

# FONDO DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN DEL ITESO

## CONVOCATORIA 2023

Categoría: Equipos de  
Investigación en procesos de  
consolidación.

Problemáticas: Problemáticas  
económicas y problemáticas de  
salud.

## FONDO DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN DEL ITESO

Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585. Tlaquepaque, Jalisco, México. CP: 45090. Teléfono: +52 (33) 3669 3434

### ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.1. Nombre del proyecto .....	5
1.2. Categoría a la que corresponde el proyecto (debidamente justificada) .....	5
1.3. Fechas de inicio y de término del proyecto.....	5
1.4. Palabras clave .....	5
1.5. Resumen.....	5
1.6. Descripción del PI al que pertenece el investigador responsable, así como de los otros PI involucrados.....	5
1.7. Descripción y antecedentes de la línea de investigación del PI en la que participa el proyecto. ....	7
1.8. Descripción y antecedentes de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) del o los programas de posgrado a las que aporta el proyecto. ....	7
1.9. Currículum Vitae del investigador coordinador, departamento o centro de adscripción, y horas semanales de encargo asignadas para actividades de investigación. ....	10
1.10. Currículum Vitae de los investigadores colaboradores del ITESO, departamentos o centros de adscripción, y horas semanales de encargo asignadas para actividades de investigación (en caso de que participen). ....	11
1.11. Currículum Vitae de los investigadores externos, adscripción, y horas semanales que dedicarán al proyecto (en caso de que participen). ....	14
1.12. Estudiantes de posgrado o licenciatura participantes en el proyecto. Nombre completo y programa educativo de adscripción. ....	14
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN EXTENSO.....	15
2.1. Objetivos (general y específicos).....	15
2.2. Problema(s) de investigación (incluye en su planteamiento, la argumentación sobre su relación con las problemáticas planteadas en la presente convocatoria y la descripción sobre su construcción interdisciplinar). ....	15
2.3. Antecedentes en el campo científico .....	20
2.4. Metodología (incluye la argumentación respecto a su abordaje interdisciplinar). ....	25
2.5. Productos esperados y relación con los objetivos del (los) PFI relacionados. ....	31
2.6. Cronograma de trabajo.....	32

2.7. Bibliografía .....	37
3. INTERLOCUCIÓN SOCIAL.....	39
3.1. Enumeración de los agentes no académicos de la sociedad civil, gubernamental o empresarial interesados en el proyecto y declaración de sus intenciones de aprovechar los frutos del trabajo de investigación. ....	39
3.2. Descripción de la participación de los interlocutores sociales en cada etapa del proyecto. ....	39
4. PRESUPUESTO CONFORME AL ANEXO C, QUE INCLUYA: .....	40
4.1. Tabla de conceptos y costos.....	40
4.1.1. Equipamiento: equipo de laboratorio o de campo, garantías, mantenimiento de laboratorio, consumibles, etc. ....	40
4.1.2. Pago por servicios especializados a terceros: se deberá cumplir con los requisitos establecidos por la Oficina de Personal de la Dirección de Administración y Finanzas y podrán abarcar hasta el 35% del presupuesto solicitado. ....	40
4.1.3. Viajes: hotel, transporte, viáticos, inscripciones, etc. ....	41
4.1.4 Varios: refrigerios reuniones, copias, gasolina, papelería, envíos, correspondencia, publicaciones (según las políticas y procedimientos vigentes), etc. ....	41
4.2. Cronograma del ejercicio del presupuesto, de acuerdo con las fechas de inicio y finalización contempladas. ....	42
5. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS .....	42
5.1. Plan para evitar riesgos técnicos, financieros, de recursos humanos, de manejo de información y de datos personales, de impacto ambiental, de amenaza a la salud de seres vivos o de otra índole, ya sea durante la investigación o la implantación de los resultados. .	42
5.2. Plan de mitigación de riesgos, en caso de no poder evitarse los riesgos mencionados.	48
6. DECLARACIÓN DE ADHESIÓN A LOS PRINCIPIOS ÉTICOS DEL ITESO CONTENIDOS EN LAS NORMATIVAS VIGENTES. ....	48
7. ANEXOS .....	49
7.1. Cartas de interés de parte de profesores del ITESO, en las que se haga referencia precisa del nombre del proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas de encargo semanales que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y la descripción de sus actividades. ....	49
7.2. Cartas de interés de los investigadores de otras instituciones, en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas semanales que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y la descripción de sus actividades. ....	49

- 7.3. Cartas de interés de los interlocutores sociales, en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán; la descripción de sus actividades y su intención de aprovechar los resultados del proyecto. ....49
- 7.4. Cartas de interés de los alumnos que participarán en el proyecto (en caso de que aplique), en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y descripción de sus actividades. ....49
- 7.5. Carta de los coordinadores de los PI involucrados en la propuesta, en la que se dé cuenta de la aportación que el proyecto hará a las líneas, objetos o problemas del PI. ....49
- 7.6. Carta con el visto bueno del director de la dependencia de adscripción del investigador coordinador, en la que se avale la presentación de su proyecto en el marco de la convocatoria vigente y las horas de encargo semanales previstas para su realización. ....49
- 7.7. Carta con el visto bueno del director de la dependencia de adscripción de cada investigador colaborador del ITESO, precisando las horas semanales de encargo que estima dedicar al proyecto, fases en las que participa y descripción de sus actividades. ....49

## 1. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1.Nombre del proyecto

**Desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales con ingredientes endémicos de México, utilizando inteligencia artificial (IA)**

### 1.2.Categoría a la que corresponde el proyecto (debidamente justificada)

**Equipo de investigación en proceso de consolidación.** La responsable del proyecto, Raquel Zúñiga Rojas, cuenta con grado de doctor y producción científica y académica comparable a lo reportado por un investigador del SNI, nivel candidato. De igual manera, más de la mitad de los participantes (César Lozano Díaz, Xadeni Villegas Ruiz, Ileana Serrano Fraire, Laura Estela Arias Hernández y Felipe Sánchez Carrillo) en el proyecto cuentan con grado de doctor o maestro y con una producción científico-académica también comparable con lo solicitado a un investigador SNI nivel candidato. Además, el Ingeniero Daniel Hernández Mota, cuenta con experiencia profesional en el área de inteligencia artificial.

### 1.3.Fechas de inicio y de término del proyecto

**Agosto 2023 - Julio 2024**

### 1.4.Palabras clave

Aprendizaje automático, Inteligencia artificial, desarrollo de nuevos productos, enfermedades crónico-degenerativas, alimentos funcionales, ingredientes endémicos.

### 1.5.Resumen

En México se desperdician alrededor de 28 millones de toneladas de alimentos al año. Según la SEDESOL, esta cantidad de alimento serviría para alimentar a 7 millones de mexicanos y disminuir la inseguridad alimentaria. La población en esta condición aunada a aquella con recursos, pero con una mala educación alimentaria, resulta en individuos con sobre peso u obesidad vulnerables a enfermedades crónico-degenerativas. La ingesta de alimentos funcionales y nutritivos podría prevenir estas enfermedades. Para aportar soluciones innovadoras, al alcance de todos, para esta problemática se requiere un enfoque interdisciplinario como el uso de la inteligencia artificial (IA) en la ingeniería de alimentos. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es aplicar técnicas de IA para el diseño de alimentos con beneficios para la salud, proporcionados por ingredientes endémicos de México con componentes bioactivos, a precios accesibles y sensorialmente acordes con las expectativas de los consumidores.

### 1.6.Descripción del PI al que pertenece el investigador responsable, así como de los otros PI involucrados

El programa de investigación del Departamento (PI) de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI) atiende problemas relacionados con los problemas nacionales como la Educación, Salud, Soberanía Alimentaria, Transición Energética y Gestión Ambiental. Tradicionalmente el departamento ha atendido proyectos relacionados con energía, alimentos y medio ambiente, así como desarrollo tecnológico en el área de ingeniería mecánica. El trabajo central de investigación en el DPTI es realizado por cada

investigador junto con su grupo integrado por alumnos, que pueden adscribirse a sus proyectos mediante la realización de Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) en licenciatura, Trabajos de Obtención de Grado (TOG) en posgrado, o mediante otra fórmula que resulte adecuada. Además de ser deseable la participación de más de un profesor de planta en cada proyecto, los investigadores deben participar con otros departamentos con el objeto de propiciar y realizar un trabajo en colaboración.

El programa de investigación del DPTI reconoce que es importante continuar con las colaboraciones que se han tenido en investigación con otros departamentos como el Departamento de Matemáticas y Física (DMAF) y el Departamento de Electrónica y Sistemas (DESI) para simplificar recursos y amplificar esfuerzos que contrarresten las problemáticas nacionales.

Por otra parte, la propuesta de PI del Departamento de Matemáticas y Física (DMAF) extiende la visión y las funciones del departamento para desarrollar investigación en ciencia y tecnología. La colaboración estrecha de las dos grandes áreas del DMAF, Matemáticas y Física, es la base técnica y científica fundamental de las ingenierías.

El programa de investigación busca contribuir al desarrollo del entorno social mediante la propuesta de modelos financieros cuantitativos que respondan a los mercados actuales. Además, se busca desarrollar materia prima de alto valor agregado y su manufactura en micro dispositivos que aporten a la mejora del sector salud, de las energías renovables, de la industria electrónica y a la generación de alta tecnología en la región. Para lograr estos objetivos, se analizan sistemas dinámicos por medio del modelado de estos y análisis matemático de sus propiedades. De esta manera, se dará solución a problemas de ingeniería abordándolos como problemas de optimización. También se desarrollarán materiales avanzados empleando técnicas de nanotecnología y se diseñarán dispositivos avanzados micro y nanoestructurados. Todo esto siempre acorde con las orientaciones de responsabilidad social que caracterizan a nuestra institución.

Además, se busca aportar en el área de la educación matemática mediante nuevos modelos educativos para la sociedad del conocimiento. Generando adaptaciones curriculares y desarrollos tecnológicos para mejorar la práctica educativa en el área de las matemáticas y su contextualización en la ingeniería

La propuesta del PI del Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática (DESI) está orientada al desarrollo tecnológico relevante al entorno regional en el ámbito de la electrónica y las tecnologías de la información. Los problemas-objeto atendidos son: competitividad sustentable basada en la innovación tecnológica de alto valor agregado, competitividad basada en la administración de la tecnología y competitividad basada en la educación y la tecnología. Este proyecto se integra a la línea de generación y aplicación del conocimiento sobre gestión de la innovación y la tecnología, el cual, se refiere a la gestión e innovación en el uso de la tecnología de la información. Se aborda la implantación, asimilación y uso de las tecnologías de la información en empresas y organizaciones en todos sus niveles; se estudian los procesos de negocio y el impacto de la tecnología en la estrategia y desempeño organizacional. Analizamos y buscamos soluciones relacionadas con la estructura e impacto de los servicios tecnológicos, en las empresas y en la sociedad

### 1.7. Descripción y antecedentes de la línea de investigación del PI en la que participa el proyecto.

Las líneas de investigación del PI en las que participa este proyecto corresponden a la de **Soberanía alimentaria** y a la de **Salud**. Para la primera, tal como se plantea en el documento del Programa de Investigación del DPTI, esta *“se basa en el derecho de los pueblos para acceder a alimentos nutritivos, culturalmente adecuados, accesibles y de manufactura sostenible y ecológica.”* De acuerdo con el PI, entre los problemas que se deben atender a nivel nacional para lograr la soberanía alimentaria se encuentra el concerniente a la **Formulación de alimentos con baja calidad nutricional**. Por otra parte, en la línea de Salud el PI establece el **Desarrollo de alimentos funcionales** como parte de ésta. De esta manera, el presente proyecto se encuadra perfectamente en estas dos líneas y además se encuadra de manera perfecta en el Objetivo general del programa de investigación del DPTI que es *“Atender los problemas nacionales por medio de los conceptos teóricos y prácticos de la ingeniería para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico al servicio de la sociedad”*

Algunos de los proyectos que se han realizado en estas líneas de investigación, son los siguientes:

- Mejora de la salud ocupacional por decremento de enfermedades generales mediante la implementación de alimentos funcionales en comedores industriales. Fondos CONACYT
- Biorreactor para la producción de probióticos de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* por lote alimentado. Fondos CONACYT
- Diseño e Implementación de nuevas tecnologías renovables en el cultivo y reservación del charal (*Chirostoma sp*) y el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Fondos CONACYT
- Ingredientes a base de algas para una alimentación humana y animal con un valor nutricional mejorado. Fondos CONACYT

En la línea de investigación de los alimentos, no solo han participado profesores de esta área, sino que han colaborado profesores de otras disciplinas tanto del mismo departamento como de otros departamentos y hasta investigadores de universidades extranjeras. En varios de los proyectos mencionados anteriormente, han trabajado parte de los investigadores que conformarán el presente proyecto y al cual se unirán integrantes de otros departamentos como el DMAF y el DESI, así como alumnos de licenciatura de diferentes disciplinas y de posgrado. Por lo tanto, el grupo base de investigadores no ha formado un grupo de investigación como tal y lo ha consolidado, sino que se adapta a las necesidades de la investigación que esté desarrollando y actualmente trata de abordar la soberanía alimentaria y la salud con nuevas técnicas como la inteligencia artificial.

### 1.8. Descripción y antecedentes de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) del o los programas de posgrado a las que aporta el proyecto.

Los programas de Maestría y Licenciatura en Ciencia de Datos del ITESO adscritos al departamento de matemáticas y física (DMAF), propician en sus estudiantes una sólida formación académica y práctica en el desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y resolución de problemas en diversas áreas, promoviendo habilidades y competencias para la investigación y generación de nuevos conocimientos, mediante el desarrollo de habilidades en modelación matemática, estadística, programación, visualización de datos y metodologías de análisis avanzadas.

