

**METODOLOGÍAS DE ECODISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO FUNCIONAL ELABORADO CON MEZQUITE (*Prosopis spp.*), CON BASE A LOS PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA SOSTENIBLE**

**ECODESIGN METHODOLOGIES FOR THE PROPOSAL OF A FUNCTIONAL FOOD PRODUCT MADE WITH MESQUITE (*Prosopis spp.*), BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE ENGINEERING**

Fabiola Alcalá **Díaz-Infante**<sup>1</sup>; Sandra Aidee **Olivares-Bautista**<sup>2</sup>; José David **Contreras-Becerra**<sup>3</sup> y Lilia **García-Azpeitia**<sup>4</sup>

**Resumen**

Es importante el desarrollo de nuevos productos bajo un enfoque sustentable que permita el aprovechamiento de los recursos regionales, considerando los impactos que el cambio climático ha provocado en las especies endémicas como son las presentes en el bosque espinoso. Se diseñó un alimento funcional de bajo índice glicémico, elaborado con fruto de mezquite mediante la aplicación de la metodología Design Thinking (DT) como soporte para el diseño del alimento; se realizó la ingeniería técnica del producto con

criterios de ecodiseño y eco innovación además de una propuesta para el desarrollo de cadena de valor. Se realizaron cuatro etapas del DT: primera (empatía), se realizó la búsqueda respecto a las estadísticas nacionales referentes a la población con enfermedades metabólicas para tomar de referencia y determinar los posibles consumidores del alimento funcional en Lagos de Moreno (Jalisco), así como los criterios establecidos por la norma oficial mexicana para productos alimenticios; segunda (Definición) se diseñó la encuesta, la

<sup>1</sup> Pasante de la carrera de ingeniería Industrial del Instituto tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Lagos de Moreno.

<sup>2</sup> Profesor investigador en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez-Campus Lagos. Correo electrónico: sandra.olivares@lagos.tecmm.edu.mx

<sup>3</sup> Docente investigador en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez. Correo electrónico: DAVID.CONTRERAS@lagos.tecmm.edu.mx

<sup>4</sup> Docente del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez. Correo electrónico: lilia.garcia@lagos.tecmm.edu.mx

cual se aplicó mediante redes sociales como estrategia para solventar el resguardo por la pandemia, se aplicaron 157 encuestas; tercera (Ideación) se propusieron las diferentes ideas para el diseño del alimento considerando la composición básica de este tipo de alimentos y los gustos del consumidor de acuerdo con la encuesta; cuarta (Prototipado) se elaboró un alimento funcional para consumo humano, tipo pan; bajo criterios de ecodiseño y economía circular que permitieran un proceso de bajo impacto ambiental, pero también de fácil cumplimiento tecnológico; Dentro de la ingeniería del producto bajo criterios de ecodiseño se desarrolló el concepto del alimento, el Análisis de Ciclo de Vida del producto, se determinaron los insumos y la evaluación de impacto ambiental y demás aspectos de ingeniería para el proceso. Referente al desarrollo de la cadena de Valor, esta se efectuó de acuerdo con la Organización Internacional para el Trabajo (OIT), se realizó el mapeo de la cadena de valor, plasmando las actividades primarias y las actividades de apoyo que se debe de llevar.

Esta investigación aporta conocimiento en el desarrollo de alimentos funcionales con recursos regionales que permitan el aprovechamiento de especies endémicas con beneficios adicionales para los consumidores, pero también el fortalecimiento de la economía local, bajo criterios de sustentabilidad, con la finalidad de contribuir en lo posible a lograr el objetivo de desarrollo sostenible del hambre cero para 2030.

**Palabras clave:** alimento; pan; mezquite; ODS; Design Thinking.

### Abstract

It is important to develop new products under a sustainable approach that allows the use of regional resources, considering the impacts that climate change has caused on endemic species such as those present in the thorny forest. A low glycemic index functional food was designed, made with mesquite fruit by applying the Design Thinking (DT) methodology as support for food design; The

technical engineering of the product was carried out with eco-design and eco-innovation criteria, as well as a proposal for the development of the value chain. Four stages of the DT were carried out: first (empathy), the search was made regarding the national statistics referring to the population with metabolic diseases to take as a reference and determine the possible consumers of functional food in Lagos de Moreno (Jalisco), as well as the criteria established by the official Mexican regulations for the type of food products; second (Definition) the survey was designed, which was applied through social networks as a strategy to solve the shelter due to the pandemic, 157 surveys were applied; third (Ideation) the different ideas for the design of the food were proposed considering the basic composition of this type of food and the tastes of the consumer according to the survey; Fourth (Prototyping) the first food was made, under ecodesign and circular economy criteria that would allow a process with low environmental impact, but also with easy technological compliance; within the engineering of the product under ecodesign criteria, the concept of the food was developed, the Life Cycle Analysis of the product, the inputs and the evaluation of environmental impact and other aspects of engineering for the process were determined. Regarding the development of the value chain, this was carried out in accordance with the International Labor Organization (ILO), the mapping of the value chain was carried out, capturing the primary activities and the support activities that must be carried out.

