Posgrado, indicando el tiempo asignado para contestar el examen. Los exámenes escritos y orales pueden ser administrados de forma presencial o en línea. El Coordinador será quien administre los exámenes escritos al estudiante, precisando el tiempo para su respuesta. El Coordinador recibirá los exámenes contestados y los turnará a los respectivos integrantes del Jurado Examinador, para la evaluación correspondiente.

Manejo del idioma inglés. Es requisito de egreso y para la obtención del grado, que la o el estudiante acredite un mínimo 500 puntos en el examen global oficial del idioma inglés (TOEFL; *Test of English as a Foreign Language*).

Tesis de grado. Los doctorantes deben presentar y defender una Tesis para obtener el Grado de Doctora o Doctor en Ciencias Agroalimentarias. 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 doctoral que se realiza una vez que se han culminado los estudios y se ha aprobado la tesis de grado. Para su atención, se registra como asignatura en el octavo semestre sin valor en créditos. El objetivo del examen de grado es evaluar de manera integral la capacidad del candidato o candidata a doctor, 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 publicado un artículo científico en una revista indizada o haber enviado dos artículos a revistas indizadas. 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 (antes CONAHCyT).

10.2. Instrumentos de evaluación sistemática de los atributos de egreso

Cada uno de los mecanismos de evaluación del perfil de egreso, numerados en el Cuadro 1, cuenta con los instrumentos que se describen en el Cuadro 6.

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

Para obtener el grado de Doctora en Ciencias o Doctor en Ciencias, la o el estudiante debe cubrir 129 créditos en total, organizados en 21 créditos académicos en asignaturas obligatorias (4 cursos incluyendo 1 curso especial), 24 créditos académicos en asignaturas optativas (4 cursos), 12 créditos en seminarios de investigación (4 cursos), 21 créditos en avances del Proyecto de Investigación (organizado y evaluado en 7 cursos), 21 créditos en la estancia de investigación y 30 créditos en la tesis doctoral. La atención del requisito de idioma, el examen predoctoral 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
Programa de tutorías	Formato de reunión Estudiante-Tutor. Acta de reunión de Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6
Seguimiento del desempeño del becario por SECIHTI (antes CONAHCyT)	Formato de desempeño del becario de SECIHTI (antes CONAHCyT).	5, 6
Desarrollo de proyecto de investigación	Rúbrica en asignatura. Acta de reunión de Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6
Actividades de retribución social	Reporte de actividad de retribución social a SECIHTI (antes CONAHCyT).	1, 2,
Estancia de investigación	Informe de estancia de investigación.	1, 2, 3, 4, 5, 6
Examen predoctoral	Examen escrito. Acta de examen predoctoral.	3, 4
Manejo del idioma inglés	Certificado del Centro de Lenguas Extranjeras y Autóctonas.	1
Tesis de grado	Acta de aprobación del Comité Asesor.	1, 2, 3, 4, 5, 6
Examen de grado	Acta de examen de grado. Artículo publicado en revista indizada o dos artículos enviados.	3, 4, 6

Con base en los mecanismos de evaluación sistemática se da seguimiento a la formación de los atributos del perfil de egreso (sección 10.1; Cuadro 6). Asimismo, con base en el mapeo o seguimiento que se da a todos los atributos del perfil de egreso a través de asignaturas (Cuadro 5) 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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 del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, 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 del DCA. Al final, se define un **Índice de Mejora Continua del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias**.

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.

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

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.

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

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.

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

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, indizadas 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).

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

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

Definición. Proporción de estudiantes que divultan 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.

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

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.

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

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.

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

ix). Porcentaje de estudiantes que presentan y defienden su tesis en 48 meses o menos.

Definición. Proporción de estudiantes cuyo Comité Asesor aprobó su Tesis de Grado y que presentaron el Examen de Grado en 48 meses o menos.

$$KPI_9 = \frac{\text{Estudiantes que presentaron su examen de grado en 48 meses o menos}}{\text{Total inicial de estudiantes en cohorte}}$$

x) Índice de mejora continua

Definición. Con base en los KPI 1 a 9 se obtiene el **Índice General de Mejora Continua (MC)**, en porcentaje y por cohorte, del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias. **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 egresados

11.1. Seguimiento continuo mediante encuesta

De manera continua, se establece contacto con los egresados del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias 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; realización de posdoctorado y lugar; 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 doctorado y recomendaciones para mejorar el programa de doctorado. La encuesta también consulta sobre la formación de los distintos atributos del perfil de egreso.

11.2. Foro de egresados

De forma anual se realiza un foro de discusión con los egresados del Doctorado en Ciencias agroalimentarias 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 o el estudiante de doctorado 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.
- 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. La o 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. 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, será dado de baja definitiva de la Universidad Autónoma Chapingo. La o 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 aplicará un examen extraordinario.
- La o el estudiante deberá aprobar, cada semestre, una evaluación de parte de su Comité Asesor.
- La o el estudiante deberá mantener actualizado, semestralmente, su Perfil Único en la Plataforma Rizoma o en el sistema que establezcla para ello la SECIHTI.
- La o el estudiante deberá atender, con oportunidad, los trámites administrativos necesarios para mantener su situación regular, así como los requisitos correspondientes establecidos por la SECIHTI o, en su caso, las fuentes de financiamiento.
- La o el estudiante del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias debe 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, el 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 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.
- Para estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, esta actividad debe completarse antes del término del séptimo 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 esta Coordinación organizar 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 al Director de tesis del estudiante y la Coordinación del Posgrado se reserva el derecho de aprobarlo.

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 Doctora en Ciencias Agroalimentarias o Doctor en Ciencias Agroalimentarias, están sujetos a los procedimientos establecidos por la Universidad Autónoma Chapingo y a la entrega de medios de verificación que garantizan el cumplimiento del Plan de Estudio por la o el doctorante.

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

- I. Aprobación de los créditos correspondientes al grado de doctorado en ciencias.
- II. Aprobación del examen predoctoral.
- III. Aprobación de la tesis de grado.
- IV. Cumplimiento con los requisitos de retribución social.
- V. Cumplimiento con los requisitos de manejo del idioma inglés, lo que consiste en la acreditación de un mínimo 500 puntos en el examen global oficial del idioma inglés (TOEFL; *Test of English as a Foreign Language*).
- VI. Haber publicado un artículo científico en una revista indizada o haber enviado dos artículos a revistas indizadas. 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 el que establezca esta Secretaría.
- VII. Aprobación del examen de grado.
- VIII. Pago de los derechos correspondientes.

De manera excepcional, si la normatividad institucional lo permite, las y los estudiantes de Doctorado en Ciencias podrán obtener el grado durante el semestre siguiente al término del plazo correspondiente. La autorización para inscribirse al periodo extraordinario y el plazo de término se otorgarán sólo si la o el estudiante ha cumplido con el requisito de inglés y el examen predoctoral. El tiempo en que se hubiera obtenido permiso de suspensión de estudios no se toma en cuenta para los cómputos señalados.

De manera particular, para obtener el grado de Doctora en Ciencias Agroalimentarias o Doctor en Ciencias Agroalimentarias, el estudiante debe cubrir 129 créditos en total, organizados en 21 créditos académicos (4 cursos incluyendo 1 curso especial), 24 créditos académicos en asignaturas optativas (4 cursos), 12 créditos en seminarios de investigación (4 cursos), 21 créditos en Proyecto de Investigación (organizado y evaluado en 7 cursos), 21 créditos en la estancia de investigación y 30 créditos en la tesis doctoral. El examen predoctoral y el examen de grado no tienen valor en créditos.

La revisión y aprobación de la tesis para optar por el grado de Doctora en Ciencias o Doctor en Ciencias se sujeta al procedimiento y requisitos siguientes:

- Cuando a juicio de la Directora o el Director del Comité Asesor la tesis esté concluida, la turna a los otros miembros del Comité Asesor para su revisión y en su caso, emisión por escrito de observaciones y sugerencias para mejorar el documento.
- Una vez atendidas satisfactoriamente las observaciones y sugerencias, el Comité Asesor emite el voto aprobatorio de cada miembro en el formato correspondiente, avalando la originalidad del documento.
- La Directora o el Director del Comité Asesor turna a la Coordinadora o Coordinador de Estudios de Posgrado, para su revisión, el voto aprobatorio de la tesis, un ejemplar de ésta y el(es) artículo(s). Una

vez revisados la originalidad de la tesis se envía a la Coordinadora o Coordinador General de Estudios de Posgrado para que designe a una Lectora Externa o un Lector Externo.

- La Lectora Externa o el Lector Externo envía los comentarios y sugerencias sobre la tesis a la Coordinadora o Coordinador General de Estudios de Posgrado, quien a su vez los remite a la Coordinadora o Coordinador de Estudios de Posgrado para que sean atendidos. En casos excepcionales, la Coordinación General de Estudios de Posgrado puede nombrar un segundo Lector Externo.
- Una vez que se tengan los votos aprobatorios del Comité Asesor y de la Lectora Externa o Lector Externo, la Coordinadora o el Coordinador de Estudios de Posgrado verifica que la tesis se haya desarrollado de acuerdo con lo establecido en el Manual para la Elaboración la Tesis.
- La versión final del documento de tesis se somete a revisión para el cumplimiento de los lineamientos de prevención del plagio, mediante el uso del sistema que indique la Coordinación General de Estudios de Posgrado. Si el documento no cumple con los lineamientos establecidos se informará de ello a la Directora o Director de Tesis.
- Cuando el documento de tesis cumple con todos los lineamientos, se envía a la Coordinación General de Estudios de Posgrado para la aprobación final.
- Si la Coordinadora o el Coordinador General de Estudios de Posgrado no objeta la sanción del Coordinador de Estudios de Posgrado, en función de lo establecido en el Manual para la Elaboración de la Tesis, solicita al Director General Académico la autorización del examen de grado. En caso contrario, debe sustentar por escrito las objeciones.