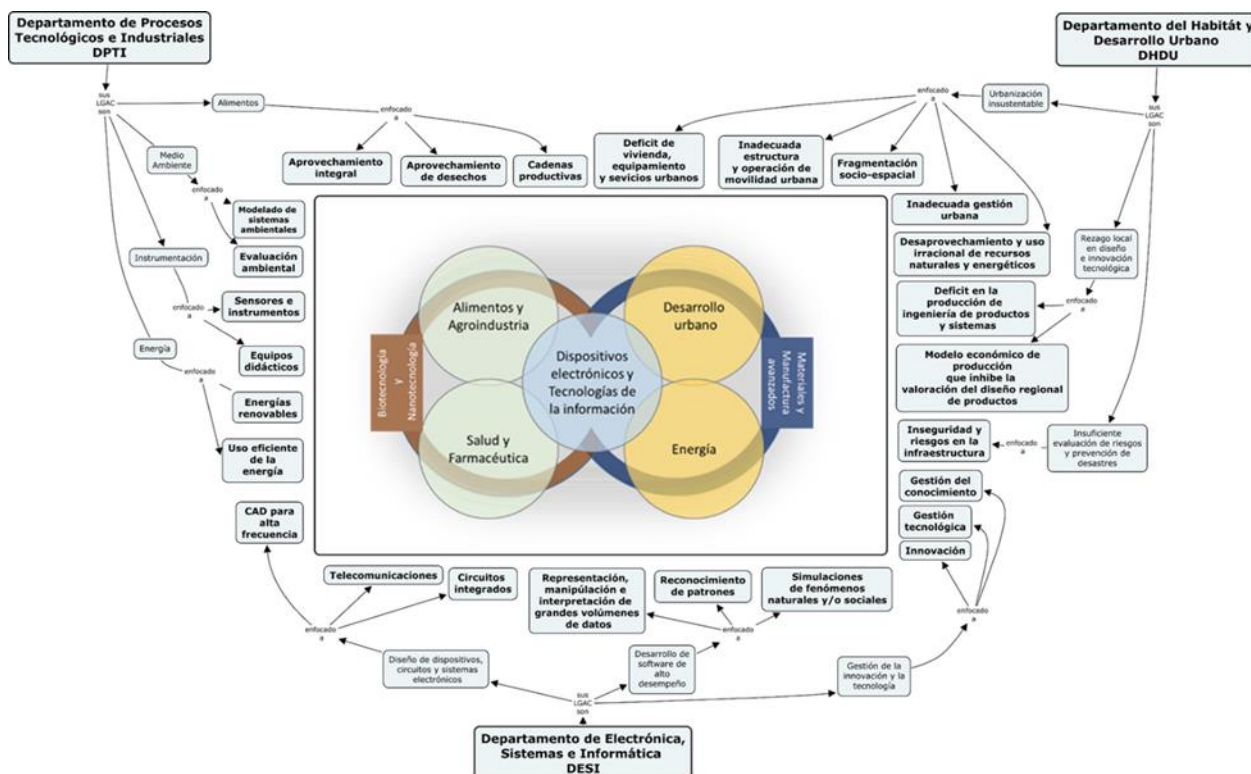
Tanto la maestría como en la licenciatura se enfocan en la identificación de comportamientos, tendencias y simulación de procesos, mediante el análisis de datos y métodos de inteligencia artificial en proyectos de investigación y aplicaciones prácticas en colaboración con empresas e instituciones.

Ambos programas buscan que los estudiantes adquieran habilidades y competencias necesarias para utilizar herramientas de ciencia de datos con el fin de recolectar, limpiar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos para obtener información relevante y útil, para así optimizar el desempeño de los algoritmos de machine learning y pronosticar resultados en situaciones reales. Es por ello por lo que el presente proyecto proporciona un escenario ideal de aplicación inmediata en el entorno de la reingeniería de alimentos e impacto social, proporcionándoles a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos adquiridos mediante la interpretación de los resultados a partir de los modelos obtenidos para contrastarlos con la realidad tomado decisiones bien fundamentadas.

La aplicación del conocimiento tiene como antecedente la creciente demanda de profesionales altamente capacitados en el análisis de datos y la resolución de problemas complejos, en un entorno donde la explosión de datos en diferentes sectores y la necesidad de tomar decisiones informadas basadas en evidencias son fundamentales.

En lo que respecta a la **Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento de la maestría en Ingeniería de Productos y Procesos** del DPTI a la que aporta el proyecto, ésta deriva de los Programas de Investigación (PI) antes Programase Formales de Investigación (PFI) de los 4 departamentos involucrados en este posgrado (Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano, DHDU; Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática, DESI; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, DPTI; y Departamento de Matemáticas y Física, DMAF. La imagen 1, tomada del Anexo 1 del plan de estudios 2017 de la maestría, presenta las líneas y objetos departamentales sobre los campos y temas de oportunidad para la formación de ingenieros.





**Imagen 1.** “Cobertura de los campos y temas de oportunidad para la formación de ingenieros a partir de las líneas y objetos de los departamentos involucrados” fuente: Plan de estudios 2017 Anexo 1. Maestría en Ingeniería de Productos y Procesos.

Como se puede apreciar en la imagen anterior, la línea de Alimentos y Agroindustria se traslapa con la de Salud y Farmacéutica, así como con la de Tecnologías de la Información la cual engloba la “Representación, manipulación e interpretación de grandes volúmenes de datos”, “El reconocimiento de patrones” y la “Simulación de fenómenos naturales”. El eje de la LGAC al que más aporta este proyecto es al de **Ingeniería de la innovación de producto**, el cual “*tiene el propósito de formar profesionales que sean capaces de resolver problemas inherentes al diseño del concepto del producto, desarrollo de sus componentes y partes químicas, mecánicas, electrónicas y de software, selección de materiales, y la transición desde la etapa de prototipo hasta la fabricación del producto.*”

En el documento Anexo 1, se explica que la ingeniería de producto integra actividades referentes a la optimización del costo de producción, la facilidad de fabricación, la calidad, la funcionalidad, la confiabilidad, entre otras.

Los ámbitos problema de este eje se especifican en la tabla 1. Como se puede observar en ella, este proyecto aporta al primer ámbito problema Diseño de producto orientado por el nivel de desempeño del producto.

**Tabla 1.** Ámbitos problema del eje de ingeniería para la innovación de producto

Ámbito problema	Necesidades típicas del problema	Entregables tipo
Diseño de producto orientado por el nivel de desempeño del producto	Descomposición del producto Desempeño en requerimientos funcionales Uso y desempeño de materiales Eficiencia de fabricación y/o producción Elementos clave de diseño	Desarrollo de nuevos productos Innovación y desarrollo de nuevos productos o servicios Desarrollo experimental Prototipo experimental a nivel pre-comercial Sistemas de innovación de producto Diseño y escalamiento en Planta Piloto Planes avanzados de productos Desarrollo de moléculas y fármacos Desarrollo y mejora de productos alimenticios o complementarios a la nutrición
Diseño de producto orientado por el cliente	Atractividad Apariencia Mejoras en desempeño Ajuste a requisitos del cliente Conservación, durabilidad o ciclo de vida	
Diseño de producto orientado por los costos	Costos para competir en el mercado Costos que aún generan beneficios Costos adecuados a la durabilidad y ciclo de vida	
Diseño de producto orientado por la manufactura, producción o sistema constructivo	Baja inversión para producir Facilidad para producir Facilidad para el mantenimiento de los procesos Facilidad para construir	

Fuente: Plan de estudios 2017 Anexo 1. Maestría en Ingeniería de Productos y Procesos.

### 1.9. Currículum Vitae del investigador coordinador, departamento o centro de adscripción, y horas semanales de encargo asignadas para actividades de investigación.

Responsable del proyecto

Raquel Zúñiga Rojas- Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Doctora y Maestra en Biotecnología e Industrias Alimentarias, por la Gran Escuela Nacional Superior de Agronomía e Industrias Alimentarias ENSAIA, en Nancy Francia a finales de los años 90s (1994 – 1999). Especialidad en mejora de procesos de negocios por parte del ITESO. Ingeniera en Industrias Alimentarias por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Monterrey.

Desarrollo profesional llevado a cabo tanto en la industria como en centros de investigación de CONACYT (CIATEJ) así como en la universidad ITESO (en esta última por más de 17 años, 12 de los cuales como coordinadora del programa de Ingeniería de Alimentos, 4 años Coordinadora de Proyectos de Aplicación Profesional y 3 años Coordinadora de una Unidad Académica Básica, así como por 2 años, parte de la Comisión de investigación perteneciente a la Dirección General Académica).

El trabajo se ha centrado por más de 25 años en la creación de alimentos funcionales en beneficio de la prevención de enfermedades crónico-degenerativas y gastrointestinales; buscando que estos sean accesibles para la población más desfavorecida económicamente y que también contribuyan a fomentar una adecuada educación alimentaria.

Participación en más de 20 proyectos científicos y tecnológicos nacionales e internacionales con la agroindustria la han llevado a trabajar en equipo y formar redes de colaboración conectando con

expertos científicos, tecnólogos y jóvenes a nivel licenciatura y posgrado para apoyar a micro, pequeñas y medianas empresas, así como transnacionales.

En cuanto a la docencia, colaboración con profesores y alumnos de diferentes países como Canadá, Alemania, Argentina, Brasil y España.

Participación en consejos y asociaciones relacionadas con la enseñanza superior y con el sector alimentario. Evaluadora y miembro de la Comisión técnica de bioingeniería del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A.C. (CACEI) desde 2007 a la fecha. De igual manera, miembro del Consejo técnico del examen general para el egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI) del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (CENEVAL), miembro del Institute of Food Technologists (IFT) y miembro de la Asociación Mexicana de Ciencia de los Alimentos A.C. (AMECA).

La Dra. Raquel Zúñiga, responsable del proyecto le dedicará un 25% del total de su Encargo 20223-2024 lo que corresponde a 446 horas.

#### 1.10. Currículum Vitae de los investigadores colaboradores del ITESO, departamentos o centros de adscripción, y horas semanales de encargo asignadas para actividades de investigación (en caso de que participen).

##### 1. Dr. César Lozano Díaz - Departamento de Matemáticas y Física

Doctor en Tecnologías de la información con orientación en análisis de sistemas, diseño y simulación, Maestro en Tecnologías para el Aprendizaje y Licenciado en Matemáticas, cuenta con certificaciones en Innovación y educación abierta por el Justice Institute of British Columbia

Profesor de tiempo completo de en el Departamento de Matemáticas y Física DMAF de ITESO, donde es coordinador de los programas de aplicación PAP del departamento, es coordinador de las materias de cálculo integral, métodos numéricos y algoritmos de solución numérica, es docente de las materias de Métodos de inteligencia Artificial, Cálculo Diferencial, Cálculo integral, Ecuaciones diferenciales, Álgebra lineal.

Es encargo del programa formal de investigación de educación matemática en el DMAF, trabaja en proyectos de investigación de desarrollo de modelos educativos de enseñanza aprendizaje con tecnologías emergentes para promover competencias matemáticas en estudiantes y profesores.

Trabajo en Texas Instruments en el diseño y programación de actividades para la enseñanza aprendizaje de las ciencias y capacitación docente a nivel Latinoamérica. Es miembro de la red Contigo T3 Latinoamérica de Texas Instruments.

El Dr. César Lozano le dedicará un 10% del total de su Encargo 20223-2024 lo que corresponde a 178.4 horas.

##### 2. Dra. Ileana Serrano Fraire - Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática

Lic. Química Farmacobióloga (2005) y maestra en Generación y Gestión de la Innovación por la Universidad de Guadalajara (2015), doctora Cum laude en Ciencias Sociales: Desarrollo Sustentable y Globalización por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (2023), su enfoque de investigación es en los aspectos de propiedad intelectual y de transferencia de tecnología en el uso de recursos genéticos y conocimientos tradicionales en México conforme al Protocolo de Nagoya, inteligencia artificial y minería de patentes, y el establecimiento de políticas de propiedad intelectual, gestión de tecnología e innovación. Desde 2015 forma parte del directorio de consultores expertos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en áreas de recursos genético y conocimientos tradicionales, propiedad intelectual y economía, diseños industriales, propiedad industrial y patentes. Profesora de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), en donde se encuentra a cargo de la Oficina de Transferencia de Tecnología y el Centro de Patentamiento. Cuenta con 17 años de experiencia trabajando activamente en la gestión de innovación, registro de propiedad intelectual, desarrollo farmacéutico, transferencia de tecnología e innovación en el sector privado (industria farmacéutica) y público (en CIBNOR, Centro de Investigación de Conacyt, localizado en la Paz, BCS) en áreas farmacéutica, química, biotecnología y áreas transversales de mecánica y electrónica.

La Dra. Ileana Serrano le dedicará un 8% del total de su Encargo 20223-2024 lo que corresponde a 142.7 horas.

### 3. M. en C. Laura Arias Hernández - Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Maestra en Nutrición y Biotecnología Alimentaria por la Universidad de Jaén, España (2013) con Especialidad en Mejora de Procesos de Negocios por el ITESO (2016) y formación como Químico Farmacéutico Biólogo en Tecnología de Alimentos (1994). Tiene 30 años participando en la innovación y desarrollo de nuevos productos para la industria alimentaria del occidente del país, con amplia experiencia en las regulaciones para el etiquetado nacional e internacional, incidiendo en la elaboración y modificaciones a Normas Oficiales Mexicanas de productos lácteos y bebidas alcohólicas.

Su experiencia docente a nivel licenciatura inició en el 2005, incorporándose en 2008 al ITESO como profesora de asignatura y en 2013 de tiempo fijo, impartiendo asignaturas de saberes profesionales del programa de Ingeniería de Alimentos, asesorando Proyectos de Aplicación Profesional y participando en diferentes proyectos con fondos CONACYT (2010-2016). Fue responsable de los laboratorios del DPTI y de Ingeniería de Alimentos, teniendo conocimiento del uso y manejo de la mayor parte de los equipos de proceso y de análisis en el área, adquiriendo formación permanente en la seguridad para el trabajo en laboratorios. Es coordinadora de la Licenciatura en Ingeniería de Alimentos desde julio de 2021.

Ha sido miembro de asociaciones profesionales nacionales e internacionales del área de alimentos y la educación, perteneciendo actualmente al Institute of Food Technologists, a la Asociación Mexicana de Ciencias de los Alimentos y a la Delta Kappa Gamma International Society, con asistencia constante a congresos como ponente de trabajos de investigación.

La M. en C. Laura Arias le dedicará un 10% del total de su Encargo 20223-2024 lo que corresponde a 178.4 horas.

### 4. Dra. Xadeni Villegas Ruiz - Profesor de asignatura

Ingeniero en Alimentos por parte de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Veracruz y Doctorado en Ciencia de Alimentos por la Universidad de las Américas Puebla. Cuenta con la experiencia de conducir estudios de Evaluación Sensorial por más de 15 años, generando información y análisis para el desarrollo de productos, conocimiento de consumidor, vidas de anaquel y calidad sensorial, además de soporte a proyectos de productividad y mejora continua permitiendo así dar apoyo a áreas como calidad, ingeniería, empaques y marketing en la industria de alimentos; ha implementado metodologías sensoriales en la industria, docencia e investigación, su trayectoria profesional abarca empresas como Givaudan, Grupo Lala y Hershey de México, siendo en estas dos últimas la líder del área de evaluación sensorial dentro del departamento de Investigación y Desarrollo, además ha colaborado dentro de universidades de alto prestigio como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y actualmente el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) dentro de la carrera de Ingeniería en Alimentos impartiendo el curso de análisis sensorial, laboratorio de Bromatología, Taller de Conservación de Alimentos y Programas de Aplicación Profesional; cuenta con publicaciones en revistas científicas indexadas y presentación en congresos nacionales e internacionales, actualmente es consultor independiente, cuya responsabilidad radica en la guía a empresas para el conocimiento y explotación de la herramienta de análisis sensorial imprescindible en la industria de alimentos.

El tiempo que le dedicará la Dra. Xadeni Villegas al proyecto será de 85 horas.