This research provides knowledge in the development of functional foods with regional resources that allow the use of endemic species with additional benefits for consumers, but also the strengthening of the local economy, under sustainability criteria, in order to contribute as much as possible to achieve the sustainable development goal of zero hunger by 2030.

**Key words:** food; bread; mesquite; ODS; Design Thinking.

## INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta y la humanidad hoy enfrentan muchos retos, que de no ser solucionados se convertirán en un grave problema de salud pública, el sobrepeso y la obesidad son uno de ellos, con más de 4 millones de personas muriendo por esta situación, ya no sólo son los adultos y jóvenes, sino que cada día hay más niños con enfermedades metabólicas, siendo la más común la obesidad. Las instituciones de salud comentan que el problema ha crecido a proporciones epidémicas.

En el caso de México ENSANUT (2018), menciona que, a nivel nacional, el porcentaje de adultos de 20 años con sobrepeso y obesidad era de 75.2%, de los cuales el 39.1% padecía sobrepeso y el 36.1% tenía problemas de obesidad. El sobrepeso u obesidad son considerados factores de riesgo para la generación de enfermedades como la hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, trastornos óseos y musculares y algunos tipos de cáncer; provocando una baja calidad de vida. Por otro lado, los costos de los tratamientos para de control de esas enfermedades se elevan drásticamente generando un problema para las empresas y la salud pública, es por eso por lo que son consideradas la “epidemia del siglo”. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la obesidad y el sobrepeso como la “acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud”. Es bajo esta situación que se hace indispensable innovar productos saludables, que sean del gusto de los consumidores, no sólo por el valor nutricional que aporten o por que sean bajos en grasas o por que tengan bajo índice glicémico; sino por su sabor, textura, olor, color y precio; entre otros.

También, es necesario el desarrollo de nuevos productos bajo un enfoque sustentable que permita el aprovechamiento de los recursos regionales, considerando los impactos que el cambio climático ha provocado en la materia prima como el fruto de mezquite (*Prosopis spp.*). Se requiere que cualquier proyecto considere los tres aspectos del Desarrollo Sostenible (social, ambiental y económico). Sin dejar de lado que el desarrollo de productos funcionales requiere estudios de factibilidad técnica, de mercado, ambiental, económica y financiera, así mismo que contribuya a los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

*“Necesitamos producir grupos de alimentos que sean buenos para la salud de manera que sean restauradores para el planeta, en lugar de extractivos”* (Woolston, 2020: s54).

El mezquite (*Prosopis spp.*) es un árbol que crece en zonas áridas de México y otros países, la harina de sus vainas contiene más proteína y fibra que la harina de trigo (HT) y ha sido usada por algunos pueblos indígenas desde tiempos

ancestrales, jugando un papel muy importante en su alimentación, por ejemplo, de los frutos secos se hacía harina preparando una pasta, conocida hoy en día como “mezquimal” así mismo, obtenían una harina llamada pinole, que a su vez se usaba para hacer atole, entre otros productos que formaban parte de su dieta alimenticia (Martínez, 1976). Carrillo et al. (2007), mencionan que la vaina contiene nutrientes valiosos como: entre 9-17 % de proteína, 3-5 % de minerales, 17-30 % de fibra y es baja en grasas. Este árbol se adapta fácilmente a climas extremos y diferentes alturas sobre el nivel del mar, su altura alcanza de 4 y 12 metros menciona López-Franco y colaboradores (2006). Estudios realizados por Betancourt-Suárez et al. (2016), el fruto o semilla es considerado de sabor dulce, libre de gluten, ofreciendo contenidos de fructosa y goma lactomanana (fibra soluble) por lo tanto son utilizados *como estabilizadores naturales de niveles de glucosa en sangre* según la Comisión Nacional de Zonas Áridas, (citado en De la Cruz, et al, 2021).

De acuerdo con Díaz-Batalla y et al., 2018, las vainas de mezquite tienen una composición química y fitoquímica que les permite tener propiedades funcionales, sin embargo, actualmente es un recurso biológico subutilizado. Se encontraron altos valores de lisina y aminoácidos azufrados en las harinas de esta leguminosa, acorde a la recomendación que hace la FAO para mayores de 3 años.