13. Características del diseño curricular

En este apartado se detallan algunos aspectos que fueron aplicados para el desarrollo de la Estructura y organización curricular.

13.1. Análisis de similitud con otros doctorados de la UACH

El Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) es un programa que aborda diversos campos de investigación, por lo que puede establecer relaciones complementarias con otros doctorados de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en particular con el Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera, el Doctorado en Problemas Económico Agroindustriales y el Doctorado en Horticultura. Estos doctorados ofrecen materias optativas que abren paso al fortalecimiento de dichas relaciones, ya que los alumnos del DCA podrán cursar algunas de sus materias optativas en los doctorados anteriormente mencionados, con previo acuerdo del comité asesor.

13.2. Análisis de la flexibilidad del plan de estudios

El Programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) se cursa en cuatro años, con 129 créditos. El plan de estudios incluye tres asignaturas obligatorias y cuatro 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 nacional o extranjera con la que se tenga convenio. Además, las y los estudiantes pueden registrar cursos especiales, cuyo contenido se define en función de sus necesidades formativas. Si bien el Programa asigna un tutor al inicio de la formación, las y los estudiantes tienen la libertad de elegir un tema de investigación, elegir a su Director de Tesis y, asimismo, a los integrantes de su Comité Asesor, con lo cual puede variar la composición de asignaturas elegidas como optativas. También, las y los estudiantes realizan una estancia de investigación en otra institución y para ello cuentan con la libertad para hacer la elección y enfoque correspondientes. En conjunto, todo esto le da al plan de estudio suficiente flexibilidad para favorecer una formación amplia e interdisciplinaria.

13.3. Estancia de investigación

El Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias establece, como obligatoria, la realización de una estancia de investigación, con duración de tres a seis meses en una institución distinta a la Universidad Autónoma Chapingo. Las estancias de investigación tienen como objetivo preparar al alumno para conformar criterios propios sobre la labor de generar conocimiento. Asimismo, se dirigen a mejorar la calidad de la producción científica del programa, toda vez que permiten la generación de publicaciones internacionales, con la participación de profesores y estudiantes de las instituciones relacionadas.

De esta forma, se promueve la movilidad del estudiante y con ello se enriquecen las experiencias de formación mediante el contacto con otras comunidades académicas. Asimismo, en función de la localización de la institución receptora, se puede favorecer la interculturalidad, que constituye uno de los criterios transversales del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior.

Al respecto, se han fortalecido relaciones con la Universidad de Santiago de Compostela, España, con la cual se han delineado los mecanismos para optar por una cotutela.

13.4. Procesos de movilidad estudiantil

La movilidad estudiantil es un componente importante del plan de estudios, lo que se atiende, de manera obligatoria, a través de la estancia de investigación. A este respecto, el Plan de Estudios del Doctorado en Ciencia Agroalimentarias asigna 21 créditos a este tipo de movilidad estudiantil. En este proceso están involucrados: la Coordinación del Posgrado, las autoridades universitarias y el Departamento de Intercambio Académico. Además, las y los estudiantes toman cuatro cursos optativos, de los cuales la mitad se puede tomar fuera del Programa. Con ello, se pueden tomar 12 créditos en materias optativas, lo que da un total de 33 créditos que las y los estudiantes pueden atender en otros programas doctorales.

Por otro lado, los estudiantes de Doctorado en Ciencias de la Universidad Autónoma Chapingo tienen derecho a ser apoyados para asistir como ponentes en dos eventos científicos a lo largo de su formación, lo que favorece la movilidad.

13.5. Tutorías

Los Programas de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo están sujetos a las políticas del Sistema Nacional de Posgrados (SNP), que contempla políticas y criterios en materia de Tutorías. A este respecto, los alumnos del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias contarán con el apoyo de un Tutor desde el primer semestre, quien puede asumir la función de Director del Proyecto de Tesis y, por tanto, ser Presidente del Comité Asesor del estudiante.

Las funciones básicas del tutor son las siguientes:

- Proporcionar una orientación acerca de la naturaleza del programa educativo y de la investigación, así como de los estándares esperados en el desempeño del alumno y el tipo de trabajo de investigación a ejecutar. Diseñar en conjunto la trayectoria académica acorde con el interés del alumno.
- Mantener contacto periódico a través de entrevistas, seguimiento en los seminarios y avances del trabajo de investigación. La frecuencia de las reuniones se acordará previamente, pero deberán ser al menos dos por semestre.
- Definir en conjunto las fechas y etapas del trabajo de tesis a fin de cumplir con los tiempos acordados y la normatividad vigente.
- Solicitar el trabajo escrito o los reportes de avances requeridos y regresarlos revisados y con críticas constructivas y en un tiempo razonable, que no implique un periodo mayor a tres semanas a partir de su recepción.

Con el Programa de Tutorías se tiene el propósito de avanzar en el reto de incorporar a los estudiantes a procesos de gestión e innovación del conocimiento, así como la contribución a la formación integral con el fin de desarrollar capacidades abiertas y de habilidades para el trabajo colaborativo y en redes. Así, el principal desafío es potenciar el desarrollo profesional de los estudiantes ubicados en escenarios reales y no limitarse sólo a favorecer su éxito escolar en el Posgrado.

13.6. Formación profesional integral

Las asignaturas del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias se han estructurado de manera tal, que sus contenidos están encaminados a brindar una formación integral, humanística y ética de los doctorandos, orientados principalmente al trabajo en equipo, con atención al cuidado del ambiente y responsabilidad social.

De manera particular, el Doctorado en Ciencias Agroalimentarias debe cumplir con los lineamientos del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES) y, en tal sentido, se han establecido los criterios para una formación que integre los siete criterios transversales, enfocados al compromiso con la responsabilidad social, la equidad social y de género, la inclusión, la excelencia, la vanguardia, la innovación social y la interculturalidad.

Asimismo, se han establecido criterios para que, a través de los Seminarios de Investigación, se desarrolle habilidades de poder, definidas como la combinación de habilidades técnicas y habilidades blandas.

Por otro lado, las y los estudiantes del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias disponen, además, del apoyo de la Unidad para la Convivencia y Atención Multidisciplinaria a Estudiantes (UCAME) y, con ello, acceso a cursos como Manejo del Estrés; Habilidades de Expresión en Público; Lectura Veloz; Estrategias de Aprendizaje;

Comunicación Efectiva; Asertividad; Habilidades de Interacción; Liderazgo; Carta de Navegación: Plan de Vida y Carrera; Sensibilización y Trabajo en Equipo; El Arte de Vivir con Calidad; Entrevista de Trabajo y Taller de Redacción y Ortografía, entre otros. Estos cursos son elegidos con la asesoría del Director o Tutor, de acuerdo con las necesidades del estudiante.

Por otro lado, el Centro de Formación Artística y Cultural (CFAC) tiene como misión participar activamente en la educación integral de los alumnos de la UACH y de los habitantes del entorno inmediato, propiciando el interés para desarrollar actividades artísticas y culturales, y vincularse con otras formas de aprendizaje, por lo que ofrece talleres artístico-culturales, que son espacios de participación, creación e interacción social, que tienen como base un programa multidisciplinario. Estos talleres se dividen en cuatro áreas: artes escénicas (danza), artes plásticas (pintura y grabado), música y comunicación y pensamiento (ajedrez, creación literaria, video documental y realización de audiovisuales). Asimismo, se ofrecen gratuitamente festivales, ciclos de cine, exposiciones, conferencias, conciertos y ferias.

La Coordinación General de Difusión Cultural y Servicio organiza anualmente, desde hace más de 25 años, la Feria Nacional de la Cultura Rural, con el objetivo de mostrar a la sociedad mexicana, las aportaciones de la población campesina e indígena a nuestro patrimonio artístico y cultural, material e inmaterial.

La Feria del Libro, es un evento en el que a través del Departamento de Publicaciones se cuenta con la presencia de diversas editoriales, talleres y conferencias.

Finalmente, se puede acceder a las instalaciones deportivas y es posible que los alumnos sean parte de los equipos representativos.

14. Líneas de investigación e incidencia social

El Plan de estudio del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) se organiza en cuatro Áreas de Conocimiento. De ellas, tres corresponden a Líneas de Investigación e Incidencia Social (LIES), entre las cuales están agrupados los 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 (LIES).

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 la descripción de cada una de las LIES.

14.1. Alimentos frescos y procesados

Descripción

El incremento de la población, en los próximos veinte años, provocará que la producción de alimentos y las tecnologías de procesamiento sean incluso 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.

El Programa del DCA 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.

Objetivo general

Formar doctores 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.

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 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.

14.2. Alimentos funcionales e innovadores

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. Por ello, 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.

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. 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.

Objetivo general

Formar doctores 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/nutraceuticos.

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.

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.

14.3. Bioprocessos agroalimentarios

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. Así, las áreas de interés para la ingeniería de bioprocessos 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; 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.

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 son: 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 bioprocesos; generación de la estructura del modelo; análisis de sensibilidad; estimación de parámetros; evaluación o validación de modelos; análisis de incertidumbre; modelación numérica de bioprocesos y optimización dinámica de bioprocesos (control óptimo de bioprocesos).

Objetivo general

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

14.3.1. Objetivos particulares

- Desarrollar metodologías para la producción de biocombustibles y nuevos materiales a través de bioprocesos, 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 bioprocesos 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.

Metas

- Formación de recursos humanos con alto grado de responsabilidad científica y social, con habilidades, capacidades y conocimientos en el campo de los bioprocesos 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 bioprocesos 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.

15. Plan y mecanismos de evaluación

A continuación, se describen mecanismos y criterios para obtener la información y el análisis acerca de la pertinencia y posibles modificaciones de los diversos componentes curriculares planteados en el Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

Encuestas a egresadas y egresados y el foro de expertas y expertos. Tienen la finalidad de mantener al Posgrado informado de los requerimientos actuales del sector agroalimentario, para identificar nichos de investigación en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria pertinentes que confieran congruencia y relevancia al Plan de estudio.