5. M. en C. Felipe Sánchez Carrillo - Profesor de asignatura

Ingeniero de Alimentos por parte del ITESO (2012) y Maestría en Ingeniería Agroalimentaria por parte de la Universidad Laval (Québec, 2015). Profesor de asignatura de Alimentos Funcionales de Origen Vegetal, en donde se analizan distintos procesos de producción de alimentos de origen vegetal, costeo, uso de distintas tecnologías, así como la funcionalidad de los productos, Escalamiento de procesos alimentario y de taller práctico de Tecnología y Procesamiento de Cárnicos, Operaciones Unitarias en Alimentos y Cinética Química y Biológica, en la Facultad de Ingeniería de Alimentos del Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales. Asesor PAP en proyectos como la construcción de una plataforma de biorrefinería para aprovechar los residuos de la industria quesera y cervecera de Jalisco, transformándolas en productos de alto valor, mejora de procesos dentro de la industria regional en varias empresas. Fue asesor de TOG de Román Aldrete Olvera, quién trabajó en un modelo de inteligencia artificial para optimizar los procesos de transformación de arándano cosechado en la región Valles. Ha trabajado en proyectos de investigación de mejora de procesos de frutas y hortalizas como el CIATEJ donde se diseñó una planta de procesamiento de pulpas para darle valor a los alimentos rescatados por los bancos de alimentos y con los CITEs (Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica Agroindustrial) de las regiones de VRAEM y Oxapampa en Perú como experto en industrias alimentarias en donde se analizó la oferta de servicios y se recomendó equipos para que los CITEs den servicio a los pequeños productores de café, cacao y otras frutas. También ha colaborado en industrias de procesamiento de alimentos como Mars México, Empresas Vilher.

El tiempo que le dedicará al proyecto el M. en C. Felipe Sánchez será de 100 horas.

6. Ing. Daniel Hernández Mota - Egresado, externo.

Tres años como científico de datos en Kueski aplicando, monitoreando y supervisando modelos de IA orientados a la detección temprana de fraude. También 3 años siendo mentor de varias ediciones tanto de Guadalajara como de Latinoamérica en la organización SaturdaysAi con el objetivo de enseñar y aplicar IA a través de la generación de proyectos con impacto social. Participante en distintos concursos de distintas índoles en la aplicación de proyectos sociales incorporando modelaje con mecanismos de aprendizaje automático e IA tales como Social Data Challenge, Covid's Impact, Vive ConCiencia, organizados por Data-Lab, Secretaría de Economía y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico respectivamente, entre algunos otros.

El Ing. Daniel Hernández le estará dedicando un total de 120 horas al proyecto.

**1.11. Currículum Vitae de los investigadores externos, adscripción, y horas semanales que dedicarán al proyecto (en caso de que participen).**

**1. Dr. Héctor Ruiz Espinoza**

Ingeniero en Alimentos (UDLAP), Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos, (Ohio State); Doctor en Ciencia de Alimentos (Tecnológico Nacional). Ex Becario Jenkins, CONACYT y Fulbright, Profesor Investigador Titular (2003-) y Coordinador (2004-2009, 2013- ) del Colegio de Ingeniería en Alimentos en BUAP y profesor visitante en CIBA-IPN. Miembro del SNI (Nivel 1), del CA Consolidado BUAPCA- 176, Perfil Deseable PROMEP y de los núcleos básicos de posgrado en Ingeniería Química y en Ciencia y Tecnología Alimentaria en la BUAP. Coautor de 40 artículos indizados, de 5 capítulos de libro y 1 patente, asesor de 40 tesis de grado, con 85 trabajos presentados en congresos académicos. Su línea de investigación es el uso de tecnologías no térmicas (alta presión hidrostática, ultrasonido de alta intensidad, homogeneización a alta presión) en procesos alimentarios, con énfasis en aplicaciones en productos lácteos.

El Dr. Héctor Ruiz estará dedicando un total de 80 horas al proyecto.

**1.12. Estudiantes de posgrado o licenciatura participantes en el proyecto. Nombre completo y programa educativo de adscripción.**

Por el momento se cuenta con la confirmación de la participación del alumno de Ingeniería de Alimentos Samuel Peña Guzman exp. 725505 y de la alumna de la maestría en Ingeniería de Productos y Procesos Anna Paula Felix Amante. Además, se contará con el apoyo de un alumno de la maestría de Ciencia de Datos que ingrese a este posgrado en O2023. Por otro lado, a través del Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) 4G03 del Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI), se pretende contar con la participación de estudiantes de licenciatura de las carreras de Ciencia de Datos y de Ingeniería de Alimentos, así como de otras carreras como Nutrición y Ciencia de los Alimentos, Ingeniería de Química y de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN EXTENSO

### 2.1. Objetivos (general y específicos)

El objetivo general es desarrollar nuevos productos alimenticios a un costo accesible, con componentes bioactivos beneficiosos para la salud proporcionados por ingredientes endémicos de México, a través del uso de herramientas de inteligencia artificial.

Partiendo de esto, obtenemos los siguientes objetivos específicos.

1. Obtención y unificación de bases de datos, obtenida por datos experimentales, artículos científicos, páginas de internet o bases de datos complementarias que brinden información relevante de productos alimenticios.
2. Limpieza y normalización de la base de datos que contiene información de las características fisicoquímicas de harinas de trigo y pan de caja.
3. Análisis de modelos de inteligencia artificial que pueda identificar la similitud entre dos productos alimenticios basándose en distintas variables relacionadas con estos productos y utilizando como mínimo la lista de ingredientes.
4. Entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial que sugiera distintas propuestas para el desarrollo de nuevos productos alimenticios con las características deseadas.
5. Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de las nuevas formulaciones de alimentos arrojadas por los algoritmos a partir del objetivo anterior.
6. Formalización de Consentimiento Fundamentado Previo y Condiciones Mutuamente Acordadas en el marco del Protocolo de Nagoya con comunidades poseedoras de conocimientos tradicionales y/o ancestrales de los ingredientes endémicos seleccionados para trámite de acceso a recursos genéticos en la SEMARNAT.
7. Propuesta de diseño del alimento funcional con algún ingrediente o componente bioactivos beneficiosos para la salud y a costo accesible, utilizando el algoritmo desarrollado y entrenado a lo largo de este proyecto.
8. Definición de la estrategia de protección de la propiedad intelectual, búsquedas del estado de la técnica para definir la patentabilidad y libertad de operación, estrategia de comercialización del proyecto a nivel nacional e internacional.

### 2.2. Problema(s) de investigación (incluye en su planteamiento, la argumentación sobre su relación con las problemáticas planteadas en la presente convocatoria y la descripción sobre su construcción interdisciplinar).

En México se desperdician alrededor de 28 millones de toneladas de alimentos al año; para 2019 hubo un desperdicio per cápita de, 16 kg de alimentos de venta al por menor, 28 kg de alimentos por consumo fuera del hogar y de 94 kg de alimentos consumidos en el hogar (Imagen 2). Entre los países comparados en la imagen 2, México ocupa el 3er lugar solo después de Nigeria y Estados Unidos. Cabe mencionar que el mayor desperdicio se presenta en los alimentos consumidos en el hogar, quedando también en 3er lugar después de Nigeria y Australia. Mientras que en México se desperdiciaron en 2019 94 kg de alimentos consumidos en el hogar por habitante, en Argentina, Brasil, Chile y Colombia, este valor fue



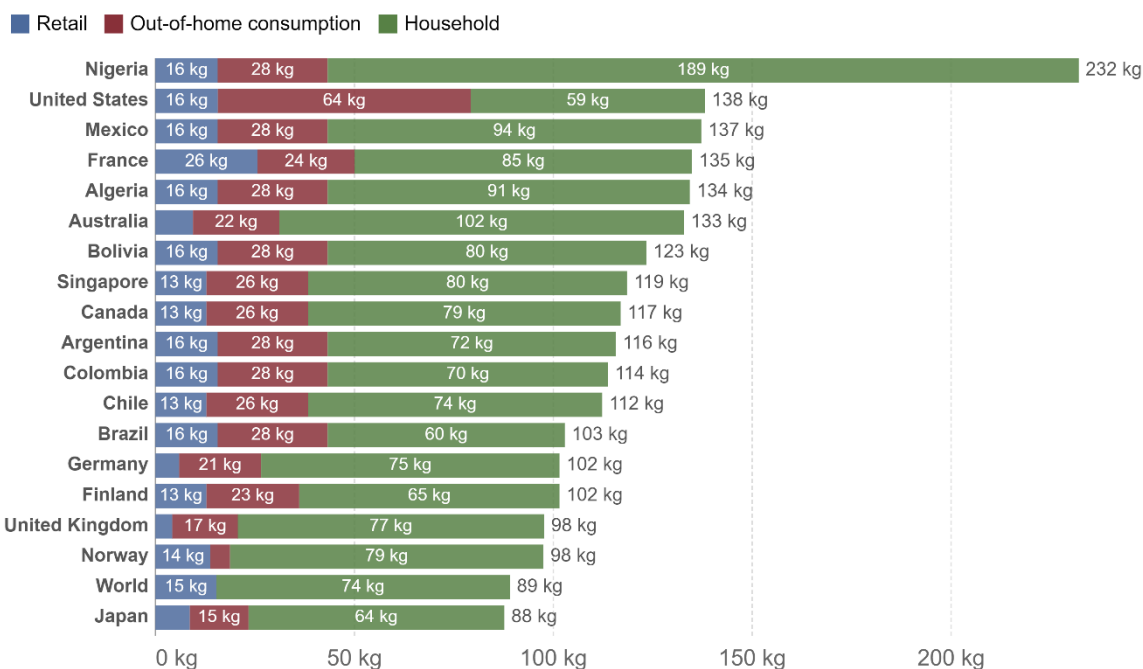
igual o estuvo por debajo del promedio mundial (74 kg/persona). De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la cantidad de alimento desperdiciado en México serviría para alimentar a más de 7 millones de mexicanos y disminuir la inseguridad alimentaria.

Un indicador de pobreza en México desde hace más de una década ha sido la inseguridad alimentaria dentro de los hogares pues permite identificar a los grupos de la población que presentan carencia en el cumplimiento de sus derechos sociales, entre ellos la alimentación. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018-2019, en México la prevalencia de inseguridad alimentaria (Imagen 3) fue de 55.5% en total, presentando la población un porcentaje de 32.8% en inseguridad leve, 14.1% en inseguridad moderada y 8.6% en inseguridad severa, es decir 18 352 241 hogares con algún grado de inseguridad alimentaria, de los cuales una mayor proporción de hogares se encontraron en localidades rurales (69.7%: 40.6% en inseguridad leve, 17.8% en moderada y 11.3% en severa) con respecto a los hogares urbanos (51.1%: 30.4% en inseguridad leve, 13.0% en moderada y 7.7% en severa).

### Food waste per capita, 2019

Amount of food wasted per capita, measured in kilograms.

Our World  
in Data



Source: United Nations Statistics Division.

OurWorldInData.org/food-supply • CC BY

**Imagen 2.** Desperdicio de alimentos per cápita, medido en kilogramos: venta al por menor, consumo fuera del hogar y consumo en el hogar.

La mayoría de los hogares en inseguridad alimentaria se ubicó en las regiones Sur (68.4%) y Centro (52.8%) del país. Asimismo, la proporción más grande de hogares en las formas más graves de inseguridad alimentaria (moderada y severa) se encuentran en dichas regiones del país (29.3% en la región Sur y 21.5% en la región Centro).



Proporción de hogares en las categorías de seguridad o inseguridad alimentaria, por tipo de localidad. México, Ensanut 2018-19

Tipos de localidades	SEGURIDAD				LEVE				MODERADA				SEVERA			
	n	N (miles)	%	IC95%	n	N (miles)	%	IC95%	n	N (miles)	%	IC95%	n	N (miles)	%	IC95%
Urbana	15 336	12 336.4	48.9	48,49.7	10 190	7 684.3	30.4	29,7,31.1	4 126	3 280.3	13.0	12,4,13.5	2 584	1 952.6	7.7	7,3,8.1
Rural	3 613	2 371.8	30.4	29,31.7	4 898	3 171.2	40.6	39,2,41.9	2 052	1 389.0	17.8	16,8,18.7	1 352	881.4	11.3	10,4,12.1
Nacional	18 949	14 708.3	44.5	43,7,45.2	15 088	10 855.5	32.8	32,1,33.4	6 178	4 669.3	14.1	13,6,14.5	3 936	2 833.985	8.6	8,2,8.9

Fuente: Ensanut 2018-19

**Imagen 3.** Proporción de hogares en las categorías de seguridad o inseguridad alimentaria, por tipo de localidad en México (ENSANUT 2018-2019).

La inseguridad alimentaria, no solo está relacionada con un acceso limitado a los alimentos, sino también con un poder adquisitivo bajo por parte de la población para la adquisición de alimentos nutritivos. Este porcentaje de la población cuyo ingreso no le permite consumir alimentos saludables, aunado a aquellas personas que tienen el poder de compra, pero una mala educación alimentaria (en la región Norte de México se destina una mayor proporción de gasto a la compra de alimentos no sanos, mientras que en la región Sur se destina una mayor proporción a alimentos saludables, ENSANUT 2018-2019) da como resultado una población vulnerable en cuanto a salud se refiere. Es importante remarcar que gran parte de la población clasifica a los alimentos industrializados dentro de la categoría de alimentos no saludables pues los asocia con el incremento en las prevalencias de sobrepeso y obesidad. En México el porcentaje nacional de personas con sobrepeso (39.5%) u obesidad (35.3%) es más alto que el promedio mundial (ENSANUT 2018-2019). Estas dos condiciones generan en la población la presencia de enfermedades crónico-degenerativas como la hipertensión arterial (en la república mexicana a mayor edad de los individuos, la prevalencia de hipertensión incrementa siendo más frecuente en los hombres que en las mujeres) y diabetes mellitus (la Federación Internacional de Diabetes predice que, en México, habrá nueve millones de personas con diabetes para el 2025), elevando el riesgo de mortalidad en los habitantes que las padecen (ENSANUT, 2018).

De acuerdo con el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG), en el 2021 la obesidad, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus tipo II ocuparon el 7mo, 8avo y 10mo lugar de muertes, respectivamente, en el estado de Jalisco solo porque las enfermedades respiratorias agudas, el COVID y los padecimientos agudos derivados de éste, fueron los primeros lugares (Imagen 4).

### Veinte principales causas de enfermedad, Jalisco 2021



Fuente: elaborado por el IIEG con base en SS; Dirección General de Epidemiología. Anuarios de Morbilidad 1984-2021 (consultado en marzo de 2023).