Para Alongi, Anese (2021) se requiere de un enfoque integrado (holístico) para el desarrollo de alimentos funcionales en donde se consideren, la regulación, las preferencias de los consumidores, los aspectos tecnológicos y estrategias de comunicación.

Según Veflen (2014) el Design Thinking como metodología puede contribuir a la innovación en la industria alimentaria considerando sus cinco etapas; así mismo implica más empatía del consumidor, prototipos más frecuentes y más colaboración de lo que es común dentro del sector alimentario tradicional, lo que permite disminuir errores y evitar fayas ocurridos al lanzar nuevos alimentos sin un diseño integral.

Fido (2016), menciona que Design Thinking (DT) es uno de los métodos más eficaces para la innovación en productos, servicios y negocios, el cual busca identificar necesidades o problemas de un determinado grupo de la población. Cuyo método se integra por cinco etapas, la primera *empatizar*, en esta se realiza la segmentación de la población, se comienza con la descripción del entorno y se visualizan las necesidades; la segunda, *definir* el problema a solucionar de la población en estudio; es decir se identifica el problema. Posteriormente, se generan ideas del producto (*ideación*), posteriormente se *prototipa* seleccionando la idea más adecuada para el segmento seleccionado y, finalmente se *testea* el producto con el propósito de comprobar que realmente se solucionará el problema planteado (Brown y Wyatt, 2010; Designthinking, 2016).

Por otra parte, cuando hablamos de ecodiseño, entendida como la capacidad de generar productos o servicios de menor impacto ambiental, enfocada al área de alimentos, se deben considerar nueve aspectos: calidad sensorial, calidad nutricional, seguridad alimentaria, estética, costos, placer del consumidor, vida útil, disponibilidad y por supuesto medio ambiente (Ramos, 2015).

Igualmente, parte importante al hablar del diseño de un alimento, en términos de sustentabilidad social ambiental y económica implica el desarrollo de una cadena de valor, que de acuerdo con la Organización Internacional del trabajo: esta se utiliza generalmente como un vínculo de desarrollo frente a la productividad, el crecimiento y la creación de empleos en el sistema de mercado (Nutz y Sievers, 2016).

El presente proyecto tuvo como propósito diseñar un producto alimenticio funcional, tipo pan, mediante la metodología Design thinking considerando aspectos de ecodiseño y ecoinnovación. Usando recursos endémicos regionales (vainas de mezquite), con apego a los principios de la ingeniería sostenible.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para realizar este proyecto se implementó la metodología DT la cual está integrada por cinco etapas: Empatía, Definición, Ideación, Prototipado y Testeo, se trabajó en la Unidad Académica de Lagos de Moreno del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, el cual cuenta con un bosque espinoso de 10 hectáreas de mezquite. Es importante enfatizar que la parte de procesamiento y de análisis de composición y características organolépticas del alimento no son parte de este artículo, solo lo referente al diseño bajo criterios de sostenibilidad.

En la etapa de empatía se determinó a quien va dirigido el producto, para esto se realizó una segmentación de mercado en la cual revela la problemática, la población a quienes va dirigido el producto que en este caso son a personas que tengan alguna enfermedad como; Obesidad, Diabetes, Hipertensión, Triglicéridos, Intolerancia a la lactosa, Colesterol alto, entre otras y se determinó el número de muestra para poder continuar con la etapa dos de esta metodología. Para llevar a cabo esta etapa se calculó el tamaño de muestra para una población finita, considerando como habitantes del municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, 172403, segmentando a 63731 habitantes económicamente activos (INEGI, 2020), de los cuales se consideró según la Secretaria de Salud y Asistencia que el 10% que tienen alguna enfermedad metabólica no trasmisible (obesidad, diabetes, hipertensión, etc.), se obtuvo una muestra de 157 personas.

En la segunda etapa se desarrolló y aplicó una encuesta por medio de redes sociales con la herramienta forms, para saber las necesidades de las personas a

quienes va dirigido el producto, en esta se realizaron preguntas como, “si llevaban una dieta especial”, “si conoce los alimentos funcionales”, “si los consumiría”, “si conocía el fruto del cual estaría hecho este producto”, “qué sabor les gustaría”, y “qué tipo de alimento les gustaría consumir como una bebida, una galleta, un pan o una gelatina” y finalmente “que precio estaría dispuesto a pagar”.

En la tercera etapa con base en los resultados de la encuesta se proyectó y diseñó el alimento funcional, tomando como bases las Normas Oficiales mexicanas y normativa internacional. También en esta etapa se definió el nombre del producto, el eslogan y la imagen.