El seguimiento a egresadas y egresados se realiza anualmente mediante el uso de aplicaciones de Google para enviar encuestas a través de enlaces y ser contestadas y enviadas en línea. Las aplicaciones usadas son: gmail, gDrive, Docs y formularios construidos en aplicaciones como Microsoft Forms®. Las encuestas se diseñan por el núcleo de profesoras y profesores y la Coordinación de Estudios de Posgrado.

Para la realización del **foro de egresadas, egresados, empleadoras y empleadores**, cada dos años, se invitan personas con experiencia en los sistemas agroalimentarios, del ámbito empresarial y gubernamental y, asimismo, a egresadas y egresados del Programa. Se solicita que presenten ponencias relacionadas a temas como las siguientes, de tal modo que orienten la actualización del Programa:

- Necesidad de personas con posgrado en ciencias agroalimentarias.
- Retos y oportunidades en torno al sector agroalimentario.
- Experiencia profesional.
- Áreas básicas para la formación de doctoras y doctores en ciencias agroalimentarias.

La **evaluación de la actividad docente** se realiza semestral y anualmente. La **Evaluación Semestral**, se hace a través del uso de aplicaciones de Microsoft Forms® con la que se diseñan tres cuestiones que cada estudiante debe responder en línea, tales como estímulos a la labor docente, evaluación del programa de cada asignatura cursada en el semestre y evaluación del profesor que impartió cada asignatura. Los resultados son analizados y posteriormente se envían a cada profesor con la finalidad que realice ajustes en contenido y método de enseñanza, si se requiere.

La **Evaluación Anual** se enfoca a la productividad científica y académica. El instrumento de evaluación consiste de 15 factores de productividad científica. La evaluación la realiza la Coordinación de Evaluación y Seguimiento, dependiente de la Dirección General Académica y el resultado determina la permanencia de las Profesoras y los Profesores en el Programa de Estímulos al Desempeño Docente de la UACH. Estas opciones incluyen lo relacionado a las actividades de docencia, investigación, servicio y difusión de la cultura, que desarrolla

el personal docente como parte esencial de su quehacer universitario. La evaluación considera, en lo general, los factores de Formalización y Actualización (10% de la ponderación), Desempeño en Docencia e Investigación (70% de la ponderación) y Permanencia (20% de la ponderación).

Asimismo, en forma anual, las y los profesores registran su productividad en áreas de investigación y los resultados son evaluados por comisiones de la Dirección General de Investigación, Posgrado y Servicio, donde el resultado impacta directamente en el acceso a recursos económicos para financiar proyectos de investigación.

Las evaluaciones del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de SECIHTI se basan en una Convocatoria anual, cuyo resultado favorece vigencias de cuatro o cinco años, de tal manera que un profesor que es aceptado en este Sistema refrenda su membresía con evaluaciones correspondientes a la vigencia de su nombramiento. Los criterios específicos están plasmados en el Reglamento del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

Con fecha 8 de mayo de 2023 se publicó la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGMHCTI; DOF, 2023). El artículo 38 de la LGMHCTI señala que el Consejo Nacional, mediante un Sistema Nacional de Posgrados, organizará los programas acreditados ante la Secretaría de Educación Pública, a partir de la naturaleza pública o privada de la institución en que se imparten, y de la orientación del programa de posgrado a la investigación o a la profesionalización de las personas. A través del Sistema Nacional de Posgrados, el Consejo Nacional facilitará y promoverá la creación y consolidación de programas de posgrado orientados a la investigación en todas las ciencias y humanidades, así como programas dedicados a la profesionalización de las personas en las áreas y los temas que defina la Junta de Gobierno del Consejo Nacional conforme a la Agenda Nacional. La Junta de Gobierno del Consejo Nacional debe expedir los lineamientos para regular la integración y operación del Sistema Nacional de Posgrados.

Con fecha 20 de julio de 2023, el Programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA) fue postulado para su transición al Sistema Nacional de Posgrados-SEP. En el mes de septiembre de 2023, el Programa de DCA fue clasificado dentro de la Categoría I, correspondiente a Programas de Posgrado impartidos por universidades, instituciones de educación superior y centros de investigación del sector público, que estén orientados a la investigación en ciencias y humanidades, incluidas las disciplinas creativas. En tal sentido, el Programa de DCA está sujeto a los lineamientos y criterios de evaluación que emanen del SNP.

El artículo 8 de los Lineamientos del SNP establece que se entenderá por programas de posgrado con orientación a la investigación, los planes de estudio de doctorado directo, de maestría y doctorado integrados o concatenados, o bien doctorados que tengan por objeto la formación de personas humanistas, científicas o tecnológicas que aporten a la generación de nuevo conocimiento, que cuenten con todo lo siguiente:

- I. Al menos diez profesores investigadores de tiempo completo con reconocimiento vigente en el SNII acreditados en el programa de posgrado;
- II. Una planta académica en la que al menos el sesenta por ciento de sus profesores investigadores acreditados en el programa de posgrado cuenten con reconocimiento vigente en el SNII;

- III. Un proceso de acompañamiento al estudiante durante el desarrollo de su investigación para la obtención de grado en el que se garantice que cada profesor investigador con reconocimiento en el SNII o profesor investigador de tiempo completo acreditados en el programa de posgrado atienda un máximo de cinco estudiantes;
- IV. Garantizar que se exima a las personas becarias de cualquier pago de colegiatura o conceptos equivalentes, en términos del transitorio tercero de los presentes Lineamientos. Aquellos programas de posgrado que cobren más de lo estipulado en el transitorio tercero de los presentes Lineamientos no podrán ser considerados entre los posgrados con orientación a la investigación, con independencia de los contenidos de sus programas de estudios.

La evaluación académica a los estudiantes. Las y los estudiantes del DCA deberán cumplir con los criterios de ingreso y permanencia contemplados en el Reglamento General de Estudios de Posgrado; la acreditación del mapa curricular del Programa; la evaluación semestral del Comité Asesor; los criterios específicos de evaluación de las asignaturas cursadas bajo el título *evaluación*, mismos que se hacen del conocimiento de la y el estudiante. El agente responsable de transmitir esta información es la profesora o el profesor responsable del curso, sustentado en el programa respectivo, al que se tiene acceso a través del enlace: <https://pcyta.posgrado.chapingo.edu.mx>.

La evaluación, en términos del **TOEFL**, indica que, para graduarse los estudiantes de doctorado en ciencias deben obtener la acreditación de un mínimo de 500 puntos, el cual es un requisito de egreso.

Los **avances en la investigación** se evalúan por medio de los seminarios de investigación con la presentación de avances del trabajo de tesis ante toda la comunidad del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria e invitados, donde la asistencia del Comité Asesor es obligatoria. El profesor responsable de dicho seminario tendrá la facultad de emitir una calificación de todo el curso y de la presentación y, asimismo, estas evaluaciones se desarrollan cada semestre.

16. Sinopsis de los programas de asignatura

DCA-801. Diseños experimentales

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde al área metodológica y es de carácter obligatorio, se imparte en el primer semestre. Se compone de tres unidades, con una duración de 4 h presenciales y 2 h de estudio independiente por semana, equivalente a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; se relaciona verticalmente con una amplia variedad de asignaturas destacándose Seminario de investigación II -IV y proyecto de investigación I-VII. Horizontalmente se relaciona con Seminario de investigación I. Esta asignatura permite un estudio planificado de fenómenos relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación agroalimentaria que en gran medida se realiza por la vía experimental.

Objetivos:

- Estructurar un pensamiento analítico, mediante los diseños experimentales, para la planeación de investigación que contribuya a la solución de problemas en ciencia, tecnología e innovación del ámbito agroalimentario.
- Investigar los procedimientos fundamentales de diseño de experimentos, mediante el estudio de los principios teóricos, para su comprensión y aplicación en investigaciones pertinentes.

Contenido:

Unidad I. Bases de la experimentación (estrategias de experimentación y pautas generales para diseñar experimentos).

Unidad II. Modelos de diseños experimentales y análisis de varianza.

Unidad III. Modelos de regresión y métodos de superficie de respuesta.

DCA-802. Bioquímica avanzada de alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Es una asignatura de ciencia aplicada, en donde se contemplan la composición y reacciones químicas y bioquímicas para mantener y/o mejorar la calidad de los alimentos. Se estudian las características químicas más importantes de los principales componentes de los alimentos. Asimismo, se estudian algunas de las reacciones químicas y bioquímicas de los alimentos, tales como el oscurecimiento enzimático, los cambios en las clorofilas, coagulación de la leche, maduración de quesos, polimorfismo de ácidos grasos, fermentaciones alcohólica, acética, mixta, entre otras.

Objetivo:

Investigar la composición y estructura de los alimentos, considerando las principales reacciones químicas y bioquímicas que se llevan a cabo durante el manejo, conservación y transformación de los mismos, con la finalidad de mantener o reducir sus pérdidas de calidad.

Contenido:

- Unidad I. Frutas y vegetales.
- Unidad II. Bioquímica de fermentaciones.
- Unidad III. Química de la leche.
- Unidad IV. Bioquímica de cereales y oleaginosas.

DCA-803. Métodos instrumentales de análisis de alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura se imparte durante el segundo semestre, es de carácter obligatorio y tipo teórico-práctico. Consta de cuatro unidades, que comprenden las bases teóricas sobre las técnicas analíticas instrumentales y brinda a los alumnos la oportunidad de formarse en el conocimiento de métodos físicos, químicos, espectrofotométricos, espectroscópicos y cromatográficos. El aprendizaje y trabajo de esta asignatura contribuye al desarrollo práctico y analítico del proyecto de investigación del alumno.