**Imagen 4.** Veinte principales causas de enfermedad en Jalisco durante el 2021. Fuente <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/03/EnfermedadesJalisco2021.pdf>

Datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) reportados por el IIEG, entre 2019 y 2021, la tercera causa de mortalidad entre los habitantes del estado de Jalisco fue la diabetes mellitus (Imagen 5). En el 2021 el 78.7% (5,528) de los habitantes del estado fallecidos por esta causa, fueron adultos mayores de 60 años y más; el 17.4% (1,220) estaban en un rango de edad entre 45 y 59 años y el 3.4% (239) entre 30 a 44. Cabe resaltar que, para ese año, la diabetes cobró la vida de 4 niños de entre 0 y 14 años (0.06%) y la de 37 jóvenes de entre 15 y 29 años (0.5%) (Imagen 6).

### Principales causas de mortalidad por residencia habitual y sexo de la persona fallecida, Jalisco 2019-2021

Orden de Importancia	2019			2020			2021		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
<b>Total b/</b>	<b>49,830</b>	<b>28,381</b>	<b>21,439</b>	<b>64,461</b>	<b>37,428</b>	<b>27,023</b>	<b>74,630</b>	<b>43,191</b>	<b>31,432</b>
1	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 9,684	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 5,226	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 4,458	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 12,630	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 6,987	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 5,643	COVID-19 16,743	COVID-19 10,153	COVID-19 6,590
2	Tumores malignos 5,952	Tumores malignos 2,992	Tumores malignos 2,960	COVID-19 8,853	COVID-19 5,680	Diabetes mellitus 3,294	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 13,864	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 7,639	Enfermedad es del corazón <sup>c/</sup> 6,225
3	Diabetes mellitus 5,651	Diabetes mellitus 2,961	Diabetes mellitus 2,690	Diabetes mellitus 7,096	Diabetes mellitus 3,801	Tumores malignos 3,215	Diabetes mellitus 7,028	Diabetes mellitus 3,697	Diabetes mellitus 3,331

Fuente: elaborado por el IIEG con base en INEGI; Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas; Estadísticas Vitales.

Notas: a/ Los criterios para la selección de las 20 principales causas de muerte consideran la Lista Mexicana de Enfermedades y comprende por lo menos el 80% del total de defunciones registradas. Se excluyen los grupos de causas insuficientemente especificadas.

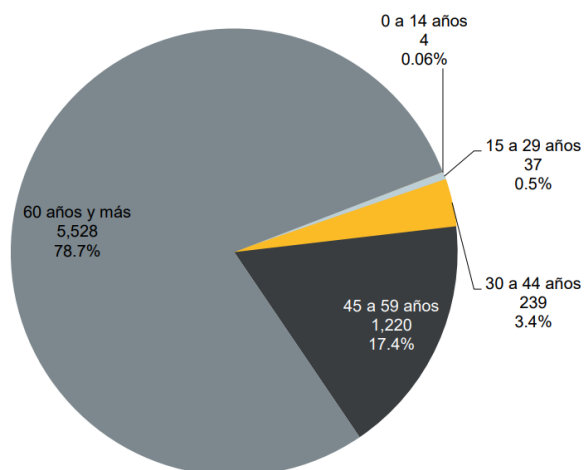
b/ El total no corresponde a la suma de ambos sexos, ya que no se incluye sexo no especificado.

c/ Excluye paro cardíaco (29 C).

**Imagen 5.** Principales causas de mortalidad por residencia habitual y sexo de la persona fallecida en Jalisco entre el 2019 y 2021. Fuente: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/11/D%C3%ADamundialDiabetes2022.pdf>

Las estadísticas para el 2021 mostraron que hubo mayor número de muertes de hombres que de mujeres para esta enfermedad, por grupos de edad: en el grupo de 15 a 29 años murieron por diabetes 24 hombres y 13 mujeres y en el de 30 a 44 años, fueron 138 hombres y 101 mujeres; para el grupo de entre los 45 y 59 años, fallecieron 712 hombres y 508 mujeres y entre las personas adultas de 60 años y más, murieron 2 mil 821 hombres y 2 mil 707 mujeres por causa de la diabetes mellitus.

**Defunciones por diabetes mellitus por residencia habitual de la persona fallecida según grupos de edad, Jalisco 2021**



Fuente: elaborado por el IIEG con base en INEGI; Estadísticas de mortalidad.

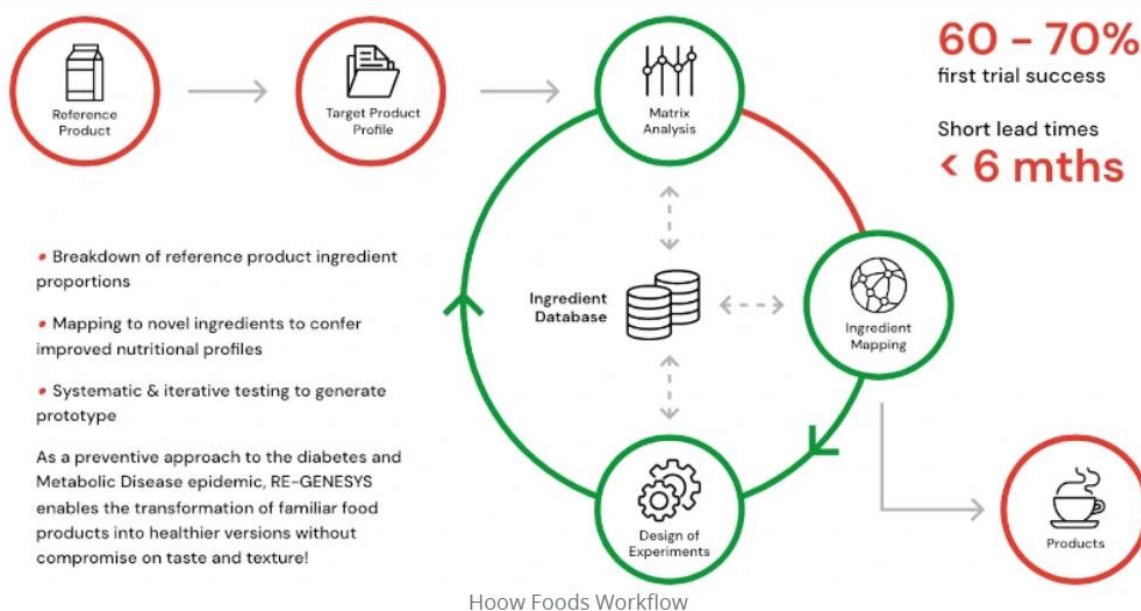
**Imagen 6.** Defunciones por diabetes mellitus por residencia habitual en el estado de Jalisco de la persona fallecida según grupos de edad, en el 2021. Fuente: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/11/D%C3%ADamundialDiabetes2022.pdf>

Claramente la población mexicana necesita una mejor educación alimentaria para prevenir las enfermedades crónico-degenerativas, pero también necesita mejores estrategias para disminuir la inseguridad alimentaria y el desperdicio de alimentos. Uno de los aspectos que ha contribuido a mantener estas problemáticas nacionales es el diseño y procesamiento de alimentos que no satisfacen todas las necesidades del consumidor meta, no solo en cuanto a sus características sensoriales, sino también en cuanto a ingredientes saludables, sustentables, de bajo costo y cero desperdicio; se requiere un cambio en la producción de alimentos que permita romper el círculo vicioso entre estos desafíos pues la afectación económica normalmente se traslada al consumidor quien recae en la insuficiencia de poder adquisitivo para alimentarse y cuidar de su salud, generando nuevamente inseguridad alimentaria y por ende enfermedades. Por lo tanto, es necesario un enfoque interdisciplinario para aportar soluciones innovadoras a estas grandes problemáticas que aquejan al mundo y en particular a México.

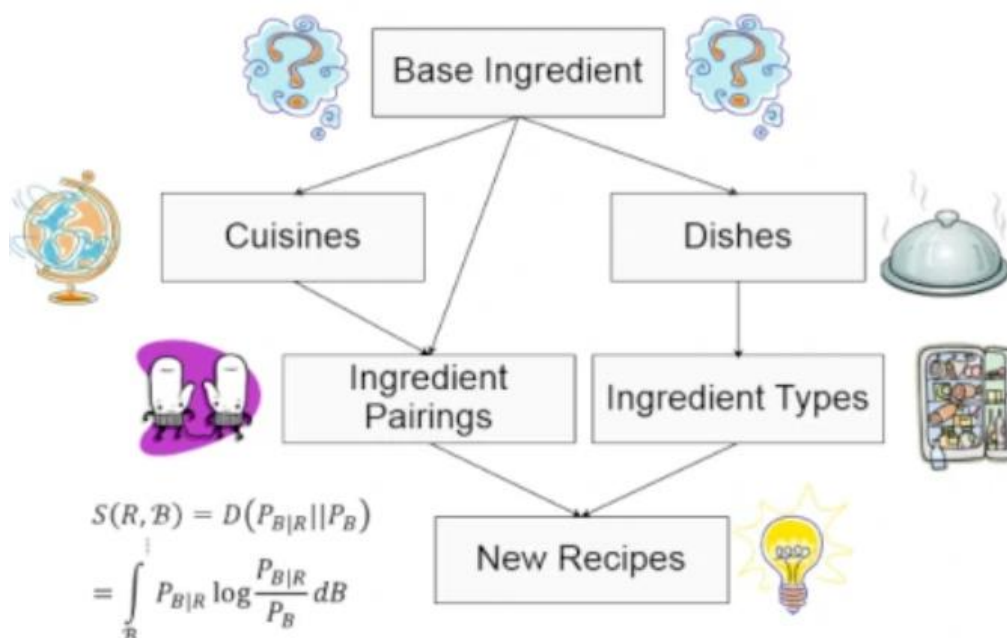
### 2.3. Antecedentes en el campo científico

#### Aplicación de la Inteligencia Artificial en el sector alimentario

En muchas áreas del conocimiento la inteligencia artificial está comenzando a tomar relevancia para poder llevar a cabo desarrollos basados en datos. El aprendizaje automático o Machine Learning (ML) provee herramientas para poder representar la realidad realizando un conjunto de predicciones dado un contexto determinado (Negro, 2021). Esto se puede usar con distintos fines, y en este caso es de interés la aplicación en un área específica como lo es la ingeniería de alimentos. Por ejemplo, se han utilizado técnicas de modelado empleadas para el desarrollo de síntesis de procesos para productos estructurados de comida (Meeuse, 2007), también se han aplicado estas herramientas para diseñar propiedades deseadas de un producto como la mayonesa (Dubbleboer, *et al.*, 2015); asimismo, otro caso es el uso de un modelo híbrido entre inteligencia artificial y modelado mecánico para la creación de una galleta (Xiang, *et al.*, 2019). Por lo tanto, la inteligencia artificial está proveyendo de nuevas oportunidades para crear alimentos más nutritivos y accesibles para toda la población, incluso, está mejorando sus características sensoriales y está tratando de atacar el desperdicio de alimentos. Empresas como Hoow Foods (Imagen 7) presente en Singapur o la misma IBM a través de su programa “Chef Watson” (Imagen 8), se encuentran desarrollando alimentos más nutritivos y agradables al paladar, utilizando para ello inteligencia artificial.



**Imagen 7.** Diagrama de desarrollo de un nuevo producto de la empresa Hoow Foods utilizando inteligencia artificial. Fuente: <https://hoowfoods.com/technology/>.



**Imagen 8.** Diagrama de desarrollo de nuevas recetas utilizando el programa computacional de IBM denominado “Chef Watson”.

En la mayoría de los casos, los productos alimenticios se diseñan basados en la experiencia y conocimiento. Sin embargo, estas técnicas convencionales tienen sus límites. Por lo que, con la información necesaria disponible, es posible delegar este aprendizaje, y por ende cierto componente de la tarea de desarrollo y diseño de productos, a un algoritmo de inteligencia artificial. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser una opción ideal para el diseño de productos ya que son buenos para encontrar patrones complejos dentro de una gran cantidad de datos, además se pueden obtener procedimientos eficientes y menos sesgados removiendo el conocimiento o la experiencia personal (Nozaki, *et al.*, 2017).

Generalmente, para hacer uso del aprendizaje automático, se tienden a utilizar modelos supervisados. El objetivo de estos modelos es realizar una predicción de un valor deseado a través del ajuste (o entrenamiento) del mismo utilizando un conjunto de datos de entrenamiento, con su respectiva variable de respuesta (Müller, *et al.*, 2016). Muchas veces a los modelos se les nombra como una “caja negra”, por lo que cualquier algoritmo que cumpla con este objetivo se puede utilizar y usualmente depende de varios factores, como la experiencia de los usuarios con los modelos, la cantidad de datos, el tipo de datos proporcionados (tabulares, sensoriales, etc.), y la flexibilidad/complejidad del modelo (Shwartz y Armon, 2021). Algunos de los algoritmos que usualmente se utilizan son algoritmos de regresión o clasificación tales como: regresión lineal, regresión logística, k-vecinos cercanos, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales, bosque aleatorio, aumento de gradiente basado en árboles, entre algunos otros.

La incorporación de la inteligencia artificial en la industria de alimentos se encuentra en constante exploración, con la finalidad de optimizar, clasificar y predecir procesos que permitan mejorar la

implementación en sistemas de monitoreo, control de calidad, optimización de los procesos de producción, monitoreo y control del almacenamiento de alimentos hasta la producción de nuevos alimentos, siendo este último el que mayor interés despierta la reingeniería de alimentos, la identificación de nuevos ingredientes y la optimización de formulaciones de estos (Wang *et al.*, 2022).

Según Picharra *et al.*, (2020) las redes neuronales juegan un papel fundamental en la generación nuevos productos alimenticios sintéticos, las técnicas de aprendizaje automático permiten crear modelos que pueden aprender de los datos existentes y generar nuevos productos basados en grandes cantidades de información y las metaheurísticas para optimizar la formulación estos.

Los métodos de inteligencia artificial usados en las aplicaciones van desde el uso de heurísticas, redes neuronales y visión por computadora (Tabla 2). Estos métodos incluyen redes neuronales para la estimación de eficiencia en la extracción de aceites esenciales y la modelización del tratamiento térmico (Garcia, 2019); la clasificación de ingredientes y la detección de la descomposición del producto durante el almacenamiento (Zhu *et al.*, 2020); la metaheurística para la optimización de trazabilidad (Zapata-Cortes 2020); el análisis espectral para la caracterización de alimentos (Buzura *et al.*, 2021); el machine learning para la generación y validación de métricas (Balestier *et al.*, 2021); y la visión por computadora para la segmentación de alimentos (Dong *et al.*, 2021). Cada uno de estos métodos puede mejorar la eficiencia, calidad y seguridad en la producción de alimentos.

**Tabla 2.** Aplicaciones de la inteligencia artificial en el campo de alimentos.

Año	Descripción de la aplicación	Método	Aplicación	Autores
2021	Sistema portátil de caracterización de alimentos basado en análisis espectral	Análisis espectral	Caracterización de alimentos	Buzura, L. <i>et al.</i>
2021	Generación y validación de una métrica para la inseguridad alimentaria basada en aprendizaje automático de regresión	Aprendizaje automático de regresión	Medición de la inseguridad alimentaria	Balestier, M. <i>et al.</i>
2021	Red neuronal convolucional para la detección inteligente de la descomposición de alimentos en el almacenamiento comercial	Redes neuronales convolucionales	Detección de descomposición de alimentos	Paul, R. <i>et al.</i>
2021	Red neuronal para la estimación de la eficiencia productiva en la extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja	Redes neuronales	Estimación de la eficiencia productiva	Freire Castro, A.J. y Mejía Garzón, M.I.