La cuarta etapa (prototipado) se realizó con muy poca materia prima (vaina de mezquite) que se recolecto bajo condiciones restringidas por la pandemia de COVID-19; además de que los frutos de esta leguminosa solo se producen de junio-julio.

La quinta etapa no se realizó como se planeó inicialmente ya que el acceso a la institución académica y los laboratorios era restringido por la pandemia anteriormente mencionada.

Para desarrollar la ingeniería del producto se elaboraron fichas técnicas para la materia prima, con las cuales se obtuvo una estandarización de cada ingrediente requerido y así se especificó lo que debe contener cada uno de los productos, de esta manera evaluar si es adecuado o no para el alimento. Las fichas fueron elaboradas con base en las normativas correspondientes a cada alimento como la Secretaría de Salud y Asistencia y de la Comisión del Codex Alimentarius. Se revisó y se analizó el marco legal para el desarrollo de un alimento funcional, como lo son las normas internacionales y nacionales para establecer las características de calidad del producto a desarrollar, entre ellas se encuentran: NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. NMX-F-442-1983. Alimentos- pan-productos de bollería. NOM-051-SCFI/SSA1-2010, especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-información comercial y sanitaria. NOM-014-SSA3-2013, Para la asistencia social alimentaria a grupos de riesgo. NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Por otra parte, se realizó un diagrama de flujo para representar la secuencia de las actividades en el proceso que se realizó para así mostrar cómo se debe desarrollar, desde selección de la materia prima hasta la obtención de producto terminado. Se seleccionó el equipo y maquinaria que se requiere para la elaboración del producto, tomando en cuenta las características como las dimensiones, la capacidad, modelo y precio.

Para el desarrollo del nuevo producto se realizó un análisis de precios, en este caso se hizo con productos similares, algunos fueron de la marca bimbo, tía rosa,

y panaderías de la cabecera municipal de Lagos de Moreno, Jalisco. Se elaboró una ficha técnica del producto para citar la información necesaria para la fabricación, como el nombre, la descripción del producto, el lugar en donde se elaborará, la materia prima, su composición nutricional, la presentación y empaque, las características, la normatividad con la cual se debe cumplir, hasta el método de conservación. También se hizo un diseño conceptual del sistema de fin de vida o reciclaje y de todo el proceso para representar lo que conlleva elaborar un alimento desde la materia prima hasta el producto final.

Se diseñaron los aspectos claves del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del producto como los objetivos y alcances, así como un análisis de inventario, que ayuda a identificar las entradas (materia prima y energías a utilizar), proceso (pasos de la elaboración del pan, producto terminado, y tipo de empaque) y salidas (residuos sólidos, emisiones, aguas residuales CO<sub>2</sub>) todo esto representado en un esquema para mayor entendimiento. Además, se elaboró una tabla con el requerimiento de insumos para tener establecido lo que se va a utilizar en la fabricación del producto. Posteriormente se realizó una evaluación de impacto ambiental con una matriz de aspectos ambientales base la norma ISO 14001 para identificar cuanto impacto tiene la elaboración del producto en el medio ambiente.

Se elaboró un mapa de cadena de valor siguiendo los pasos correspondientes a la OIT, plasmando las actividades primarias que son suministros, logística de entrada, las operaciones, la distribución y logística de salida, ventas, marketing y servicio, y por otra parte las actividades de apoyo, la administración de recursos humanos, administración general, infraestructura de la empresa, normativas a seguir. Esto para lograr comprender el proceso y las etapas por las que pasa un nuevo producto.

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de hipótesis (Ho:  $P = .93$ ; H1:  $P < .93$ ) de proporción ya que como datos se utilizó los resultados de la pregunta de “si estarían dispuestos a consumir un alimento funcional” teniendo como respuesta que el 93 % aceptaría consumirlo y solo el 7 % no aceptaría hacerlo, por lo tanto, para la realización de la prueba se derivaron las hipótesis de la siguiente manera con un nivel de significancia del 5 %.

Para el análisis financiero se determinó el precio del alimento, para esto se hicieron varias investigaciones en fuentes como la Cámara Nacional de la Industria Panificadora, secretaria de Economía, de esta forma se conoció que el costo directo del producto representa el 57 % del costo total y que los productos de panadería tienen un 35 % de rentabilidad (Moya, 2021). Después de tener los precios de cada uno de los insumos necesarios para la elaboración del alimento, se determinó cuánto cuesta la elaboración de 4 620 piezas de pan que son las que se producirán en un mes como estimación preliminar. Se consideraron otros factores importantes como los costos de maquinaria y utensilios para poder

determinar el costo total de producción. El precio del pan se consideró como la suma del costo unitario más el producto del porcentaje de rentabilidad por el costo unitario. También se desarrolló el análisis de costo beneficio utilizando  $C/B = \text{Total de ingresos} / \text{Total de costos}$ .