Objetivos:

Investigar técnicas instrumentales, considerando su fundamento teórico, las herramientas necesarias, la metodología de implementación, la interpretación de resultados y sus limitaciones, para la caracterización de alimentos y subproductos.

Contenido:

Unidad I. El análisis instrumental de alimentos en la investigación científica.

Unidad II. Análisis físicos y químicos de alimentos.

Unidad III. Técnicas espectrofotométricas y espectroscópicas para el análisis de alimentos.

Unidad IV. Cromatografía.

DCA-804. Sistemas agroindustriales

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Ello implica que se relaciona verticalmente con las asignaturas de relacionarse en forma horizontal con las asignaturas obligatorias de Bioquímica Avanzada de Alimentos, con Diseños Experimentales y con el Seminario de Investigación I. En función del semestre en que sea elegida, puede relacionarse horizontalmente con otras asignaturas optativas y con los Seminarios de Investigación. La asignatura es de tipo teórico-práctico, consta de seis unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos.

Objetivo:

Desarrollar sistemas agroindustriales, mediante un enfoque integral de cadena de valor que abarque la producción primaria, el procesamiento y la comercialización, con el fin de mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad del sector agroalimentario, respondiendo a los desafíos actuales de seguridad alimentaria y demanda del mercado global.

Contenido:

- Unidad I. Introducción a los sistemas agroindustriales.
- Unidad II. Interrelación agricultura-industria.
- Unidad III. Comercialización y logística agroalimentaria.
- Unidad IV. Enfoque de cadena de valor en la agroindustria.
- Unidad V. Innovación y sostenibilidad en los sistemas agroindustriales.
- Unidad VI. Políticas públicas, economía y globalización en la agroindustria.

DCA-805. Innovación tecnológica en ciencias agroalimentarias

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Ello implica que se relaciona verticalmente con las asignaturas de relacionarse en forma horizontal con las asignaturas obligatorias de Bioquímica Avanzada de Alimentos, con Diseños Experimentales y con el Seminario de Investigación I. En función del semestre en que sea elegida, puede relacionarse horizontalmente con otras asignaturas optativas y con los Seminarios de Investigación. La asignatura es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos.

Objetivo:

Crear innovaciones tecnológicas en la agroindustria, mediante el análisis de tendencias emergentes y la implementación de soluciones basadas en nuevas tecnologías, con el fin de mejorar la sostenibilidad, la eficiencia y la competitividad en el procesamiento, almacenamiento, distribución y comercialización de alimentos, para contribuir a la seguridad alimentaria y la innovación en el sector.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de la innovación tecnológica.
- Unidad II. Tecnologías emergentes en el sector agroalimentario.
- Unidad III. Innovación en la sostenibilidad agroalimentaria.
- Unidad IV. Gestión de la innovación y la transferencia tecnológica.

DCA-806. Economía circular

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La economía circular aplicada al sistema agroalimentario consiste en un modelo que permite promover prácticas sostenibles en la cadena de valor agroalimentaria que minimicen los residuos y desperdicios al optimizar los recursos. Esta asignatura corresponde a la LGAC Alimentos frescos y procesados. Es de carácter electivo que se imparte en el primer y segundo semestre. Consta de cuatro unidades, con una duración de 4 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana; equivalente a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; tiene relación vertical con Bioquímica avanzada de alimentos, Sistemas agroindustriales, Innovación tecnológica en ciencias agroalimentarias, Biofermentadores y bioprocessos y horizontal con Seminario de Investigación II-III, Proyecto de investigación II-III.

Objetivo:

Crear estrategias de economía circular en la cadena de valor agroalimentaria, mediante el uso de la información y las herramientas tecnológicas, a fin de promover prácticas sostenibles que reduzcan el desperdicio y optimicen el uso de los recursos.

Contenido:

Unidad I. Introducción.

Unidad II. Gestión de desperdicios y residuos agroalimentarios.

Unidad III. Integración de procesos circulares en el sistema agroalimentario.

Unidad IV. Estudios de caso.

DCA-807. Análisis multivariado

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

El análisis multivariado es una herramienta estadística que permite sistematizar, analizar e interpretar datos de fenómenos desde un enfoque de varias variables, así como estimar e inferir aspectos de interés sobre un problema de investigación científica. Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Ello implica que se relaciona verticalmente con las asignaturas de relacionarse en forma horizontal con las asignaturas obligatorias de Bioquímica Avanzada de Alimentos, con Diseños Experimentales y con el Seminario de Investigación I. En función del semestre en que sea elegida, puede relacionarse horizontalmente con otras asignaturas optativas y con los Seminarios de Investigación. La asignatura es de tipo teórico-práctico, consta de seis unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos.

Objetivos:

Desarrollar habilidades analíticas y de comunicación para la toma de decisiones en el ámbito agroalimentario, mediante el uso de métodos de análisis multivariado, para interpretar resultados científicos, resolver problemas complejos y formular conclusiones fundamentales en el trabajo en equipo y el análisis de casos reales.

Contenido:

Unidad I. Conceptos básicos.

Unidad II. Estimación y pruebas de hipótesis.

Unidad III. Análisis factorial.

Unidad IV. Quimiometría.

DCA-808. Introducción a las ciencias ómicas en alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura se centra en el uso de tecnologías ómicas (genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica) para mejorar la comprensión de los procesos biológicos, químicos y moleculares que afectan la calidad, seguridad y funcionalidad de los alimentos. Estas tecnologías permiten un análisis profundo de los alimentos a nivel molecular, para favorecer la innovación en el desarrollo de nuevos productos, el control de calidad y la seguridad alimentaria. Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y es conveniente que se pueda elegir a partir del tercer semestre, de forma que se relacione verticalmente con las asignaturas de Bioquímica Avanzada de Alimentos y de Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos. En función del semestre en que sea elegida, puede relacionarse horizontalmente con otras asignaturas optativas y con los Seminarios de Investigación. La asignatura es de tipo teórico-práctico, consta de seis unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos.

Objetivo:

Desarrollar la capacidad de aplicar las ciencias ómicas (genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica) en el análisis integral de los alimentos, mediante el uso de herramientas bioinformáticas y tecnologías avanzadas, para mejorar la calidad, seguridad, funcionalidad y trazabilidad de los productos alimentarios, contribuyendo a la innovación en el sector agroalimentario y a la creación de alimentos más saludables y sostenibles.

Contenido:

- Unidad I. Introducción a las ciencias ómicas y su aplicación en los alimentos.
- Unidad II. Genómica aplicada a los alimentos.
- Unidad III. Transcriptómica en la ciencia de los alimentos.
- Unidad IV. Proteómica y su aplicación en la calidad y seguridad alimentaria.
- Unidad V. Metabolómica en la ciencia de los alimentos.

DCA-809. Impresión 3-D de alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el tercer semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente con Reología de Sistemas Dispersos, que constituye un prerequisito. Asimismo, se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos, con Diseños Experimentales y con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, que se cursan en los primeros dos semestres. Asimismo, se relaciona horizontalmente con otras optativas, como Ciencia de Datos en el Ámbito Agroalimentario y Simulación de Sistemas Biológicos.

Objetivo:

Crear alimentos mediante impresión 3-D, con el fin de innovar en la producción de alimenticios personalizados, funcionales y sostenibles, que respondan a las necesidades del mercado agroalimentario y fomenten la reducción de desperdicios y la eficiencia en los procesos productivos.

Contenido:

- Unidad I. Introducción a la impresión 3-D de alimentos.
- Unidad II. Materias primas para la impresión 3-D de alimentos.
- Unidad III. Diseño y optimización de estructuras alimentarias.
- Unidad IV. Personalización y funcionalidad de los alimentos impresos.

DCA-810. Técnicas cromatográficas

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el tercer semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos y con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, que constituyen requisitos. Asimismo, se relaciona verticalmente con Métodos Espectroscópicos de Alimentos y con Metabolitos Secundarios en Alimentos y Subproductos.

Objetivo:

Crear procedimientos de aplicación de técnicas cromatográficas mediante el estudio de sus fundamentos teóricos, instrumentación y metodologías de separación, para su aplicación en la identificación y cuantificación de compuestos en el área de ciencias agroalimentarias.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de la cromatografía.
- Unidad II. Cromatografía líquida (HPLC).
- Unidad III. Cromatografía de gases (GC).
- Unidad IV. Técnicas complementarias y avanzadas.

DCA-811. Introducción a la bioinformática

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Metodológica, lo que implica que maneja elementos que conciernen a las tres líneas. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el tercer semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos, con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, que constituyen requisitos. Asimismo, se relaciona verticalmente con Introducción a las Ciencias Ómicas, con Métodos Espectroscópicos de Alimentos y con Metabolitos Secundarios en Alimentos y Subproductos.

Objetivo:

Investigar fundamentos teóricos y metodológicos de la bioinformática, empleando herramientas computacionales para el análisis de datos biológicos y su aplicación en estudios del ámbito agroindustrial, para caracterizar materiales del ámbito agroindustrial.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de bioinformática.
- Unidad II. Herramientas computacionales en bioinformática.
- Unidad III. Análisis de datos ómicos de productos agroindustriales.
- Unidad IV. Aplicaciones de la bioinformática en ciencias agroalimentarias.

DCA-816. Curso especial I

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Forma parte de un conjunto de tres Cursos Especiales. Se trata del primero de los dos y constituye una asignatura de carácter obligatorio que se imparte en el tercer semestre de formación. Esta asignatura es un apoyo a las tres LGAC (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Tiene valor de 3 créditos y se desarrolla a través de dos horas de actividad presencial y una hora de trabajo independiente por semana. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se relaciona hacia atrás con el Seminario de Investigación I y el Proyecto de Investigación I, en tanto que se relaciona hacia adelante con los Proyectos de Investigación II a VII. En forma horizontal se relaciona con el Proyecto de Investigación II y con una optativa.