2021	Sistema de recomendación de dietas personalizadas mediante técnicas de minería de datos y aprendizaje automático	Minería de datos y aprendizaje automático	Recomendación de dietas personalizadas	Gómez-Corona, C. <i>et al.</i>
2021	Red neuronal para la predicción del contenido de humedad en granos de café durante el secado	Redes neuronales	Predicción del contenido de humedad en granos de café	Henao, L.A. y Henao, G.E.
2021	Red neuronal para la segmentación de alimentos en imágenes utilizando la atención piramidal basada en ventanas	Redes neuronales	Segmentación de alimentos	Dong, X. <i>et al.</i>
2022	Aplicación de la técnica de colonia de abejas para optimizar la producción de cerveza artesanal	Técnica de colonia de abejas	Optimización de producción de cerveza artesanal	Rodríguez, J.L. <i>et al.</i>
2022	Técnica de Mixup Dinámico para el reconocimiento de ingredientes alimentarios de larga cola	Técnica de Mixup Dinámico	Reconocimiento de ingredientes alimentarios	Gao, J.

A pesar de las aplicaciones de IA en alimentos desde inicios del siglo 21 y, concentradas en los últimos 13 años, no se encuentran estudios donde se destaque el uso de ingredientes con componentes bioactivos para la prevención de enfermedades, que además sean endémicos de un país o región como el caso del presente proyecto. Tal como se mencionó anteriormente, empresas como Hoow Foods se encuentran desarrollando alimentos más nutritivos y sostenibles, pero no reportan investigaciones en las cuales se integren componentes con bioactividad provenientes de Singapur (origen de la empresa) y, además, que los alimentos resultantes puedan ser adquiridos por gran parte de la población.

En este proyecto se pretenden integrar materias primas como la verdolaga, la calabaza y el amaranto, así como el frijol negro y jitomate, todos originarios de América, aunque en el caso del primer cultivo se reporta como originario de Asia o del sur de Europa. De acuerdo con la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), hay evidencia arqueológica de la presencia de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) antes de la llegada de Cristóbal Colón a América e incluso este organismo reporta algunos nombres de la planta en lenguas indígenas como la tarasca, zapoteca, chontal, náhuatl, entre otras.

De acuerdo con Zhou *et al.*, (2015) de la verdolaga se han aislado diversos compuestos bioactivos (flavonoides, alcaloides, terpenoides, esteroides, proteínas, entre otros) que poseen un amplio espectro de propiedades farmacológicas, como actividades antidiabéticas, antiinflamatorias, antiulcerogénicas,



anticancerígenas, neuroprotectoras, antimicrobianas y antioxidantes. Por su parte Iranshahy *et al.*, (2017) destacan los beneficios antihiperlipidémicos, antihiperlipidémicos, renoprotectores y hepatoprotectores de este cultivo, considerado en muchas regiones como una maleza. Jalali y Ghasemzadeh (2022) muestran una revisión en donde la verdolaga podría tener un papel potencial en el tratamiento del síndrome metabólico (diabetes, obesidad, etc.) a través de diferentes mecanismos como el antioxidante, antiinflamatorio, antihiperlipidémico, antiobesidad y antidiabético.

En lo que respecta a la calabaza, familia *Cucurbitaceae*, Salehi *et al.*, (2021), reportan que las plantas de la especie *Cucurbita* son ricas en fitoquímicos que actúan como antioxidantes. Las sustancias bioactivas más importantes presentes en las cucurbitáceas son las cucurbitacinas, las saponinas, los carotenoides, los fitoesteroles y los polifenoles. Estos fitoquímicos además de antioxidantes actúan como antitumorales, antidiabéticos, hepatoprotectores, antimicrobianos, antiobesidad, diuréticos, antiúlcero-génicos y antigenotóxicos. Resultados de ensayos clínicos sugieren que la *Cucurbita* proporciona beneficios para la salud de pacientes diabéticos, pacientes con hiperplasia benigna de próstata, mujeres infértiles, mujeres posmenopáusicas y con incontinencia urinaria.

En 2019 Jimoh *et al.*, reportaron que el *Amaranthus caudatus* es típicamente rico en compuestos bioactivos como ácidos fenólicos, licopeno, polifenoles, ácidos grasos insaturados, glucosinolatos, proteínas, péptidos solubles, flavonoides, escualeno y betacaroteno, entre otros. Así que la literatura reconoce las diversas capacidades del género *Amaranthus* para combatir enfermedades cuando se ingiere como alimento debido a estos compuestos bioactivos disponibles en altas concentraciones. Informes de investigaciones científicas validan el uso de *A. caudatus* para el tratamiento de diversos padecimientos como la diabetes mellitus, el cáncer, la malaria, la hipercolesterolemia, la aterosclerosis, las infecciones helmínticas y bacterianas, la inflamación, las enfermedades hepáticas y las complicaciones cardiovasculares. Kongdang *et al.*, (2021), por su parte, realizaron una revisión exhaustiva en la que confirman que las plantas de amaranto son ricas en polifenoles y fibras alimentarias. Basándose en las pruebas disponibles hasta la fecha, varias plantas de *Amaranthus* pueden ser un cultivo prometedor para su uso en el tratamiento de determinadas afecciones/trastornos gastrointestinales.

Finalmente, en el caso de cultivos como el frijol negro o el jitomate son más los estudios que soportan sus propiedades contra padecimientos como el cáncer o bien enfermedades crónico-degenerativas gracias a la presencia de grupos de compuestos como los polifenoles o los carotenoides (Cruz *et al.*, 2013; Elizalde-Romero *et al.*, 2021; Ganesan y Xu, 2017; Hayat *et al.*, 2014; Perveen *et al.*, 2015; Viuda-Martos *et al.*, 2014).

Lo importante del presente proyecto no es solo considerar estos ingredientes endémicos, sino como involucrar en la investigación a productores de estos que puedan salir beneficiados también de este estudio y cumplir como ITESO con esta responsabilidad social que debemos a nuestros agricultores para el cuidado de la biodiversidad.

### **Responsabilidad social en actividades de investigación tecnológica**

La responsabilidad social en la generación de innovación en ciencias de la vida se encuentra regulada por el Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual, fue ratificado en México el 12 de octubre de 2014. El Protocolo de Nagoya reconoce:



- La importante contribución de la transferencia de tecnología y la cooperación al desarrollo sostenible, para crear capacidad de investigación e innovación que añada valor a los recursos genéticos en los países en desarrollo;
- La conciencia pública acerca del valor económico de los ecosistemas y la diversidad biológica y que la distribución justa y equitativa de su valor económico con los custodios de la diversidad biológica son los principales incentivos para la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes;
- Los vínculos entre el acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de dichos recursos;
- La seguridad jurídica respecto al acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización;
- La importancia de fomentar la equidad y justicia en las negociaciones de las condiciones mutuamente acordadas entre los proveedores y los usuarios de recursos genéticos,

La importancia de los recursos genéticos para la seguridad alimentaria, la salud pública, la conservación de la diversidad biológica y la mitigación del cambio climático y la adaptación a este. (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011)

La firma de este protocolo en México obliga los usuarios de recursos genéticos a realizar el trámite de solicitud de acceso ante el Punto Focal Nacional de la SEMARNAT para la obtención de un certificado de cumplimiento internacionalmente reconocido. Dicho trámite consiste en presentar, además de los detalles del proyecto de investigación, un contrato de consentimiento fundamentado previo y un contrato de condiciones mutuamente acordadas, ambos instrumentos, en este caso, a ser firmados entre el usuario del recurso genético (ITESO) y el proveedor (comunidades locales e indígenas productoras de los ingredientes endémicos) (SEGOB, 2014). La firma de ambos instrumentos, asegurarán la participación justa y equitativa de los beneficios (monetarios y no monetarios) derivados de la utilización de los recursos genéticos, a través de disposiciones de transferencia de tecnología y propiedad intelectual. Esta actividad es adicional al establecimiento de la estrategia de protección de la propiedad intelectual del proyecto mismo.

El registro de patentes y permisos de comercialización en países contratantes del Protocolo de Nagoya (139 países) se encuentra sujeto a la presentación de los certificados de cumplimiento internacionalmente reconocidos del país de origen del recurso genético (ABSCH, 2023). Asimismo, la omisión de dicho trámite en la comercialización de productos se encuentra ligado con delitos como la biopiratería y a la aplicación de multas.

#### 2.4. Metodología (incluye la argumentación respecto a su abordaje interdisciplinar).

El grupo interdisciplinario que integra este proyecto está conformado por profesores y egresados especialistas en el área de la inteligencia artificial que estarán acompañados por estudiantes de posgrado y licenciatura del área de Ciencia de Datos. A este grupo se integran profesores especialistas en el diseño, formulación, análisis sensorial e instrumental y procesamiento de alimentos, que de igual manera estarán acompañados por alumnos de Ingeniería de Alimentos y de la maestría en Ingeniería de Productos y Procesos. Finalmente, una parte importante del grupo es la profesora experta en vigilancia tecnológica, quien además estará llevando la vinculación con la industria y productores de alimentos endémicos interesados en el proyecto. El trabajo por desarrollar entre los diferentes grupos requiere de metodologías propias para cada disciplina que se estarán entrelazando a lo largo del proyecto y que se describen a continuación de manera general.

## I. Inteligencia Artificial

Respecto a la parte de la inteligencia artificial se debe seguir la siguiente metodología:

1. Se deben definir las fuentes de los datos que se utilizarán para iniciar el análisis de información. Estas fuentes de datos pueden provenir de distintos sitios, tales como: páginas web, datos experimentales, bases de datos de acceso público o privado, creación manual, alguna API disponible, artículos científicos, entre muchas otras.  
Toda esta información se debe recopilar y centralizar en una localización específica para tener en cuenta la fuente de la información, así como la trazabilidad de esta. Esta información será inmutable.
2. Posterior a esto, se generará una capa refinada de la información donde existe una limpieza, transformación y modificación de los datos para tener un consumo mejor y más sencillo de estos.
3. Después, de esta capa refinada es de donde se obtendrán los valores crudos para realizar la creación de variables (*features*), los cuales a su vez se guardarán en un lugar centralizado una vez calculados.
4. Posteriormente estos *features* pertenecerán a distintos subconjuntos de datos donde se aplicará un procesamiento definido para cada modelo y se llevarán a cabo las fases de: entrenamiento, optimización de hiperparámetros, y evaluación correspondiente del modelo. Cada conjunto utilizado para estos procesos serán los conjuntos de entrenamiento, desarrollo y prueba respectivamente. Estos conjuntos serán seleccionados de tal manera que ciertas características entre ellos no se vean replicadas, por ejemplo, será necesario no utilizar el mismo producto en los conjuntos ya que podría haber un poco de 'feature leakage'.
5. Una vez que ya se tenga el modelo generado con un buen desempeño en el conjunto de prueba, y los resultados sean prometedores, se realizará un algoritmo adicional para realizar la búsqueda de propuestas utilizando ciertas restricciones de datos correspondientes. Este algoritmo de búsqueda identificará alguna combinación en el espacio de entrada y generará predicciones conforme se evalúan distintas combinaciones. Aquellas que se acerquen más al modelo, utilizando la información correspondiente, serán las que se tomarán en cuenta como propuesta para el desarrollo de un nuevo producto.

## II. Diseño, formulación, análisis sensorial e instrumental y procesamiento de alimentos

### a. Diseño y formulación

1. La metodología tradicional para el diseño de formulaciones de alimentos inicia con determinar el perfil del producto objetivo el cual debe de responder a las necesidades del mercado meta en cuanto a contenido nutricional, beneficios a la salud, adición de ingredientes especiales como los ingredientes endémicos, características sensoriales, porciones, precio, facilidad de transporte, conservación y consumo, pero también debe de responder a las regulaciones del lugar donde se va a fabricar y comercializar. Esta primera parte del diseño de una formulación utilizando herramientas de inteligencia artificial se mantiene igual al diseño tradicional. En este caso, las predicciones (por lo menos 3 predicciones) que va a realizar el algoritmo de búsqueda

en el punto 5 del apartado anterior y que van a estar sustentadas en alguno o algunos de los parámetros mencionados al inicio del párrafo, servirán como el primer paso para el diseño de la formulación de un producto.

2. Como bien se menciona en el punto 5, aquellas predicciones que se acerquen al modelo serán aquellas que se tomen en cuenta para el desarrollo de un nuevo alimento que se producirá en los laboratorios y planta piloto de Ingeniería de alimentos sin haber aplicado un diseño experimental para lograr definir la fórmula óptima. El desarrollo se completará al verificar las condiciones de proceso propuestas por el algoritmo y fabricar el alimento.
3. Después de la elaboración de los productos, estos serán caracterizados sensorial y fisicoquímicamente para retroalimentar al modelo con respecto a sus primeras predicciones y ajustar con ello sus propuestas. Este ciclo se repetirá 2 veces más, la primera para proporcionarle correcciones al algoritmo de prueba y la segunda para validar que haya mejorado a partir de las correcciones alimentadas.

#### **b. Análisis sensorial e instrumental**

1. Tanto los insumos como los nuevos productos terminados serán analizados instrumentalmente utilizando para ello diferentes métodos estandarizados y establecidos en normas (NOM, NMX, *Codex alimentarius*) y asociaciones específicas para análisis especializados (AOAC), con el fin de determinar sus características fisicoquímicas y comprobar su cambio o conservación después de la fabricación del producto. Entre los análisis que se llevarán a cabo se encuentran:
  - $a_w$  (PROY-NMX-F-621-NORMEX-2018. ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA EN ALIMENTOS-MÉTODO DE PRUEBA).
  - % de humedad (NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN ALIMENTOS POR TRATAMIENTO TÉRMICO. MÉTODO POR ARENA O GASA; NMX-F-428-1982. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, MÉTODO RÁPIDO DE LA TERMOBALANZA)
  - pH (NMX-F-317-NORMEX-2013. ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS-MÉTODO POTENCIOMÉTRICO-MÉTODO DE PRUEBA); acidez (NMX-F-102-NORMEX-2010 - ALIMENTOS - DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE EN ALIMENTOS - MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA)).
  - Color (Espacio de color CIELAB)
  - °Brix (EC0763 DETERMINACIÓN DE GRADOS BRIX /SÓLIDOS SOLUBLES EN EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE ALIMENTOS)
  - Pruebas reológicas: textura, viscosidad, amilogramas y farinogramas,
  - Tamaño de partícula y resorteo.
  - **Medición del componente bioactivo y comprobación de su conservación, interacciones o degradación (espectroscopía FTIR, espectroscopía Raman, HPLC, entre otros).**

Es importante destacar esta última medición y evaluación del componente bioactivo con diferentes técnicas analíticas llevadas a cabo en los laboratorios del investigador externo (Dr. Héctor Ruiz), en

la Universidad Benemérita de Puebla (BUAP), pues los resultados proporcionados por éste serán un elemento clave de retroalimentación al algoritmo.