Finalmente se ejecutó un análisis de modo de falla del producto, para el mejoramiento constante del proceso ya que se intentó lograr la eliminación de riesgos durante el proceso, por lo que se requiere prevenir cualquier falla para obtener un producto con calidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los resultados de la metodología de Design Thinking en las dos primeras etapas *empatía* y *definición*: el 58 % de los participantes están en la edad de los 21 - 31 años, y del total de encuestados el 63 % no sufre de ninguna enfermedad metabólica, mientras que un 36 % si sufre de alguna de las siguientes enfermedades: obesidad, diabetes, hipertensión, triglicéridos, colesterol alto, o trastornos como la intolerancia a la lactosa. Se observó, también, que de las personas que confirmaron tener alguna enfermedad, el 34.4 % sufre de obesidad y un 19.7 % de diabetes, siendo estas dos las enfermedades más comunes. 41.7 % sigue una dieta especial, mientras que el 58.3 % no la tiene, lo que nos muestra que la mayor parte de la población en estudio no cuida su alimentación.

Respecto al tema de alimentos funcionales las encuestas permitieron observar que el 62.4 % conoce los alimentos funcionales y sólo un 37.6 % no los conocen, sin embargo, el 93.3 % contestó que “si lo consumiría”, es importante mencionar que el 75.8% de los encuestados oscilan entre los 21 y 40 años, es decir personas jóvenes que hoy, más que nunca cuidan su imagen, su salud y el medio ambiente. Como menciona Baba et al., (2017), que los consumidores son cada vez más conscientes y preocupados de su estado y bienestar, encontrándose muy motivados para mantener o mejorar su salud y calidad de vida a través del consumo de alimentos sanos, dieta y ejercicio. Al preguntar a la población en estudio sobre si consumiría un alimento funcional con vaina de mezquite el 84.6% dijo que si, mostrando que, al conocer las preferencias de los consumidores en cuanto a alimentos nuevos y saludables, nos permitirá elaborarlos y así contribuir en el desarrollo de otras alternativas viables a base de recursos regionales, coadyuvando al fortalecimiento de la economía local, bajo criterios de sustentabilidad.

Una vez que conocimos que el 84.6% de nuestra población estaba más que dispuesto a consumir nuestro producto, fue importante conocer si lo prefería salado o dulce por lo que el 68.5 % respondió que dulce y el 31.5 % salado; con

respecto a qué tipo de alimento prefiere la población, opinaron que ya fuese bebida, galleta o pan, el alimento sería aceptado. Por último, se cuestionó sobre el precio que estarían dispuestos a pagar por el alimento, obteniendo como resultado que un 54.4 % estarían dispuesto a pagar hasta 15 pesos.

Con base en los resultados arrojados en la encuesta se determinó que el 36% de la población encuestada sufre de alguna enfermedad metabólica, siendo las más comunes obesidad y diabetes, también que solo el 41% tiene una dieta para cuidar su alimentación, y solo el 37% de la población no conoce lo que es un alimento funcional, pero el 93% está dispuesto a consumir este tipo de alimento y que de preferencia sea dulce, ya sea en bebida, galleta o pan. Por lo cual se considera que tendrá una buena aceptación.

En la etapa 3 (Ideación), con los resultados arrojados por la encuesta, en la cual se consideraron las preferencias de los consumidores, se definió y afirmó la idea de elaborar un alimento funcional (tipo pan), a base de vaina de mezquite con propiedades “funcionales” por el contenido de fibra y fitoquímicos que tiene la vaina y por tanto de bajo índice glicémico, con sabor naranja o vainilla, y dulce. Alimento que tenga las características de un pan, de acuerdo a la tecnología de los alimentos debe tener un aspecto externo (en la parte superior convexa, plana en su base); color exterior (la superficie de la corteza y de la base deben presentar un color dorado uniforme un poco más oscuro); tipo de corteza (debe presentar una textura ligeramente flexible); color de la miga (característico de este tipo de productos); olor (agradable y característico) y sabor característico; textura (la corteza debe presentar superficie suave y ligeramente flexible); que cumpla con las especificaciones físico químicas (contenido de humedad, de proteínas y de grasas), características de acuerdo con la adecuación de la norma NMX-F-442-1983, y de acuerdo con los lineamientos del CODEX (2021).