Objetivo:

Investigar técnicas analíticas y/o instrumentales relacionados con el proyecto de investigación, a través de desarrollos experimentales, a fin de que sean usadas en el desarrollo de la investigación del doctorante.

Contenido:

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

DCA-817. Curso especial II

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	3
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Forma parte de un conjunto de tres Cursos Especiales. Se trata del segundo curso especial y constituye una asignatura de carácter optativo. Esta asignatura es un apoyo a las tres LGAC (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocessos agroalimentarios). Tiene valor de 3 créditos y se desarrolla en una Sesión normal de 16 semanas, con carga de 2 horas por semana presenciales y 1 de trabajo independiente. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación.

Objetivos:

Investigar principios conceptuales relacionados con el proyecto de investigación del doctorante, a través investigación documental y métodos activos de enseñanza-aprendizaje, para fortalecer las habilidades de investigación independiente.

Contenido:

El contenido temático será individualizado a cada estudiante de acuerdo con necesidades específicas y será definido por el Comité Asesor.

DCA-818. Curso especial III

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
Optativo	TyP	3
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Forma parte de un conjunto de tres Cursos Especiales. Se trata del tercer curso especial y constituye una asignatura de carácter optativo. Esta asignatura es un apoyo a las tres LGAC (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Tiene valor de 3 créditos y se desarrolla en una Sesión normal de 16 semanas, con carga de 2 horas por semana presenciales y 1 de trabajo independiente. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación.

Objetivos:

Investigar principios conceptuales relacionados con el proyecto de investigación del doctorante, a través investigación documental y métodos activos de enseñanza-aprendizaje, para fortalecer las habilidades de investigación independiente.

Contenido:

El contenido temático será individualizado a cada estudiante de acuerdo con necesidades específicas y será definido por el Comité Asesor.

DCA-821. Seminario de investigación I

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea 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). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 3 créditos y se desarrolla a través de dos horas presenciales y una hora de trabajo independiente por semana. Esta asignatura está enfocada al desarrollo del protocolo de investigación que el estudiante desarrollará durante su formación doctoral. La asignatura se relaciona verticalmente con los Seminarios de Investigación II a IV. En forma horizontal, se desarrolla con las asignaturas de Bioquímica Avanzada de Alimentos y Diseños Experimentales Avanzados.

Objetivos:

Crear protocolos de investigación en ciencias agroalimentarias, mediante la construcción del estado del arte, la identificación y delimitación de un problema de estudio, la formulación de hipótesis y objetivos, y el uso de herramientas experimentales innovadoras, para fomentar la sensibilidad hacia los problemas sociales, la responsabilidad ética y el impacto positivo de la investigación en grupos productivos beneficiados.

Contenido:

- El papel del compromiso con la responsabilidad social, la equidad, la inclusión, la interculturalidad y las consideraciones éticas en el protocolo de investigación.
- Estado del arte y delimitación de un problema de estudio.
- El papel de la interdisciplina, la transdisciplina, la innovación social y la vanguardia en la planificación experimental.
- Formulación de hipótesis y objetivos de investigación.
- Estructura de un protocolo de investigación.

DCA-822. Seminario de investigación II

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

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 3 créditos y se desarrolla a través de dos horas presenciales y una hora de trabajo independiente por semana. En esta etapa, el doctorante ya ha formulado su protocolo de investigación, ha completado dos etapas de investigación y se encuentra desarrollando una tercera. El objetivo es sistematizar resultados y emprender la difusión de los mismos. La asignatura se relaciona verticalmente con los Seminarios de Investigación I, III y IV y, asimismo, con los Proyectos de Investigación I y II. En forma horizontal, se desarrolla con el Proyecto de Investigación III.

Objetivos:

Crear procedimientos de análisis de resultados de investigación en forma consistente con una planificación definida, a través de herramientas de diseños experimentales y criterios de excelencia, innovación social y vanguardia, para cumplir los objetivos de la investigación, la comprobación de hipótesis, la difusión del conocimiento generado a través de la publicación de una nota científica y el aseguramiento de la pertinencia del proyecto de investigación.

Contenido:

- Marco motivacional. El compromiso con la responsabilidad social, la equidad, la inclusión, la interculturalidad y las consideraciones éticas en la difusión de resultados de investigación.
- Procesamiento y análisis de datos.
- Discusión argumentativa.
- Estructura de un informe de investigación.
- Mecanismos de difusión de resultados de investigación.

DCA-823. Seminario de investigación III

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

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 3 créditos y se desarrolla a través de dos horas presenciales y una hora de trabajo independiente por semana. En esta etapa, el doctorante ya ha completado cuatro etapas de investigación y se encuentra desarrollando una quinta. El objetivo es sistematizar resultados y emprender la difusión de los mismos. La asignatura se relaciona verticalmente con los Seminarios de Investigación I, II y IV y, asimismo, con los Proyectos de Investigación I a IV. En forma horizontal, se relaciona con el Proyecto de Investigación V.

Objetivos:

Crear informes de investigación en forma consistente con una planificación definida, a través de herramientas de diseños experimentales y criterios de excelencia, innovación social y vanguardia, para cumplir los objetivos de la investigación, la comprobación de hipótesis, la difusión del conocimiento generado mediante la publicación de un artículo científico y el aseguramiento de la pertinencia del proyecto de investigación.

Contenido:

- Marco motivacional. El compromiso con la responsabilidad social, la equidad, la inclusión, la interculturalidad y las consideraciones éticas en la difusión de resultados de investigación.
- Procesamiento y análisis de datos.
- Discusión argumentativa.
- Estructura de un informe de investigación.
- Mecanismos de difusión de resultados de investigación.

DCA-824. Seminario de investigación IV

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

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 3 créditos y se desarrolla a través de dos horas presenciales y una hora de trabajo independiente por semana. Se trata del último Seminario de Investigación en la formación del doctorante y para su desarrollo ya ha completado seis etapas de investigación y se encuentra desarrollando una séptima. La asignatura se relaciona verticalmente con los Seminarios de Investigación I a III y, asimismo, con los Proyectos de Investigación I a VI. En forma horizontal, se relaciona con el Proyecto de Investigación VII y con la Tesis de Grado.

Objetivos:

- Crear informes de investigación con base en un compromiso con la responsabilidad social, la excelencia, la innovación social y vanguardia, para asegurar la pertinencia del proyecto de investigación.
- Escribir una tesis doctoral, siguiendo la normatividad institucional, para la mejora del proceso de revisión e impulso de la eficiencia terminal.

Contenido:

- Estructura general de una tesis de grado. Normatividad institucional.
- Discusión argumentativa.
- Habilidades transversales: responsabilidad social, excelencia, vanguardia, capacidad de innovación.
- Mecanismos de difusión de resultados de investigación.

DCA-825. Proyecto de investigación I

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

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 Bioprocesos agroalimentarios). Es una asignatura que se registra con equivalencia de 3 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 doctorante, 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 VII y, asimismo, con los Seminarios de Investigación I a IV. En forma horizontal se relaciona con las asignaturas optativas I y II, que orientan el perfil del doctorante.

Objetivo:

Crear metodologías de evaluación de las variables características de los fenómenos que se investigan en el protocolo de investigación del doctorante, a través de procedimientos experimentales apoyados con diseños estadísticos formales, para optimizar su reproducibilidad y favorecer el desarrollo del proyecto de investigación de manera rigurosa.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-826. Proyecto de investigación II

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el tercer semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I y III a VII. En forma horizontal se relaciona con el Curso Especial I y con una asignatura optativa, que cumple el objetivo de fortalecer la línea de investigación del doctorante.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-827. Proyecto de investigación III

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el cuarto semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I a II y IV a VII. En forma horizontal se relaciona con el Seminario de Investigación II y con una asignatura optativa que cumple el objetivo de fortalecer la línea de investigación del doctorante. Asimismo, se relaciona horizontalmente con el Examen Predoctoral.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-828. Proyecto de investigación IV

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el quinto semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I a III y V a VII. En forma horizontal puede relacionarse con la Estancia de Investigación, que el doctorante debe atender en el tercer año de su formación.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-829. Proyecto de investigación V

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el sexto semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I a IV y VI a VII. En forma horizontal se relaciona con el Seminario de Investigación III y, asimismo, puede relacionarse con la Estancia de Investigación, que el doctorante debe atender en el tercer año de su formación.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-830. Proyecto de investigación VI

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el séptimo semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I a V y VII. En esta etapa, el doctorante está dedicado totalmente al desarrollo de su proyecto de investigación.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-831. Proyecto de investigación VII

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	3
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
1	1	1

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y se imparte en el octavo semestre de formación. 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 3 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 doctorante, según los avances logrados en el período, de acuerdo con la programación establecida en el protocolo de cada investigación. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación I a VI. En forma horizontal, se relaciona con el Seminario de Investigación IV. La asignatura se desarrolla en el último semestre de formación, por lo que también se relaciona horizontalmente con la Tesis de Grado.

Objetivo:

Llevar a cabo un protocolo de investigación a través de un diseño experimental coherente con los factores de variación identificados en el fenómeno estudiado en el proyecto de tesis del doctorante, para comprobar las hipótesis planteadas o, en su caso, reformularlas.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-832. Estancia de investigación

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	21
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
4	10	7

TyP: Tipo teórico-práctico; h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la Línea Metodológica. Es de carácter obligatorio y corresponde a una actividad que se desarrolla en el tercer año de formación. La asignatura es un apoyo a las tres LIES (Alimentos funcionales e innovadores, Alimentos frescos y procesados y Bioprocesos agroalimentarios). Esta actividad se dirige a fortalecer las habilidades de investigación del estudiante a través de la interacción con investigadores de otras instituciones. Por ello, es obligatorio cumplir al menos uno de los siguientes resultados: desarrollar la tesis con un codirector; atender cursos con valor curricular; participar en eventos científicos para la presentación de avances de investigación en congresos nacionales o internacionales; estancias de investigación y/o perfeccionamiento que contribuyan al logro de los objetivos del programa, escritura de artículos científicos y formar redes de colaboración nacional e internacional. La calificación asignada a las actividades de esta asignatura de Proyecto de Investigación será asignada por el Comité Asesor de cada doctorante, según los avances logrados en el período de la estancia. La asignatura se relaciona verticalmente con los Proyectos de Investigación y, asimismo, con los Seminarios de Investigación. En forma horizontal, la Estancia de Investigación puede coincidir con el desarrollo de los Proyectos de Investigación IV y V.