2. En el aspecto sensorial se realizará un análisis descriptivo de las propuestas y serán comparados con el perfil de productos que se encuentran en el mercado, esto con el fin de obtener los descriptores en términos de sabor, aroma y textura, para así determinar los atributos principales y hacer el análisis comparativo. La metodología por utilizar será el método Spectrum®, con un panel de jueces entrenados, seleccionando el lenguaje sensorial para la descripción de los productos, así como el uso de anclas para la asignación de las intensidades de cada atributo. Se realizará un análisis de varianza para evaluar si existe diferencia significativa entre los atributos de las propuestas vs los productos del mercado, así como también se llevarán a cabo análisis de componentes principales, para la determinación de los atributos característicos de cada producto evaluado. La recolección de datos se hará mediante el software Fizz (Biosystemes, 2023).
3. De igual manera se realizará una prueba afectiva con consumidores para evaluar el nivel de agrado, preferencia, intención de comprar y la evaluación de cuatro atributos clave mediante la escala de “Justo como me gusta”, así como la obtención de comentarios espontáneos. Esto se realizará con la participación de 100 consumidores que serán 50% hombres y 50% mujeres, edades entre 18 y 60 años, cuyo nivel socioeconómico será C, C típico y C+. La encuesta será diseñada con la ayuda del software Fizz (Biosystemes, 2023). El análisis estadístico incluirá análisis de varianza para el nivel de agrado, análisis de penalización para la prueba “Justo como me gusta” y prueba de Friedman para la preferencia, así como la frecuencia de mención de los atributos por parte de los consumidores.
4. Se llevará a cabo la correlación de los datos de panel entrenado con los datos afectivos de consumidor, para determinar aquellos conductores que determinarán la elección del producto por parte de los consumidores, mediante el análisis del mapeo de preferencias, el cual se realizará con ayuda del software XL-Stat. También se hará la correlación de los datos fisicoquímicos con los datos sensoriales para la determinación de las intensidades percibidas por el panel y los valores de las diversas determinaciones fisicoquímicas, principalmente relacionadas con la textura de los productos.

### **c. Procesamiento de alimentos**

1. El proceso de producción del alimento generado por el algoritmo expuesto en el punto 5 del apartado de Inteligencia Artificial será validado en tres ocasiones como se mencionó en el apartado anterior, para establecer la certeza en las predicciones del algoritmo en cuanto a condiciones de proceso se refiere.
2. En una primera etapa se le pedirá al algoritmo que, junto con la formulación, genere las condiciones de proceso adecuadas para asegurar que los compuestos bioactivos no se vean afectados y se cumpla con los objetivos nutricionales, de prevención de padecimientos, sensoriales y de costos. Como se mencionó en el apartado del inciso b, se fabricará el alimento conforme a las especificaciones del algoritmo para evaluar la pertinencia de las condiciones de elaboración, es decir, si el algoritmo arroja que se realice una cocción a 60°C durante 10 minutos

para un pan, esta no será válida ya que no cumple con las condiciones de elaboración de ese tipo de alimento. Una vez fabricado y analizado el producto, esta información se utilizará para alimentar al algoritmo y se entrene con base en la nueva información generada en el laboratorio y planta piloto.

3. Con la nueva información alimentada al algoritmo en el punto anterior se le pedirá que realice una nueva predicción para la formulación de un alimento que cumpla las restricciones establecidas en cuanto a los aspectos nutricionales, cantidad de compuestos bioactivos, costos y condiciones de proceso. Esta nueva predicción pasará por las mismas etapas mencionadas en los puntos anteriores: caracterización de insumos, validación de condiciones de proceso, realización y caracterización del alimento y, por último, retroalimentación del algoritmo de IA.
4. En una tercera etapa se realizará la validación del algoritmo de IA para cumplir con las condiciones deseadas para el diseño del alimento. En este punto se le pedirá de nuevo al algoritmo que realice la formulación y prediga los valores esperados de las variables clave, de nueva cuenta se realizará el alimento en los laboratorios y se comparará la información con la arrojada por el algoritmo para ratificar que los datos obtenidos en el laboratorio no difieran de manera significativa con los predichos por el algoritmo.

### **III. Formalización de Solicitud de Acceso a Recursos genéticos**

#### **a. Gestión del contrato de Consentimiento Fundamentado Previo**

Se realizará un análisis y determinación de las implicaciones en materia de propiedad intelectual y transferencia de tecnología del proyecto, conforme a las leyes vigentes en México, enfocados al uso de conocimientos tradicionales ancestrales y el uso de recursos genéticos. Posteriormente, se llevará a cabo una plática introductoria al Protocolo de Nagoya y su aplicación en México con las comunidades locales proveedoras de los ingredientes endémicos y se realizará la entrega de la “Guía de facilitación de normas y protocolos comunitarios para la gobernanza de la Biodiversidad” de 2017 de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Finalmente, se realizará una propuesta de contrato para la firma por el representante de la comunidad.

#### **b. Gestión del Contrato de Condiciones Mutuamente Acordadas.**

Se realizará un análisis y determinación de las implicaciones de propiedad intelectual y transferencia de tecnología del proyecto, integrando resultados de evaluaciones de patentabilidad, conocimientos tradicionales ancestrales y uso de recursos genéticos para el establecimiento de beneficios monetarios y no monetarios en las comunidades locales proveedoras de los ingredientes endémicos para su inclusión en la propuesta de contrato y posterior firma por el representante de la comunidad.

#### **c. Gestión de Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos ante el Punto Focal Nacional de la SEMARNAT.**

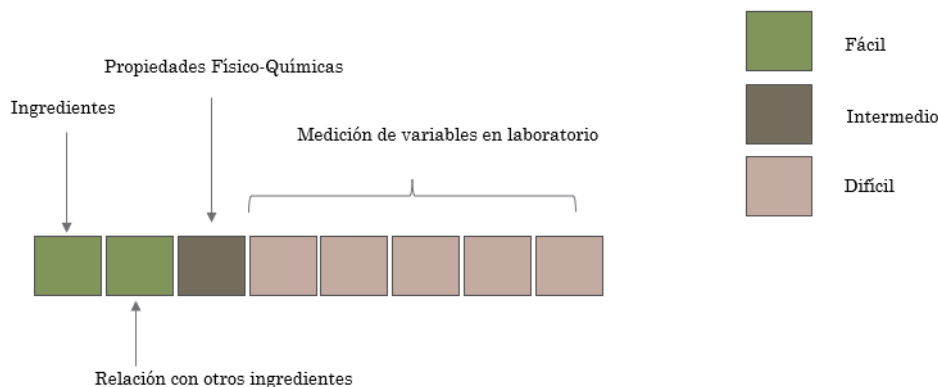
Una vez firmados el Contrato de Consentimiento Fundamentado Previo y de Condiciones Mutuamente Acordadas entre ITESO y la comunidad local productora de los ingredientes endémicos, se presentará ante el Punto Focal Nacional de la Secretaría de Medio Ambiente y

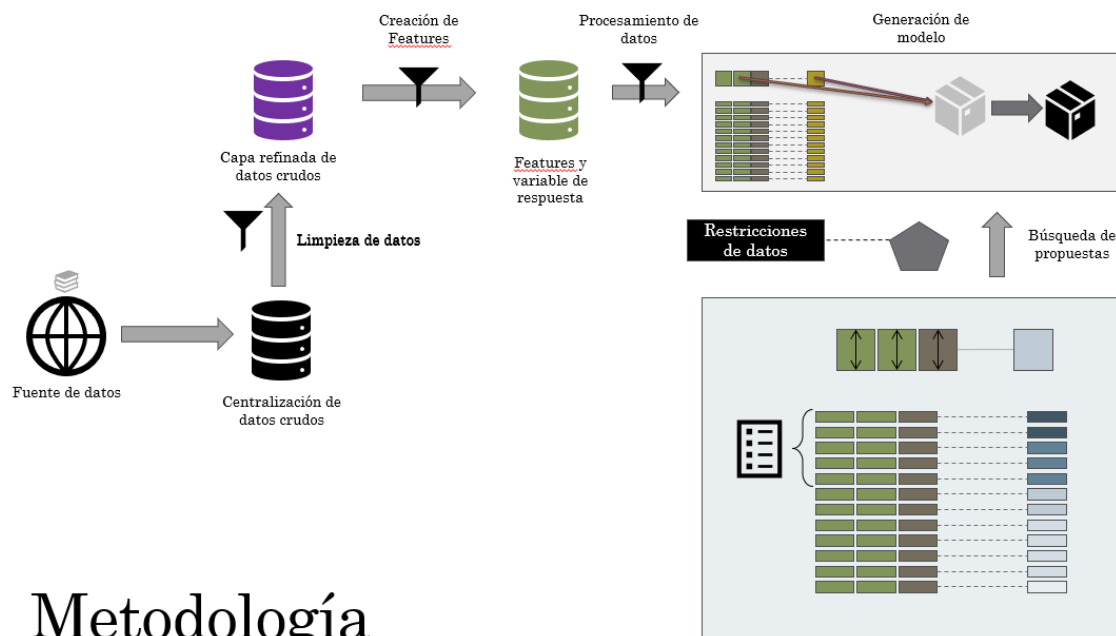
Recursos Naturales para la obtención del Certificado de Cumplimiento Internacionalmente Reconocido.

**d. Gestión de depósito de material genético ante el Centro Nacional de Recursos Genéticos.**

Se identificará el germoplasma a depositar y realizará el trámite de depósito ante el Centro Nacional de Recursos Genéticos ubicado en Tepatitlán, Jalisco.

- IV. Definición de la estrategia de protección de la propiedad intelectual, búsquedas del estado de la técnica para definir la patentabilidad y libertad de operación, estrategia de comercialización del proyecto a nivel nacional e internacional.
1. Se realizarán búsquedas en bases de datos de patente como Derwent® de Clarivate, Siga del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) para determinar la patentabilidad de la invención y se realizará un análisis de libertad de operación revisando las reivindicaciones de las patentes identificadas. Asimismo, se establecerá una estrategia de protección y comercialización mediante la asociación de los resultados de las búsquedas de patentes y la búsqueda de información en fuentes secundarias, incluida en la base de datos Euromonitor.





## Metodología

**Imagen 9.** Representación de la metodología a utilizar para el diseño y desarrollo de nuevos alimentos funcionales utilizando técnicas de inteligencia artificial (IA). Fuente: Ing. Daniel Hernández Mota.

















Como se puede constatar en la descripción de la metodología y en la imagen 9, el abordaje interdisciplinar está presente en cada una de las etapas del proyecto pues todas se interrelacionan y varias se realizan de manera simultánea para lograr el desarrollo adecuado del mismo.







### 2.5.Productos esperados y relación con los objetivos del (los) PFI relacionados.

- ✓ Modelo predictivo que identifique la similitud entre dos productos distintos dado una lista de ingredientes de cada producto. Aunado a esto, algoritmo de búsqueda dentro del espacio de similitud entre estos productos distintos para la proposición de nuevas combinaciones de ingredientes y potencializar el diseño.
- ✓ Prototipos finales del(os) alimentos funcionales diseñados con ingredientes endémicos de México reconocidos por contener componentes bioactivos benéficos para la salud.
- ✓ Solicitud de Acceso de recursos genéticos del ingrediente presentado ante SEMARNAT y de depósito de material genético (germoplasma) ante el Centro Nacional de Recursos Genéticos.
- ✓ Material audiovisual con la documentación de al menos 2 casos del uso de 2 ingredientes.
- ✓ Reporte de la búsqueda del estado de la técnica y libertad de operación, estrategia de comercialización del proyecto a nivel nacional e internacional.
- ✓ Informe final del proyecto de investigación que incluirá cada elemento del proyecto: bases de datos limpias y filtradas; definición de las herramientas de Inteligencia Artificial utilizadas (definición de los algoritmos); predicciones, fabricaciones y análisis de los productos (físicoquímicos, sensoriales y de los componentes biactivos), conclusiones y perspectivas.
- ✓ Reportes de Proyectos de Aplicación Profesional (PAP).


















## 2.6. Cronograma de trabajo



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	22 may '23 L M X J V S D	29 may '23 L M X J V S D	05 jun '23 L M X J V S
1		Definición y búsqueda de bases	34 días	lun 21/08/23	jue 05/10/23				
6		Capa refinada de información	26 días	vie 06/10/23	vie 10/11/23				
11		Creación de variables	134 días	lun 13/11/23	jue 16/05/24				
15		Procesamiento	45 días	lun 27/11/23	lun 29/01/24				
16		Entrenamiento	20 días	lun 27/11/23	vie 22/12/23				
17		Desarrollo	10 días	lun 25/12/23	vie 05/01/24	16			
18		Prueba	15 días	lun 08/01/24	vie 26/01/24	17			
19		Procesamiento completo	0 días	lun 29/01/24	lun 29/01/24	16,17,18			
20		Algoritmo de búsqueda y diseño	3 días	mar 30/01/24	jue 01/02/24				
21		Predicción 1	1 día	mar 30/01/24	mar 30/01/24				
22		Predicción 2	1 día	mié 31/01/24	mié 31/01/24	21			
23		Predicción 3	1 día	jue 01/02/24	jue 01/02/24	22			
24		Fabricación de nuevos alimentos	11 días	vie 02/02/24	vie 16/02/24				
25		Ingredientes y aditivos	5 días	vie 02/02/24	jue 08/02/24				
26		Elaboración de los productos	6 días	vie 09/02/24	vie 16/02/24	25			
27		Caracterización fisicoquímica y	14 días?	lun 19/02/24	jue 07/03/24	24			

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	22 may '23							29 may '23							05 jun '23						
								L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
28			Análisis fisicoquímico	2 días	lun 19/02/24	mar 20/02/24																						
29			Análisis Sensorial (descriptivo)	5 días	lun 19/02/24	vie 23/02/24																						
30			Análisis Sensorial (afectivas-consumi	10 días?	mié 21/02/24	mar 05/03/24																						
42			Estrategia de protección de la propiedad intelectual, búsquedas del estado de la técnica para definir la patentabilidad y libertad de operación, estrategia de comercialización del	95 días?	lun 19/02/24	vie 28/06/24																						
43			Búsqueda en bases de datos de patente y	22 días	lun 19/02/24	mar 19/03/24																						