Se consideró que el producto tenga una envoltura ecológica, que se pueda reciclar y permita también la conservación de este alimento. Así como que en este empaque vengan los parámetros establecidos en la NOM-050-SCFI-2004. Se seleccionó como nombre del producto “MEZQUIPAN” y el eslogan “porque comer pan nunca fue tan saludable”.

## **Desarrollo del nuevo producto**

Para el desarrollo del producto, primeramente, se realizó un análisis de precios de productos similares en el mercado, los resultados del análisis se muestran en la Tabla 1. En el caso de la panadería es un precio estándar ya que es un producto regulado.

**Tabla 1. Análisis de precios**

Análisis de precios			
Empresa	Presentación	Características	Precio
MEZQUIPAN	1 pz 60 gr	Alimento funcional de bajo índice glicémico, tipo pan elaborado con fruto de mezquite con sabor a vainilla	\$6
PANADERIA "MIGUELON"	1 pz 60 gr	Pan dulce sabor a vainilla, suave, sabor único	\$6
BIMBO	2PZ 120 gr	Las clásicas conchas con un exquisito sabor a vainilla, suaves y con un sabor único.	\$11
TÍA ROSA	2 pz 120 gr	"semitas" suavcito pan dulce con el mix de sabores ideales	\$14

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se muestra una ficha técnica con las especificaciones del producto y su con composición en porcentaje, permitiéndonos estandarizar el alimento (Figura 1).

Ficha técnica	
Nombre del producto	Mezquipan
Descripción del producto	Alimento funcional de bajo índice glicémico, tipo pan elaborado con fruto de mezquite con sabor a vainilla o naranja, Con un diámetro de 10 cm y un peso de 60 gr.
Lugar de elaboración	Lagos de Moreno

Composición Nutricional	Aceite	10 %	
	Azúcar de caña	10 %	
	Suero de leche	15 %	
	Harina de trigo	40 %	
	Huevo	10 %	
	Harina de mezquite	15 %	
	Bicarbonato de sodio	Trazas	
Presentación y empaques comerciales	Envoltura reciclable		
Características	<p>Color: La superficie de la corteza y de la base deben presentar un color dorado uniforme</p> <p>Olor: Deberá ser agradable y característico</p> <p>Sabor: característico</p> <p>Textura: Superficie suave y ligeramente flexible</p> <p>Tipo de corteza: Debe presentar una textura flexible</p>		

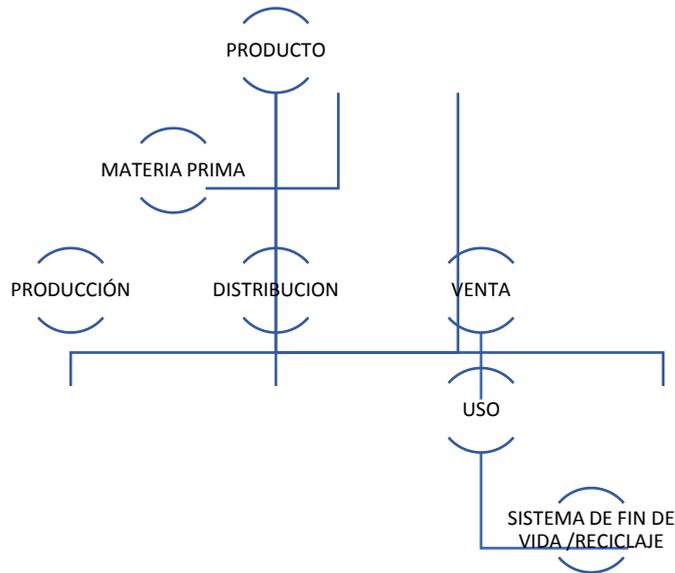
**Figura 1.** Ficha técnica del producto.

**Fuente:** elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente la aplicación del DT corresponde al diseño del alimento en el cual se consideró la preferencia del posible consumidor, la normatividad oficial mexicana y criterios internacionales para este tipo de productos. El proceso de obtención y caracterización fisicoquímica de harina no es parte de este documento.

## Diseño Conceptual

Se realizó un diseño conceptual con base a la ingeniería de diseño, para la mejor interpretación del desarrollo a seguir del alimento funcional, que conlleva desde la definición del producto, materia prima, producción, distribución, venta, el uso y por último el sistema de fin de vida o reciclaje.