Objetivos:

- Establecer colaboraciones con investigadores de diferentes áreas relacionadas con las ciencias agroalimentarias, a través de una interacción en redes, para promover la interdisciplinariedad y favorecer el desarrollo de habilidades blandas mediante el trabajo en entornos distintos.
- Fortalecer las habilidades de comunicación de resultados de investigación a través de la interacción con científicos de otras instituciones, para fortalecer el desarrollo de las líneas de investigación del Programa.

Contenido:

Se define de forma coordinada con el Comité Asesor.

DCA-833. Tesis de grado

Datos generales:

Área del conocimiento:

Metodológica		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Obligatorio	TyP	30
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
10	10	10

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Los doctorantes deben presentar y defender una Tesis para obtener el Grado de Doctora o Doctor en Ciencias Agroalimentarias. La asignatura de Tesis de Grado es de tipo teórico-práctico y se desarrolla en el octavo semestre, con valor de 30 créditos, para atender con oportunidad la gestión del proceso de graduación.

Objetivo:

Escribir la tesis de grado, a través de herramientas de análisis de los resultados del proyecto de investigación y con la aplicación de los lineamientos del Reglamento General de Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo, para cumplir los requisitos de egreso del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias.

Contenido:

- Estructura de una tesis de doctorado en ciencias.
- Gestión de la aprobación de una tesis de doctorado en ciencias.

DCA-841. Tópicos selectos en postcosecha

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Frescos y Procesados		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LGAC Alimentos frescos y procesados. Es de carácter optativa que se imparte en la sesión de primavera del III semestre del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias. Consta de tres unidades de aprendizaje. Esta asignatura es de tipo teórico y práctico, con una duración de 2 horas teoría y 2 horas práctica presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana, equivalente a 6 créditos. La asignatura de Tópicos selectos en Postcosecha tiene relación vertical con la asignatura Proyecto de investigación II y con Curso especial I, horizontalmente con Bioquímica avanzada de alimentos, Proyectos de investigación III, IV, V, VI y VII; Seminarios de investigación II, III y IV; además con otras optativas que se definirán en función del interés e investigación del doctorante.

Objetivo:

Construir el estado del arte y las tendencias que éste tenga con respecto a alguno de los tópicos en postcosecha, mediante el análisis de la información más recientemente publicada al respecto, a fin de contribuir al desarrollo de la investigación del doctorante.

Contenido:

- Unidad I. Tópicos selectos postcosecha sobre los más recientes avances en cuanto al metabolismo y la fisiología postcosecha de productos hortícolas.
- Unidad II. Tópicos selectos postcosecha sobre los más recientes avances y hallazgos en cuanto a determinación y estabilidad de compuestos bioactivos y/o nutracéuticos en la postcosecha de frutas y hortalizas.
- Unidad III. Tópicos selectos postcosecha sobre los más recientes avances en cuanto a las nuevas tecnologías del manejo postcosecha de frutas y hortalizas.

DCA-842. Tópicos selectos en alimentos de origen animal

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Frescos y Procesados		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde al área de alimentos frescos y procesados. Es de carácter optativo y es elegible a partir del segundo semestre del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias. La asignatura es de tipo teórico y práctico. Se conforma de tres unidades de aprendizaje, con 2 h teoría y 2 horas práctica presenciales y 2 h de estudio independiente por semana, equivalente a 6 créditos. Se relaciona verticalmente con Métodos instrumentales de análisis de alimentos y Proyecto de investigación I; horizontalmente se relaciona hacia atrás con Bioquímica avanzada de alimentos y Seminario de Investigación I, y hacia adelante con Proyecto de investigación II al VII, Seminario de Investigación II-IV y Tópicos selectos en inocuidad agroalimentaria. Esta asignatura aborda las tendencias en conservación, manejo y transformación de los principales alimentos para consumo humano de origen animal y que son de interés particular de los doctorantes para el desarrollo de su proyecto de investigación.

Objetivo:

Investigar el manejo, conservación y transformación de los principales alimentos de origen animal mediante revisión documental, análisis y discusión del estado del arte para la adquisición de conocimientos necesarios para el desarrollo de su proyecto de investigación y la generación de alternativas sostenibles en la producción de alimentos.

Contenido:

Unidad I: Significancia de los alimentos de origen animal.

Unidad II: Nuevos sistemas de evaluación de calidad en alimentos de origen animal.

Unidad III: Tendencias en conservación y desarrollo de nuevos productos de origen animal.

DCA-843. Tópicos avanzados en evaluación sensorial

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Frescos y Procesados		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES Alimentos Frescos y Procesados. Es de carácter electivo que se imparte a partir del tercer semestre. Consta de tres unidades, una duración de cuatro horas presenciales y dos horas de estudio independiente por semana; equivalentes a 6 créditos. La asignatura es de tipo teórico y práctico; tiene relación vertical con Diseño experimentales avanzados y con Seminario de investigación I-IV y Proyecto de investigación I-VI.

Objetivo:

Crear información de propiedades sensoriales de alimentos, para analizar e interpretar datos nominales obtenidos a través de pruebas discriminativas con mediciones repetidas; datos ordinales en pruebas afectivas, empleando diseños de bloques incompletos balanceados y finalmente datos de pruebas descriptivas rápidas tales como el napping el perfil flash, el análisis CATA, la vida sensorial de productos y otras técnicas, con la finalidad de diferenciar, describir y evaluar afectivamente a los alimento/productos en la investigación e innovación de alimentos.

Contenido:

- Unidad I. Pruebas sensoriales discriminativas para mediciones repetidas.
- Unidad II. Análisis estadístico de datos ordinales y de intervalo y sus aplicaciones a pruebas afectivas.
- Unidad III. Aplicación de técnicas multivariadas a variables afectivas y descriptivas.

DCA-844. Herramientas para el análisis de alimentos tradicionales vinculados a su origen geográfico

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Frescos y Procesados		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura se enfoca al desarrollo de habilidades para investigar, analizar y valorar los alimentos tradicionales desde múltiples perspectivas (nutricional, tecnológica, cultural, social y ambiental). En virtud del papel que juegan estos alimentos en la diversidad cultural, la identidad alimentaria y la sostenibilidad, se deben estudiar mediante una combinación de herramientas científicas y contextuales. Esta asignatura es de tipo teórico-práctico y puede elegirse como cualquiera de cuatro optativas que considera el plan de estudios, en los semestres dos a cuatro. Se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos y con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos. En forma horizontal se relaciona con Proyectos de Investigación, en función del semestre en que sea elegida, aunque tiene como prerequisito haber llevado una asignatura de evaluación sensorial en un grado anterior. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que pertenece a la LIES de Alimentos Frescos y Procesados, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Crear habilidades para el análisis integral de los productos y alimentos tradicionales, aplicando técnicas avanzadas de caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial, así como enfoques socioeconómicos y culturales, con el fin de fomentar la innovación y revalorización de estos alimentos en los sistemas agroalimentarios, promoviendo su sostenibilidad y preservación cultural.

Contenido:

- Unidad I. Introducción a los alimentos tradicionales.
- Unidad II. Herramientas para el análisis de alimentos tradicionales.
- Unidad III. Innovación y desarrollo de productos basados en alimentos tradicionales.
- Unidad IV. Aspectos sociales, culturales y económicos de los alimentos tradicionales.
- Unidad V. Estudios de caso.

DCA-845. Tópicos selectos en inocuidad agroalimentaria

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Frescos y Procesados		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura aborda de manera profunda los desafíos y enfoques más avanzados para garantizar la inocuidad de los productos agroalimentarios en todas las etapas de la cadena de producción y suministro. Se ofrece una visión integral que abarca desde los riesgos microbiológicos y químicos hasta las normativas internacionales, con énfasis en nuevas tecnologías y tendencias emergentes en el campo de la inocuidad. Esta asignatura es de tipo teórico práctico y puede elegirse como cualquiera de cuatro optativas que considera el plan de estudios, en los semestres dos a cuatro. Se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos y con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos. En forma horizontal se relaciona con Proyectos de Investigación, en función del semestre en que sea elegida, aunque tiene como prerequisito haber llevado una asignatura de evaluación sensorial en un grado anterior. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que pertenece a la LIES de Alimentos Frescos y Procesados, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivos:

Crear habilidades teóricas y metodológicas avanzadas para identificar, evaluar y gestionar los riesgos microbiológicos, químicos y físicos en los sistemas agroalimentarios, aplicando nuevas tecnologías y normas internacionales, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de la cadena de valor y promover la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en un contexto global.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de la inocuidad alimentaria.
- Unidad II. Principales riesgos para la inocuidad alimentaria.
- Unidad III. Tecnologías emergentes para la detección y control de riesgos.
- Unidad IV. Sistemas de gestión y estándares internacionales de inocuidad.
- Unidad V. Inocuidad en la cadena de valor agroalimentaria.