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	22 may '23	29 may '23	05 jun '23
							L M X J V S D	L M X J V S D	L M X J V S
44	✦	Evaluación de patentabilidad y libertad de operación, estrategia de comercialización del proyecto a nivel nacional e	7 días	mié 20/03/24	jue 28/03/24	43			
45	✦	Algoritmo de búsqueda y diseño de un	3 días	mar 12/03/24	jue 14/03/24				
46	✦	Predicción 1	1 día	mar 12/03/24	mar 12/03/24				
47	✦	Predicción 2	1 día	mié 13/03/24	mié 13/03/24	46			
48	✦	Predicción 3	1 día	jue 14/03/24	jue 14/03/24	47			
49	✦	Fabricación de nuevos alimentos	11 días	lun 18/03/24	lun 01/04/24				
50	✦	Ingredientes y aditivos	5 días	lun 18/03/24	vie 22/03/24				
51	✦	Elaboración de los productos	6 días	vie 15/03/24	vie 22/03/24	45			
52	✦	Caracterización fisicoquímica y sensorial	14 días?	lun 25/03/24	jue 11/04/24	49			
53	✦	Análisis fisicoquímico	2 días	lun 25/03/24	mar 26/03/24				
54	✦	Análisis Sensorial	5 días	lun 25/03/24	vie 29/03/24				

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	22 may '23							29 may '23							05 jun '23						
								L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	
55			Análisis Sensoria	10 días?	jue 28/03/24	mié 10/04/24																						
56			Algoritmo de búsqueda y diseño de un	3 días	vie 29/03/24	mar 02/04/24																						
57			Predicción 1	1 día	vie 29/03/24	vie 29/03/24																						
58			Predicción 2	1 día	lun 01/04/24	lun 01/04/24	57																					
59			Predicción 3	1 día	mar 02/04/24	mar 02/04/24	58																					
60			Fabricación de nuevos	11 días	mié 03/04/24	mié 17/04/24	59																					
61			Ingredientes y aditivos propuestos	5 días	mié 03/04/24	mar 09/04/24																						
62			Elaboración de los	6 días	mié 03/04/24	mié 10/04/24																						
63			Caracterización fisicoquímica y sensorial	14 días?	jue 11/04/24	mar 30/04/24	60																					
64			Análisis físico	2 días	jue 11/04/24	vie 12/04/24																						
65			Análisis Senso	5 días	jue 11/04/24	mié 17/04/24																						
66			Análisis Senso	10 días?	lun 15/04/24	vie 26/04/24																						
67			Análisis de resultados	15 días?	lun 29/04/24	vie 17/05/24																						
68			Redacción de informe	30 días?	lun 20/05/24	vie 28/06/24																						

## 2.7. Bibliografía

1. ABSCH. (24 de 05 de 2023). ACCESS AND BENEFIT-SHARING CLEARING-HOUSE. Recuperado de <https://absch.cbd.int/en/countries>
2. Balestier, M., Cui, M., Nandakumar, R., Tyagi, A., Vintimilla, C., & Mathew, S. (2021, October). Regression Based Machine Learning to Generate and Validate a Metric for Food Insecurity. In 2021 IEEE MIT Undergraduate Research Technology Conference (URTC) (pp. 1-5). IEEE.
3. Buzura, L., Budileanu, M. L., Potarniche, A., & Galatus, R. (2021, October). Python based portable system for fast characterisation of foods based on spectral analysis. In 2021 IEEE 27th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) (pp. 275-280). IEEE.
4. CONABIO (s.f.). Portulacaceae: *Portulaca oleracea* L. Verdolaga. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/portulacaceae/portulacaoleracea/fichas/ficha.html> 7 de mayo de 2023.
5. Cruz Bojórquez RM, González Gallego J, Sánchez Collado P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno [Functional properties and health benefits of lycopene]. Nutr Hosp. 28(1):6-15. Spanish. doi: 10.3305/nh.2013.28.1.6302.
6. Dong, X., Wang, W., Li, H., & Cai, Q. (2021, November). Windows Attention Based Pyramid Network for Food Segmentation. In 2021 IEEE 7th International Conference on Cloud Computing and Intelligent Systems (CCIS) (pp. 213-217).
7. Elizalde-Romero CA, Montoya-Inzunza LA, Contreras-Angulo LA, Heredia JB, Gutiérrez-Grijalva EP. (2021). Solanum Fruits: Phytochemicals, Bioaccessibility and Bioavailability, and Their Relationship With Their Health-Promoting Effects. Front Nutr. 8:790582. doi: 10.3389/fnut.2021.790582.
8. ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-2019 Resultados nacionales.
9. García, M., & Cortés Avella, D. F. (2019). Desarrollo de una herramienta de gestión del proceso de secado para maximizar la capacidad antioxidante de los extractos de la cáscara del mangostino seco.
10. Ganesan K, Xu B. (2017). Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. Int J Mol Sci. 18(11):2331. doi: 10.3390/ijms18112331.
11. Gernaey, K. V., Huusom, J. K., Gani, R., Eds.; Elsevier, 2015; Vol. 37, pp 1133–1138.
12. Hayat I, Ahmad A, Masud T, Ahmed A, Bashir S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. Crit Rev Food Sci Nutr. 54(5):580-92. doi: 10.1080/10408398.2011.596639.
13. IIEG. (2022). Día Mundial de la Diabetes 2022.
14. IIEG. (2021). Enfermedades de la población de Jalisco en 2021.
15. Iranshahy M, Javadi B, Iranshahi M, Jahanbakhsh SP, Mahyari S, Hassani FV, Karimi G. A. (2017). review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Portulaca oleracea* L. J Ethnopharmacol. 205:158-172. doi: 10.1016/j.jep.2017.05.004.

16. Jalali J, Ghasemzadeh Rahbardar M. (2022). Ameliorative effects of *Portulaca oleracea* L. (purslane) on the metabolic syndrome: A review. *J Ethnopharmacol.* 299:115672. doi: 10.1016/j.jep.2022.115672.
17. Jimoh MO, Afolayan AJ, Lewu FB. (2019). Therapeutic uses of *Amaranthus caudatus* L. *Trop Biomed.* 36(4):1038-1053.
18. Johansen, K., Eds.; Elsevier, 2007; Vol. 23, pp 167–179. (10) Dubbelboer, A.; Janssen, J.; Krijgsman, A.; Zondervan, E.; Meuldijk, J. Integrated Product and Process Design for the Optimization of Mayonnaise Creaminess. In *Computer-Aided Chemical Engineering*.
19. Kongdang P, Dukaew N, Pruksakorn D, Koonrunsesomboon N. (2021). Biochemistry of *Amaranthus* polyphenols and their potential benefits on gut ecosystem: A comprehensive review of the literature. *J Ethnopharmacol.* 281:114547. doi: 10.1016/j.jep.2021.114547.
20. Meeuse, F. M., Chapter 6 - Process Synthesis for structured food products. In *Computer-Aided Chemical Engineering*; Ng, K. M., Gani, R., Dam-Johansen, K., Eds.; Elsevier, 2007; Vol. 23, pp 167–179.
21. Müller, A. C., Guido, S., & Müller, A. C. (2016). Introduction to machine learning with Python: A guide for data scientists. O'Reilly Media.
22. Negro, A. (2021) Graph-Powered Machine Learning. Manning Publications Co.
23. Nozaki, N.; Konno, E.; Sato, M.; Sakairi, M.; Shibuya, T.; Kanazawa, Y.; y Georgescu, S. (2017) Application of Artificial Intelligence Technology In product Design. *Fujitsu Scientific & Technical Journal* 53(4): pp 43-51
24. Our World in data. (2019). Food waste per capita revisado el 7 de mayo de 2023 <https://ourworldindata.org/>
25. Paul, R., Prabhu, S. B., & Yadav, S. (2022, October). FPGA based Intelligent Food Spoilage Detection for Commercial Storage. In *2022 International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA)* (pp. 752-758). IEEE.
26. Perveen R, Suleria HA, Anjum FM, Butt MS, Pasha I, Ahmad S. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) Carotenoids and Lycopenes Chemistry; Metabolism, Absorption, Nutrition, and Allied Health Claims--A Comprehensive Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 55(7):919-29. doi: 10.1080/10408398.2012.657809.
27. Salehi B, Quispe C, Sharifi-Rad J, Giri L, Suyal R, Jugran AK, Zucca P, Rescigno A, Peddio S, Bobiş O, Moise AR, Leyva-Gómez G, Del Prado-Audelo ML, Cortes H, Iriti M, Martorell M, Cruz-Martins N, Kumar M, Zam W. (2021). Antioxidant potential of family Cucurbitaceae with special emphasis on Cucurbita genus: A key to alleviate oxidative stress-mediated disorders. *Phytother Res.* 35(7):3533-3557. doi: 10.1002/ptr.7045. Epub 2021 Feb 16. PMID: 33590924.
28. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Protocolo de Nagoya sobre Acceso a Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización al Convenio de la Diversidad Biológica* (ISBN: 92-9225-310-7 ed.). Montreal, Québec, Canadá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
29. SEGOB. (10 de octubre de 2014). DECRETO Promulgatorio del Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios

que se Deriven de su Utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica. *DOF, Diario Oficial de la Federación*.

30. Shwartz-Ziv, R., & Armon, A. (2021) Tabular Data: Deep Learning is Not All You Need. Cornell University Recuperado el 15 de abril del 2023 de: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.03253>
31. Viuda-Martos M, Sanchez-Zapata E, Sayas-Barberá E, Sendra E, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J. (2014). Tomato and tomato byproducts. Human health benefits of lycopene and its application to meat products: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 54(8):1032-49. doi: 10.1080/10408398.2011.623799.
32. Zapata-Cortes, J. A., Vélez-Bedoya, Á. R., & Arango-Serna, M. D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Investigación administrativa*, 49(126).
33. Zhang, X., Zhou, T., Zhang, L., Yip, K. y Ming, K. (2019) Food Product Design: A Hybrid Machine Learning and Mechanistic Modeling Approach. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 58 (36), 16743-16752 DOI: 10.1021/acs.iecr.9b02462
34. Zhou YX, Xin HL, Rahman K, Wang SJ, Peng C, Zhang H. (2015). *Portulaca oleracea* L.: a review of phytochemistry and pharmacological effects. *Biomed Res Int*. 2015; 2015:925631. doi: 10.1155/2015/925631. PMID: 25692148; PMCID: PMC4321094.

### 3. INTERLOCUCIÓN SOCIAL

#### 3.1. Enumeración de los agentes no académicos de la sociedad civil, gubernamental o empresarial interesados en el proyecto y declaración de sus intenciones de aprovechar los frutos del trabajo de investigación.

1. Comunidades poseedoras de conocimientos tradicionales y ancestrales de los ingredientes endémicos seleccionados (Ruperto Flores Flores productor de Amaranto en Puebla; X-Picy Hortalizas de Acatic, productor de verdolaga y calabaza; Agrícola nueva generación, productores de jitomate de Zacatecas y Procesadora de alimentos la fortuna, productores de frijol negro y jitomate, también de Zacatecas) en donde se formalizará la participación de beneficios de la transferencia de la tecnología obtenida, a través de la firma de un Consentimiento Fundamentado Previo y Condiciones Mutuamente Acordadas como medida de inclusión en las actividades de investigación en el marco del Protocolo de Nagoya.
2. Cámara de la Industria Alimenticia de Jalisco.

#### 3.2. Descripción de la participación de los interlocutores sociales en cada etapa del proyecto.

La comunidad poseedora de conocimientos tradicionales y/o ancestrales de los ingredientes endémicos seleccionados participarán en la colecta de los ingredientes, también como receptores de la información referente a la aplicación del Protocolo de Nagoya con el objetivo de crear capacidades de negociación para el uso del ingrediente endémico y el establecimiento de beneficios monetarios y no monetarios para la firma del Consentimiento Fundamentado Previo y las Condiciones Mutuamente Acordadas.

#### 4. PRESUPUESTO CONFORME AL ANEXO C, QUE INCLUYA:

##### 4.1. Tabla de conceptos y costos

##### 4.1.1. Equipamiento: equipo de laboratorio o de campo, garantías, mantenimiento de laboratorio, consumibles, etc.

Dentro del desarrollo del proyecto se contemplan diversas etapas, en donde se considera la elaboración de los productos alimenticios, a los cuales se les harán determinaciones que proporcionen la información necesaria para validar por ejemplo el cumplimiento de los estándares establecidos, que incluyen evidentemente el desarrollo de las propuestas, el perfil proteico y la evaluación sensorial. También la compra de los insumos para llevar a cabo dichas determinaciones. Los montos se muestran en la siguiente imagen:

610000-0023	OTROS CONSUMIBLES	Rollos fotográficos, revelados, medicamentos, artículos de enfermería (gasas, material de curación, etcétera). Material audiovisual y material de laboratorios (reactivos químicos, componentes electrónicos, químicos de fotografía, etcétera). Referencias para perfil sensorial, desechables para pruebas con consumidor y panel. Papelería	Productos alimenticios para la fabricación de las propuestas generadas por el algoritmo entrenado.	Lista de productos para la fabricación del alimento propuesto.	\$ 80,000.00
			Desechables para pruebas con consumidor y panel descriptivo, referencias para panel entrenado y productos de mercado, y compensación para participantes	La evaluación sensorial de los productos con panel requiere de un entrenamiento y de la evaluación misma de los productos, la cual requiere el uso de referencias; en el caso de las pruebas de consumidor los desechables son imprescindibles, los cuales también se utilizan	\$ 21,000.00
			Pago de servicios a externos para evaluación de muestra con HPLC, pruebas tecnológicas, FTIR, cuantificación de proteínas	Se realizarán pruebas de interacciones proteicas o interacciones proteína-otra macromolécula, para lo cual se hace uso de pruebas de FTIR y pruebas tecnológicas funcionales (capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad gelificante). También de terminación de proteínas por HPLC, para lo cual los aminoácidos deben de derivatizarse	\$ 25,000.00
			Kit para determinación de proteínas (Bardford con estándar de BSA)	Determinación de proteínas de las propuestas desarrolladas	\$ 5,500.00
			Reactivo para derivatizar (AccQ-Fluor reagent kit)	Utilizado para la determinación en HPLC	\$ 14,000.00
			Acetronilo para HPLC	Utilizado como eluyente en HPCL	\$ 6,000.00
			Papelería: carpetas, lápices, gomas, etiquetas para imprimir	La evaluación sensorial requiere de insumos como etiquetas para la codificación de muestras, así como carpetas para tener los formatos de evaluación, lápices y gomas para el panel descriptivo que los utilizará en la parte de entrenamiento y evaluación de los productos	\$ 1,000.00
			Columna para HPLC	Caracterización de proteínas en el producto final	\$ 40,000.00

##### 4.1.2. Pago por servicios especializados a terceros: se deberá cumplir con los requisitos establecidos por la Oficina de Personal de la Dirección de Administración y Finanzas y podrán abarcar hasta el 35% del presupuesto solicitado.