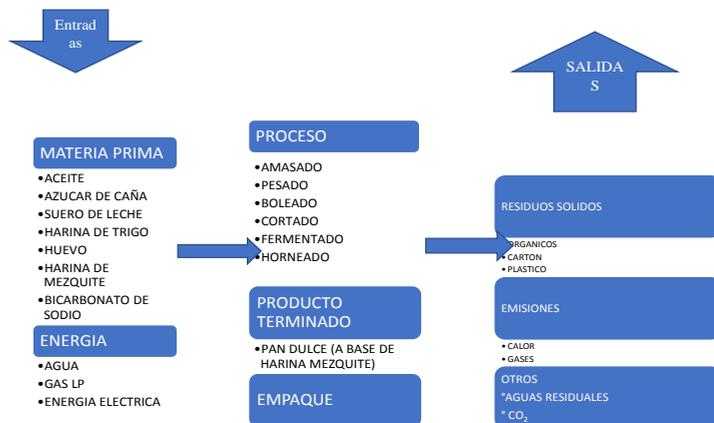


**Figura 2.** Diseño conceptual.

**Fuente:** elaboración propia.

## Ciclo de vida del producto

Se definió los objetivos y alcances determinando las posibles problemáticas en el medio ambiente de la producción del pan de mezquite mediante el análisis del ciclo de vida del producto dando así la oportunidad de identificar las entradas, salidas y los impactos. Para representarlo se realizó un análisis de inventario (Figura 3) en el cual se observa las entradas, el proceso que conlleva y las salidas de este.



**Figura 3.** Análisis de inventario.

**Fuente:** elaboración propia.

Fue también importante establecer los requerimientos de los insumos con las principales especificaciones, tipo de empaque, dimensiones, volumen y el peso de cada producto.

**Tabla 2. Requerimientos de insumos**

Materia prima	Marca	Tipo de empaque	Dimenciones	Volumen	Peso del producto
Aceite	Aceite 1.2.3	Botella De Plastico	10.5 X 43 X33 Cm	3758 Mil.	3.78 G
Azucar De Caña	Natulce	Costal De Polipropileno Tejido	45x 37 X 22 Cm	25000	25kg
Suero De Leche	Nestle	Caja De Carton	26.43 X 24.98 X 39.9 Cm	10000 G	10 Kg
Harina De Trigo	Selecta	Costal De Polipropileno Tejido	44 X 37 X 22 Cm	20000	20 Kg
Huevo	San Juan	Caja De Carton		360 Pzas	22kg
Harina De Mezquite					

Bicarbonato De Sodio	Generico	Lata	11.3 X 8.5 X 8.5 Cm	500g	1/2 Kg
----------------------	----------	------	---------------------	------	--------

**Fuente:** elaboración propia.

Es importante señalar que no se encontró una marca comercial de harina de mezquite, a nivel laboratorio la composición proximal (g/kg): 65 de humedad, 309.5 de proteína, grasa 40.3 y de fibra cruda 83.5 (Díaz et al., 2018).

Para el análisis de impacto ambiental que pudiera tener el producto se consideró el efecto del proceso de producción del alimento al medio ambiente, conforme a lo que indica la norma ISO 14001 mediante la matriz de aspectos ambientales. Se consideraron los pasos principales del proceso, el tipo de impacto y se realizó una evaluación cualitativa en frecuencia, severidad, magnitud y el total del impacto ambiental. Para las etapas de proceso evaluadas no se encontró una valoración significativa ya que de acuerdo con la metodología son significativas aquellas valoraciones con mayor de 20. Sin embargo, la etapa de limpieza dio 16 por el impacto que representa el uso de agua potable, para lo que se estandarizaran los procesos de lavado y desinfección de equipo y utensilios, cumpliendo con la normatividad mexicana en lo referente a este aspecto (Tabla 3).

**Tabla 3. Evaluación de impacto ambiental**

Descripción de la actividad		Identificación del aspecto	Impactos ambientales	Evaluación de la significancia del impacto				Valoración de aspectos
Proceso	Actividad	Aspectos Ambientales	Impactos Ambientales Asociados	Frecuencia	Severidad	Magnitud	Total De Criterio Impacto Ambiental	Clasificación Del Aspecto
Recepción	Resepción de materias	Residuos químicos	Contaminación de suelo	1	2	1	4	Sin significancia

	a prima							
Amasado	Mezcla de todos los ingredientes	Derrame de materia prima	Contaminación de suelo	1	2	1	4	Sin significancia
Horneado	Horneado	Ruido y calor	Contaminación acústica	5	3	3	11	Sin significancia
	cocción	Gases y emisiones	Contaminación atmosférica	5	3	5	13	Sin significancia
Empaquetado	Empacado del producto	Residuos sólidos	Contaminación de suelo	1	2	1	4	Sin significancia
Limpieza	Limpieza de maquinaria y utensilios	Aguas residuales	Escasez de agua	5	10	1	16	Sin significancia

**Fuente:** elaboración propia.

### **Análisis de Efecto de Modo de Falla del Producto y/o Proceso**

Al realizar el Análisis de efecto de modo de falla del producto y/o proceso se obtiene como beneficio reducir la aparición de problemas imprevistos, también con este se puede recopilar y documentar experiencias que puedan ayudar a mejorar los procesos del producto al igual que prevenirlas y es necesario estar actualizando la tabla para llevar un mejor control.