DCA-851. Tópicos en técnicas instrumentales de análisis

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Alimentos Funcionales e Innovadores		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura corresponde al Área de Conocimiento “Alimentos Funcionales e Innovadores”, es de carácter optativo y tipo teórico-práctico; mantiene una relación horizontal con las asignaturas de Seminario de Investigación I y Proyecto de Investigación II; en tanto su relación vertical es con Bioquímica avanzada de alimentos y Métodos instrumentales de análisis de alimentos. La evaluación de la asignatura consiste en tres niveles: inicial, intermedia y final. En cada una se considera el trabajo individual y por equipo. Se contempla, además, trabajo independiente para la revisión de artículos, elaboración de reportes de prácticas, un portafolio de evidencias, las valoraciones de desempeño, los proyectos de investigación bibliográfica y exámenes parciales. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Investigar técnicas microscópicas de análisis de alimentos, considerando su fundamento, instrumentación básica, metodología, limitaciones y aplicaciones, para su correcta aplicación.

Contenido:

- Unidad I. Introducción y principios de microscopía
- Unidad II. Preparación de muestras para microscopía fotónica
- Unidad III. Adquisición y tratamiento digital de imágenes
- Unidad IV. Microscopía electrónica de barrido y microscopía electrónica de transmisión

DCA-852. Fisicoquímica avanzada de alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Funcionales e Innovadores		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura corresponde al Área de Conocimiento “Alimentos Funcionales e Innovadores”, es de carácter optativo y tipo teórico-práctico; mantiene una relación horizontal con las asignaturas de Seminario de Investigación I y Proyecto de Investigación II; en tanto su relación vertical es con Bioquímica avanzada de alimentos y métodos instrumentales de análisis de alimentos. La evaluación de la asignatura consiste en tres niveles: inicial, intermedia y final. En cada una se considera el trabajo individual y por equipo. Se contempla, además, exposiciones, exámenes escritos y reportes de prácticas. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Investigar principios fisicoquímicos de aplicación al estudio de alimentos, por medio de la evaluación de fenómenos de superficie (equilibrio y reactividad), propiedades de biopolímeros y sistemas coloidales, para el desarrollo de nuevos productos y tecnologías.

Contenido:

- Unidad I Termodinámica de las interfasess.
- Unidad II Cinética química e interacciones coloidales.
- Unidad III Fenómenos de superficie.
- Unidad IV Sistemas coloidales.

DCA-853. Enzimología de los alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Funcionales e Innovadores		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura corresponde al Área de Conocimiento “Alimentos Funcionales e Innovadores”, es de carácter optativo y tipo teórico-práctico; mantiene una relación horizontal con las asignaturas de Seminario de Investigación I y Proyecto de Investigación II; en tanto su relación vertical es con Bioquímica avanzada de alimentos y Métodos instrumentales de análisis de alimentos. La evaluación de la asignatura consiste en tres niveles: inicial, intermedia y final. En cada una se considera el trabajo individual y por equipo. Se contempla, además, el portafolio de evidencias, las valoraciones de desempeño, los proyectos de investigación bibliográfica, exámenes parciales para la búsqueda de información relacionada con un tema específico y preparación de una exposición. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Crear conocimiento básico y tecnológico sobre enzimas, mediante su estudio teórico-práctico, para el desarrollo de bioprocessos aplicados en la producción, conservación, desarrollo e innovación de alimentos.

Contenido:

Unidad I. Fundamentos de enzimología.

Unidad II. Enzimas en la industria alimentaria.

Unidad III. Estrategias inmovilización de enzimas en la industria alimentaria.

Unidad IV. Legislación sobre el uso de enzimas en alimentos.

DCA-854. Reología de sistemas dispersos

Datos generales:

Área del conocimiento:

Alimentos Funcionales e Innovadores		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura corresponde al Área de Conocimiento “Alimentos Funcionales e Innovadores”, es de carácter optativo y tipo teórico-práctico; mantiene una relación horizontal con las asignaturas de Seminario de Investigación I y Proyecto de Investigación II; en tanto su relación vertical es con Bioquímica avanzada de alimentos y Métodos instrumentales de análisis de alimentos. La evaluación de la asignatura consiste en tres niveles: inicial, intermedia y final. En cada una se considera el trabajo individual y por equipo. Se contempla, además, análisis de material científico, exámenes escritos, prácticas de laboratorio y proyecto final. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Investigar los cambios en las propiedades reológicas de sistemas dispersos, mediante la aplicación de las distintas pruebas reológicas en sistemas con diferente composición, pH y tamaño de partícula, para la formulación de alimentos funcionales.

Contenido:

Unidad I. Propiedades reológicas de los materiales.

Unidad II. Pruebas rotacionales: comportamiento de flujo.

Unidad III. Pruebas oscilatorias dinámicas.

Unidad IV: Reología interfacial.

DCA-855. Sistemas de protección y liberación controlada de compuestos bioactivos

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Alimentos Funcionales e Innovadores		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura corresponde al Área de Conocimiento “Alimentos Funcionales e Innovadores”, es de carácter optativo y tipo teórico-práctico; mantiene una relación horizontal con las asignaturas de Seminario de Investigación I y Proyecto de Investigación II; en tanto su relación vertical es con Bioquímica avanzada de alimentos y Métodos instrumentales de análisis de alimentos. La evaluación de la asignatura consiste en tres niveles: inicial, intermedia y final. La evaluación tendrá un enfoque por objetivos y comprenderá: valoración de desempeño en el laboratorio, evaluación de reportes de prácticas y proyectos de investigación bibliográfica, así como exámenes parciales. Se trata de una asignatura teórico-práctica con valor de 6 créditos, que se desarrolla a través de cuatro horas de trabajo presencial y dos horas de trabajo independiente por semana.

Objetivo:

Crear metodologías adecuadas para la obtención de sistemas de protección y liberación controlada de agentes bioactivos, con base en fundamentos teóricos sobre su funcionalidad, con el fin de obtener alimentos que contribuyan al estado de salud de la población.

Contenido:

Unidad I. Alimentos funcionales y sus agentes bioactivos.

Unidad II. Materiales para la formación de sistemas de protección

Unidad III. Sistemas de protección y liberación de bioactivos: características y tecnologías de producción.

Unidad IV. Métodos y mecanismos de liberación de agentes bioactivos entrampados.

DCA-861. Métodos espectroscópicos de análisis de alimentos

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Es una asignatura enfocada al manejo de las técnicas de espectroscopía ultravioleta (UV), infrarrojo (IR), resonancia magnética nuclear (RMN) y espectrometría de masas (EM) para identificar compuestos orgánicos en alimentos, enfatizando en el análisis de gráficos y espectros para la interpretación y elucidación de las estructuras. Es una asignatura que pertenece al Área de Conocimiento de Bioprocesos Agroalimentarios. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente principalmente Bioquímica Avanzada de Alimentos, que se cursa en el primer semestre. Por otro lado, puede relacionarse horizontalmente con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos.

Objetivo:

Investigar conceptos teóricos y experimentales para su aplicación en la elucidación de la estructura de un compuesto orgánico desconocido que forma parte de algún producto alimenticio, con base en el análisis de la información espectroscópica obtenida a partir de los espectros de UV-Vis, IR, RMN y EM.

Contenido:

- Unidad I. Espectroscopia infrarroja.
- Unidad II. Espectroscopia ultravioleta UV-(visible).
- Unidad III. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear.
- Unidad IV. Espectrometría de masas.

DCA-862. Metabolitos secundarios en alimentos y subproductos

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

La asignatura de metabolitos secundarios en alimentos y subproductos pertenece al Área de Conocimiento de Bioprocesos Agroalimentarios y se puede elegir a partir del primer semestre del segundo año del programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias. Es de carácter optativo. Tiene relación vertical principalmente con la asignatura de Bioquímica Avanzada de Alimentos, que se cursa en el primer semestre. También se relaciona verticalmente con las asignaturas de Seminario de investigación I-IV y Proyecto de investigación I, III-VII. Tiene relación horizontal con Proyecto de investigación II. El curso se desarrolla en tres unidades. La evaluación se realiza mediante exámenes escritos y mediante evaluación de trabajo en laboratorio en el que se aplican diversos ensayos para clasificar e identificar compuestos de origen vegetal y animal. Asimismo, se evalúa la comprensión de información relevante en cada unidad a través de la lectura de información contenida en los libros clásicos y artículos científicos seleccionados.

Objetivos:

- Especificar el lenguaje para el estudio de los productos naturales de origen animal y vegetal, mediante la comprensión de la literatura que se utiliza en la investigación de derivados de origen animal y vegetal, para favorecer el análisis de la literatura.
- Especificar las especies de origen vegetal más comunes, por comparación con especímenes de herbario y de jardines botánicos, para que se identifiquen los compuestos y productos de acuerdo con sus usos como alimenticios, medicinales, insecticidas, biocombustibles y las empleadas en la industria de fitofármacos.
- Desarrollar metodologías, por medio de la adaptación de técnicas y procedimientos, para la preparación y separación de extractos vegetales y animales.

Contenido

Unidad I. Desarrollo de fármacos a nivel industrial

Unidad II. Estructura y biosíntesis de metabolitos secundarios métodos de extracción y separación.

Unidad III. Pruebas químicas preliminares para detectar metabolitos secundarios, métodos de extracción, separación e identificación.

DCA-863. Ciencia de datos en investigación

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura pertenece a la LIES Bioprocesos Agroalimentarios. Es de carácter optativo y se imparte en el segundo semestre del programa de posgrado. La asignatura consta de cuatro unidades y tiene una duración de 2 horas presenciales y 2 horas de estudio independiente por semana, equivalentes a 6 créditos. Es una materia teórico-práctica, con relación vertical con las asignaturas Diseños Experimentales Avanzados y Proyectos de Investigación II-VII, y horizontalmente con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos y Proyecto de Investigación I. Esta asignatura proporcionará las herramientas necesarias para que los estudiantes puedan aplicar soluciones basadas en ciencia de datos a problemas actuales en el sector agroalimentario, utilizando tanto datos históricos como en tiempo real para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.