Se contará con la participación de colaboradores externos al ITESO como prestadores de servicios: experto en inteligencia artificial, por un total de 100 horas, adicional dos practicantes por un total de 80



horas de trabajo, adicional el pago de un especialista en producción audiovisual para la realización de dos documentales. Dos colaboradores especialistas uno en el desarrollo de productos (formulación) y otro en análisis sensorial, el primero con 65 horas de trabajo y el segundo con 50 horas totales. A continuación, se muestran los montos, que pueden verse en el Anexo C

610000-0034	SERVICIOS PROFESIONALES DE PERSONA FÍSICA	Servicios profesionales prestados por personas físicas. Importante: Se debe consultar con la Oficina de Personal este rubro para conocer la modalidad de pago que corresponda. Consultar con Mónica Terrazas monitz@iteso.mx Nota: la suma de todos los recursos destinados a servicios profesionales (tanto persona física como moral) no podrá sobrepasar el 35% del total del presupuesto solicitado.	Colaborado externo a ITESO 100 horas, 3 Julio-22 diciembre	Colaborador externo	
					\$ 49,000.00
			Colaborador ITESO 65 horas	Colaborador externo	\$ 45,500.00
			Colaborador ITESO 50 horas	Colaborador externo	\$ 35,000.00
			Colaborador externo a ITESO para pruebas sensoriales, 2 practicantes	Colaborador externo	\$ 9,000.00
			Colaborador externo a ITESO para producción de material audiovisual	Colaborador externo para producción de material audiovisual para documentación de 2 casos de acceso a recursos genéticos.	\$ 35,000.00

#### 4.1.3. Viajes: hotel, transporte, viáticos, inscripciones, etc.

El presente proyecto incluye la visita a productores de los materiales endémicos que serán provistos para la elaboración de los productos finales, adicional los viáticos para un congreso internacional dentro del territorio nacional y también la inscripción a dicho evento. Los montos se muestran en las siguientes imágenes:

610000-0018	GASTOS DE VIAJE Y VIÁTICOS	Para personal del ITESO que viaja: boletos de avión, autobús, taxis. Hospedaje. Consumo en restaurantes foráneos. En el caso de visitantes: boletos de avión, autobús, taxis, hospedaje y consumos en restaurantes locales. Nota: El FAI no contempla la asignación de presupuesto para traslados que puedan realizarse mediante los servicios de transporte del ITESO (uso de vehículos del ITESO y vales de gasolina).	Viáticos para congreso, 15 al 17 de noviembre del 2023 Universidad de Sonora, en Hermosillo	Participación en congreso Congreso Internacional en Ciencias Alimentarias y Biotecnología	\$ 25,000.00
			Viáticos para visita a dos comunidades locales del ingrediente endémico	Impartición de curso introductorio al Protocolo de Nagoya	\$ 20,000.00
610000-0006	CONGRESOS, CONVENCIONES Y SEMINARIOS	Inscripciones y/o cuotas a seminarios, congresos, talleres, cursos.	Inscripción para participación en congreso Agosto 2024	Machine Learning for Healthcare 2024/Congreso Internacional en Ciencias Alimentarias y Biotecnología 2023	\$ 20,000.00

#### 4.1.4 Varios: refrigerios reuniones, copias, gasolina, papelería, envíos, correspondencia, publicaciones (según las políticas y procedimientos vigentes), etc.

Se contempla la visita a comunidades, así como publicaciones en revistas internacionales y reuniones en productores. A continuación, se muestran en las siguientes imágenes:

610000-0003	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES AUTOMOTRICES	Gasolina	Visitas a empresas/reuniones de trabajo	Reuniones con empresarios y personal de ingeniería de alimentos.	\$ 2,000.00
-------------	---	----------	---	--	-------------

610000-0008	CUOTAS Y SUSCRIPCIONES	Cuotas de afiliación a alguna asociación, suscripciones a expos.	Pago para publicación de investigación	publicación en revista internacional	\$ 30,000.00
			Pago para publicación de investigación sobre caso de acceso a recurso genético	publicación en revista internacional	\$ 30,000.00
			Pago constancia de depósito de material genético	Depósito de material genético del ingrediente	\$ 40,000.00
610000-0027	RELACIONES INSTITUCIONALES	Servicios de cafetería, refrigerios para la realización de un evento específico de la dependencia, etcétera. Despensa de consumo común. Contratación de servicios para eventos, propinas (deben quedar como parte del consumo).	Servicio de cafetería	Reuniones con empresarios y personal de ingeniería de alimentos, reuniones PI.	\$ 5,000.00

#### 4.2. Cronograma del ejercicio del presupuesto, de acuerdo con las fechas de inicio y finalización contempladas.

Actividad	Fecha	Presupuesto
Curso introductorio al protocolo de Nagoya	21/08/2023	\$10,000.00
Visita a productores de Acatit y Zacatecas Protocolo de Nagoya	04/10/2023	\$10,000.00
Compra de software o actualización de hardware necesarias para el algoritmo	30/08/2023	\$10,000.00
Colaborador externo bases de datos y selección y limpieza de algoritmos	21/08/2023	\$49,000.00
Reuniones con empresarios y personal de ingeniería de alimentos.	13/10/2023	\$2,000.00
Deschables pruebas de consumidor, referencias para panel entrenado y producto	19/01/2024	\$21,000.00
Colaborador externo ITESO para pruebas fisicoquímicas	02/02/2024	\$45,500.00
Materiales para la producción de los productos alimenticios propuestos así como para realizar las pruebas de caracterización	02/02/2024	\$80,000.00
Columna para HPLC (Caracterización de proteína) y consumibles para HPLC y FIRT	02/02/2024	\$65,500.00
Pago de servicios a externos para evaluación de muestra con HPLC, FTIR, cuantificación de proteínas	02/02/2024	\$25,000.00
Colaboradores externo ITESO para pruebas sensoriales	19/02/2024	\$35,000.00
Colaboradores becarios ITESO para pruebas sensoriales	19/02/2024	\$9,000.00
Guía de facilitación a panelista de sensorial	19/02/2024	\$1,200.00
Impresión de formatos de pruebas para entrenamiento de panel sensorial	19/02/2024	\$800.00
Colaborador externo ITESO para producción de material audiovisual de recursos genéticos	25/03/2024	\$35,000.00
Pago por publicación en revista internacional	12/06/2024	\$30,000.00

## 5. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

### 5.1. Plan para evitar riesgos técnicos, financieros, de recursos humanos, de manejo de información y de datos personales, de impacto ambiental, de amenaza a la salud de seres vivos o de otra índole, ya sea durante la investigación o la implantación de los resultados.

En la siguiente tabla se muestra una matriz de administración de riesgos para el proyecto.

Descripción del Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia (P)	Impacto (I)	Evaluación (P*I)	Acción o Plan de Respuesta	Responsables	Plan B	Responsables	Resultados de acción
No tener los suficientes datos para generar el modelo	Muy probable	Grave	Extremo	Buscar en bases de datos publicadas o en su defecto, crear una base de datos con información publicada en artículos	Felipe Sánchez	Generar información directamente en el laboratorio	Xadeni Villegas	Completar la base de datos para su evaluación
Procesos de transformación que afecten las propiedades funcionales del alimento	Probable	Mayor	Alto	Analizar distintos procesos de producción donde las propiedades funcionales del alimento se vean afectadas al mínimo	Raquel Zúñiga	Realizar la extracción o aislamiento de compuesto bioactivos y añadirlos en una etapa del proceso donde no se afecten tanto	Laura Arias	Que el alimento cumpla con las características funcionales que se busca
Que el costo de producción con de los alimentos no cumpla con el objetivo establecido de accesible	Probable	Moderado	Moderado	Buscar ingredientes o procesos que sean más costeables y no impacten a la asequibilidad del costo del producto terminado	Felipe Sánchez	Plantear un plan de mercadeo en donde se maximicen las cualidades del proceso para que el cliente comprenda los beneficios y la justificación del costo	Xadeni Villegas	Que el alimento se pueda comercializar en el mercado objetivo

Que el modelo no logre identificar las similitudes entre dos productos	Improbable	Mayor	Moderado	Probar con distintos algoritmos de comparación para que la respuesta sea lo más cercana posible al producto	Daniel Hernández	Cambiar de tipo de respuesta o variables que busca el algoritmo	César Lozano	Que el algoritmo logre identificar de manera exitosa las similitudes con otros
No encontrar un alimento endémico de México que cumpla con las características que se buscan	Raro	Mayor	Bajo	Buscar alimentos endémicos de América que cumplan con las características funcionales que se buscan, que se puedan conseguir en la región occidente de México de manera sencilla	Laura Arias	Buscar en otras culturas alimentos endémicos que cumplan con las características funcionales que se buscan	Raquel Zúñiga	El alimento tendrá las características funcionales deseadas
Que el algoritmo arroje formulaciones muy distintas a las esperadas	Improbable	Mayor	Moderado	Cambiar las variables esperadas o los datos de salida del algoritmo para que se ajusten a los datos medidos	Daniel Hernández	Evaluación de las formulaciones y reestructuración de variables para que se puedan ajustar a lo que dicta el modelo	Daniel, Xadeni Villegas	El algoritmo compara de manera adecuada entre productos comerciales y las formulaciones hechas
Que los datos generados a través de los años en el laboratorio de ingeniería de alimentos no sean suficientes o no reflejen la	Improbable	Grave	Alto	Reevaluar los datos que se tienen y adaptar las variables de entrada o de respuesta que requiere el modelo	Laura Arias	Generar más formulaciones para tener datos que se adapten a los que se piden en el modelo	Xadeni Villegas	Los datos generados en el laboratorio sirven para alimentar el modelo y hacer predicciones más robustas

información que se desea								
El desarrollo de nuevas formulaciones consuma más tiempo y recursos de los presupuestados originalmente	Muy probable	Mayor	Alto	Análisis de tiempos y costos de formulación para adaptarse a los tiempos y presupuestos que quedan	Raquel Zúñiga	Utilizar los proyectos verticales de ingeniería de alimentos como plataforma de desarrollo de productos	Laura Arias	Los costos y tiempos de formulación se adaptan a los presupuestados
Que no se tenga acceso al conocimiento de comunidades que poseen conocimientos ancestrales de los ingredientes	Improbable	Moderado	Moderado	Utilizar las instancias del gobierno de acceso a la información para que se pueda acceder a los datos requeridos	Ileana Fraire	Acercarse directamente a las comunidades para obtener información	Laura Arias	Se tiene información de los ingredientes ancestrales utilizados por comunidades mexicanas que cumplan con las expectativas de formulación
Que el algoritmo o alguno de sus componentes no pueda ser patentado	Probable	Mayor	Alto	Buscar si las formulaciones o partes del proyecto pueden ser patentadas	Ileana Fraire	Hacer un registro del algoritmo para poder hacer uso comercial del mismo	Raquel Zúñiga	El algoritmo está protegido para su uso y distribución

Que la formulación final tenga un beneficio a la salud no comprobable	Improbable	Menor	Bajo	Buscar adicionar las sustancias que hagan que el producto sea funcional en las cantidades adecuadas, sustentadas en artículos científicos	Felipe Sánchez	Buscar otro tipo de propiedades funcionales (como adición de probióticos, entre otras) más "generales" para que el alimentos tenga un beneficio real a la salud del consumidor	Laura Arias	El alimento tiene un beneficio comprobable en la salud del consumidor
Que el algoritmo de inteligencia artificial no cumpla con las características que se le piden	Improbable	Mayor	Moderado	Generar más datos para el entrenamiento y validación del modelo	Daniel Hernández	Cambio de características de modelo para que sea más robusto y cumpla con las características	César Lozano	El algoritmo resuelve y arroja de manera adecuada las características del alimento que se le piden

### 5.2. Plan de mitigación de riesgos, en caso de no poder evitarse los riesgos mencionados.

En la matriz de riesgos de la sección 5.1 se muestra una columna titulada “Plan B” en dónde se expone el plan de mitigación de riesgos en caso de no poderse evitar los riesgos que se mencionan.

## 6. DECLARACIÓN DE ADHESIÓN A LOS PRINCIPIOS ÉTICOS DEL ITESO CONTENIDOS EN LAS NORMATIVAS VIGENTES.

El grupo de investigación en vías de consolidación que trabajará en este proyecto se apegará a los principios éticos establecidos por la Comisión de Ética de la Investigación (CEI) del Comité Académico del ITESO. El grupo ha trabajado, analizado y reflexionado acerca de los mecanismos que se utilizarán a lo largo del proyecto para disminuir los riesgos del estudio e incrementar los beneficios y con ello cumplir el principio de beneficencia. Asimismo, el grupo de investigación está muy consciente de que el proyecto propuesto no genera ningún daño, ni lesiona a cualquier ser vivo o a sus hábitats, cumpliendo con el principio de no maleficencia.

Por otra parte, el grupo ha planeado el proyecto de tal manera que no se generará desigualdad entre los participantes, incluyendo los interlocutores sociales, pues además se registrará el proyecto ante la SEMARNAT, dando cumplimiento así al Protocolo de Nagoya y por supuesto, al principio de justicia.

Cabe resaltar que el grupo de investigación declara que se informará de manera exhaustiva y clara a los integrantes del panel de jueces entrenado y en su defecto al panel de consumidores, en qué consistirá su participación, los alimentos a analizar de manera sensorial, así como el uso que se le dará a los resultados de la evaluación para que ellos puedan decidir libre y voluntariamente su participación en el estudio. A los que decidan ser parte del panel, además, se les asesorará y apoyará durante su participación, de acuerdo con el principio de autonomía.

Finalmente, todos los integrantes del grupo de investigación pertenecientes al ITESO acreditaron los cursos sobre ética de CITI Program sobre Conflict of Interest, Responsible Conduct of Research (RCR) e Information Privacy & Security (IPS), así como el de Human Subject Research (HSR), al trabajar con sujetos para obtener información de los atributos sensoriales de los alimentos.



## 7. ANEXOS

- 7.1. Cartas de interés de parte de profesores del ITESO, en las que se haga referencia precisa del nombre del proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas de encargo semanales que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y la descripción de sus actividades.
- 7.2. Cartas de interés de los investigadores de otras instituciones, en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas semanales que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y la descripción de sus actividades.
- 7.3. Cartas de interés de los interlocutores sociales, en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán; la descripción de sus actividades y su intención de aprovechar los resultados del proyecto.
- 7.4. Cartas de interés de los alumnos que participarán en el proyecto (en caso de que aplique), en las que se haga referencia precisa del nombre proyecto de investigación; el nombre del coordinador; las horas que prevén dedicar al proyecto; las fases en las que participarán y descripción de sus actividades.
- 7.5. Carta de los coordinadores de los PI involucrados en la propuesta, en la que se dé cuenta de la aportación que el proyecto hará a las líneas, objetos o problemas del PI.
- 7.6. Carta con el visto bueno del director de la dependencia de adscripción del investigador coordinador, en la que se avale la presentación de su proyecto en el marco de la convocatoria vigente y las horas de encargo semanales previstas para su realización.
- 7.7. Carta con el visto bueno del director de la dependencia de adscripción de cada investigador colaborador del ITESO, precisando las horas semanales de encargo que estima dedicar al proyecto, fases en las que participa y descripción de sus actividades.