Objetivo:

Crear herramientas y métodos básicos de la ciencia de datos para la adquisición, organización, análisis y modelado de información en el contexto de los sistemas agroalimentarios, mediante un manejo introductorio de software especializado como Excel, R y Python, para identificar patrones, optimizar procesos productivos y generar conocimiento aplicable a la investigación y la toma de decisiones en su campo de especialidad.

Contenido:

Unidad I. Introducción a la ciencia de datos en sistemas agroalimentarios.

Unidad II. Métodos de adquisición y gestión de datos en sistemas agroalimentarios.

Unidad III. Análisis exploratorio de datos.

Unidad IV. Introducción a técnicas de modelado básico.

DCA-864. Biofermentadores y bioprocessos

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos Agroalimentarios. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos, Diseños Experimentales y el Seminario de Investigación I, que se cursan en el primer semestre. Por otro lado, se relaciona horizontalmente con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, con Proyecto de Investigación I y con otras dos optativas.

Objetivo:

Diseñar bioprocessos y biofermentadores para el manejo de sistemas agroalimentarios, mediante el conocimiento profundo de los principios microbiológicos, tecnológicos y operativos, con el propósito de fomentar la innovación en la producción sostenible de bioproductos de alto valor agregado, alineados con las necesidades de la industria y las normativas de seguridad y calidad.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de bioprocessos y fermentación.
- Unidad II. Cinética de los bioprocessos.
- Unidad III. Diseño y operación de biofermentadores.
- Unidad IV. Aplicaciones en la industria agroalimentaria.

DCA-865. Ingeniería de sistemas postcosecha de frutas y vegetales

Datos generales:

Área del conocimiento:

Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos Agroalimentarios. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. A nivel vertical, la asignatura requiere bases de bioquímica y fisiología postcosecha, que debieron ser adquiridas en programas de nivel licenciatura o maestría. En adición, se relaciona verticalmente con las asignaturas de Bioquímica Avanzada de Alimentos y Diseños Experimentales, que se cursan en el primer semestre. Por otro lado, se relaciona horizontalmente con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, con Proyecto de Investigación I y con otras como Simulación de Sistemas Biológicos, así como Ciencia de Datos en el Ámbito Agroalimentario.

Objetivo:

Crear soluciones tecnológicas de manejo postcosecha de productos hortofrutícolas frescos o semiprocesados, mediante la evaluación de factores de deterioro, la identificación de variables clave y la aplicación de fundamentos teóricos y tecnológicos, con el fin de mantener la calidad de los productos y fomentar la innovación, el trabajo en equipo y el espíritu emprendedor en el diseño de nuevos procesos postcosecha.

Contenido:

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

Unidad II. Enfriamiento y almacenamiento a baja temperatura.

Unidad III. Modificación de la atmósfera circundante.

Unidad IV. Sistemas de envase activos e inteligentes.

DCA-866. Simulación de sistemas biológicos

Datos generales:

Área del conocimiento:		
Bioprocesos Agroalimentarios		
Carácter	Tipo	Créditos totales
Optativo	TyP	6
Teoría/semana (h)	Práctica/semana (h)	Trabajo independiente/semana (h)
2	2	2

TyP: Tipo teórico-práctico: h = horas.

Presentación:

Esta asignatura corresponde a la LIES de Bioprocesos Agroalimentarios. Es de carácter optativo y se puede cursar desde el segundo semestre. Es de tipo teórico-práctico, consta de cuatro unidades y se desarrolla a través de cuatro horas presenciales y dos horas de trabajo independiente por semana, con una equivalencia total de 6 créditos. La asignatura se relaciona verticalmente con Bioquímica Avanzada de Alimentos, Diseños Experimentales y el Seminario de Investigación I, que se cursan en el primer semestre. Por otro lado, se relaciona horizontalmente con Métodos Instrumentales de Análisis de Alimentos, con Proyecto de Investigación I y con otras optativas como Biofermentadores y Bioprocesos y Ciencia de datos en el Ámbito Agroalimentario.

Objetivo:

Desarrollar métodos computacionales y técnicas avanzadas de simulación para modelar, analizar y optimizar sistemas biológicos y bioprocessos relacionados con la producción agroalimentaria, con el fin de mejorar la eficiencia, sostenibilidad y la toma de decisiones en la industria, a través de la predicción del comportamiento de los sistemas bajo diversas condiciones y la validación de modelos basados en datos experimentales.

Contenido:

- Unidad I. Fundamentos de modelado matemático en sistemas biológicos.
- Unidad II. Herramientas computacionales para la simulación biológica.
- Unidad III. Evaluación y optimización de modelos biológicos.
- Unidad IV. Estudio de casos de modelado y simulación de bioprocessos agroalimentarios.

17. 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 participantes en el programa del DCA.

Aguirre Mandujano, Eleazar, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel II.

Temáticas: Propiedades fisicoquímicas, reológicas y difusivas de sistemas dispersos

LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

Corrales García, José Joel Enrique, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.

Temáticas: Fisiología y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas.

LIES: Alimentos frescos y procesados.

Espejel García, Anastacio, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel II.

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

LIES: Alimentos frescos y procesados.

Espinosa Solares, Teodoro, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel III.

Temáticas: Ingeniería de alimentos. Bioprocessos agroalimentarios, metagenómica en biosistemas.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

Flores Girón, Emmanuel, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.

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

LIES: Alimentos frescos y procesados.

Guerra Ramírez, Diana, Dra.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel II.

Temáticas: Fitoquímica, propiedades nutracéuticas de alimentos.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

Hernández Montes, Arturo, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.

Temáticas: Propiedades de los alimentos, evaluación sensorial.

LIES: Alimentos frescos y procesados.

Hernández Rodríguez, Blanca Elizabeth, Dra.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.

Temática: Enzimología de alimentos, fermentación en estado sólido.

LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

Hernández Rodríguez, Landy, Dra.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.
Temática: Microencapsulación de compuestos bioactivos, extracción de bioactivos de residuos alimenticios.
LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

Lobato Calleros, Consuelo Silvia Olivia, Dra.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII): Emérita.
Temáticas: Formulación, estructuración y estudio de sistemas dispersos alimenticios.
LIES: Alimentos funcionales e innovadores.

Pérez López, Artemio, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.
Temáticas: Modelado de bioprocessos.
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

Reyes Trejo, Benito, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.
Temáticas: Química de productos naturales, fitoquímica y farmacología de plantas medicinales.
LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

Sandoval Castilla, Ofelia. Dra.

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, Dr.

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 Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel II.

Temáticas: Tecnología poscosecha. Ingeniería de alimentos.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

Ybarra Moncada, Ma. Carmen, Dra.

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, Dr.

Químico, Universidad del Valle, Cali, Colombia (2002).

Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (2010).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel I.

Temáticas: Productos naturales y síntesis orgánica.

LIES: Bioprocessos agroalimentarios.

18. 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/J.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>
- Banco de México (Banxico). (2024). Balanza de productos agropecuarios. <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE122&locale=es>
- 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.* 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>
- 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. 228–232). <https://doi.org/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 artesanialidad 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.
- CONACES. (2023). Marco general del sistema de evaluación y acreditación de la educación superior. México: Consejo Nacional para la Coordinación de la Educación Superior
- CONEVAL. (2023). Medición de la pobreza. Pobreza en México.
<https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaNacional.aspx> Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2022. 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. (2019). Ley General de Educación. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2021). Ley General de Educación Superior. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2023a). Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2023b). Índice Nacional de Precios al Consumidor. 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>
- 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. (2023). 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. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- 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>
- 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.
- 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>
- 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. (2022). 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/>
- 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/a_proposito/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/b_oletines/2023/enoen/enoen2023_03.pdf
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática]. (2024). Banco de Información Económica. https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0#D733674_1020001700100040
- 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.
- 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., Czeczotko, 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. Stuchey, 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 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). PANAFTOZA 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-panaftoa-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>
- 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
- 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. *Documentos*. Recuperado el 17 de octubre de 2019, de <https://www.gob.mx/siap/es/archivo/documentos?idiom=es&order=DESC&page=6>.
- SPPE. (2024). *Modelo educativo. Subdirección de Planes y Programas de Estudio*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- 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>
- 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/10.1112-22512015000100002>
- UNESCO. (2020). Aprender a transformarse con el mundo: Educación para la supervivencia futura. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374923_spa
- 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.
- 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>

Octubre de 2025

19. Acuerdos de aprobación y registro

El Proyecto Educativo y el Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias Agroalimentarias fueron aprobados por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial en fecha 4 de febrero de 2025 y por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo en fecha 30 de junio de 2025, según siguientes Acuerdos. El registro ante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública se realizó el 20 de octubre de 2025.

19.1. Por el H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial (CODIA)

Acuerdo 3-SO-458: “El H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial, aprueba el Proyecto Educativo del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias”.

Acuerdo 4-SO-458: “El H. Consejo Departamental de Ingeniería Agroindustrial, aprueba el Plan de Estudios del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias”.

19.2. Por el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo

Acuerdo No. 1263-8. “Una vez recibida la información documental reglamentaria, correspondiente a la actualización del Programa Educativo del Doctorado en Ciencias Agroalimentarias (DCA), que imparte el Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Ingeniería Agroindustrial (DIA), la cual es presentada por las autoridades del mismo; y que fue analizada en conjunto por la Subdirección de Planes y Programas de Estudio de la Dirección General Académica y la Coordinación General de Estudios de Posgrado; y que cumple con la normatividad existente para su aprobación, este H. Consejo Universitario autoriza la actualización del Programa Educativo, Doctorado en Ciencias Agroalimentarias, cuyo grado a otorgar es "Doctora en Ciencias Agroalimentarias" o "Doctor en Ciencias Agroalimentarias"; así como su registro al interior de la Universidad y ante la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública, para su entrada en vigor a partir del segundo semestre del Ciclo Escolar 2025-2026”.

19.3. Registro de Actualización ante la Dirección General de Profesiones (DGP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en fecha 20 de octubre de 2025 con clave de carrera 342607.