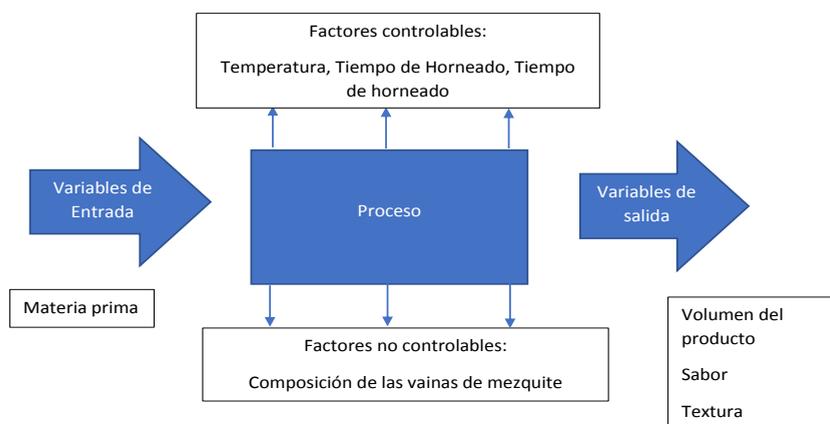
**Tabla 4. Análisis de efecto de modo de falla del producto y/o proceso**

N <sup>o</sup>	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de las fallas	Ocurrencia
1	Preparación de ingredientes	No pesar bien los ingredientes	No se puede elaborar bien la masa	8	No tener utensilios con las medidas exactas, El personal no está bien capacitado, materia prima insuficiente	
2	Amasado	No limpiar bien la maquina amasadora	Producto infectado por residuos no admisibles	8	No tener buena limpieza en maquinaria de cocina, No supervisión del operador	
3	División de masa	No pesar bien las cantidades de masas	Porciones disparejas	6	No pesar bien la masa, no acomodar la masa correctamente en la maquina	
4	Fermentación	Cámara de fermentación en malas condiciones	Fermentación no completada satisfactoriamente	6	No hubo verificación de la maquina antes de usarla	
5	Horneo	No está el horno en temperatura adecuada	Mala cocción del pan	9	No hubo verificación de la temperatura necesaria, no hubo	

**Fuente:** elaboración propia.

## Desarrollo de la ingeniería del producto

Como parte de la ingeniería del producto se definió el diseño de experimentos se seleccionaron las variables (tiempo de mezclado, temperatura y tiempo de horneado), factores no controlables (composición de las vainas de mezquite), variables de salida (volumen del producto, sabor y textura y composición nutrimental), así como el efecto en las características de calidad; que tras la etapa de *testeo* del DT sería aplicado y analizado a un 90% de confianza mediante un ANOVA y una prueba de medias por Tukey.



**Figura 4.** Diagrama de variables de entrada y salida junto factores.

**Fuente:** elaboración propia.

Como resultado de la ingeniería del producto también se elaboró la ficha técnica para la harina de trigo con base en la NOM-247-SSA1-2008 donde se indicó las especificaciones que debe de cumplir el ingrediente, desde la especificación física, microbiológica, los contaminantes, y especificaciones nutrimentales, de tal manera que si no se cumple con alguno de estos será rechazado. La ficha técnica del aceite elaborada con base en la NMX-F-475-SCFI-2017 donde se especificó los requerimientos que este ingrediente debe

contener desde especificaciones fisicoquímicas, tolerancias de materia extraña entre otros aspectos importantes. Para el azúcar de caña, elaborada con base en la NMX-F-495-SCFI-2012, en donde se indican los mínimos y máximos de aceptación en cuestión de humedad, cenizas, proteínas, potasio, entre otras especificaciones. En lo referente a los frutos de mezquite se consideró lo que marca la normatividad mexicana para leguminosas ya que la vaina de mezquite está considerada en esta rama, por lo cual se tomó estas especificaciones para este ingrediente respetando la NOM-247-SSA1-2008.

El diagrama de flujo permite conocer los pasos de la elaboración del proceso y su secuencia.

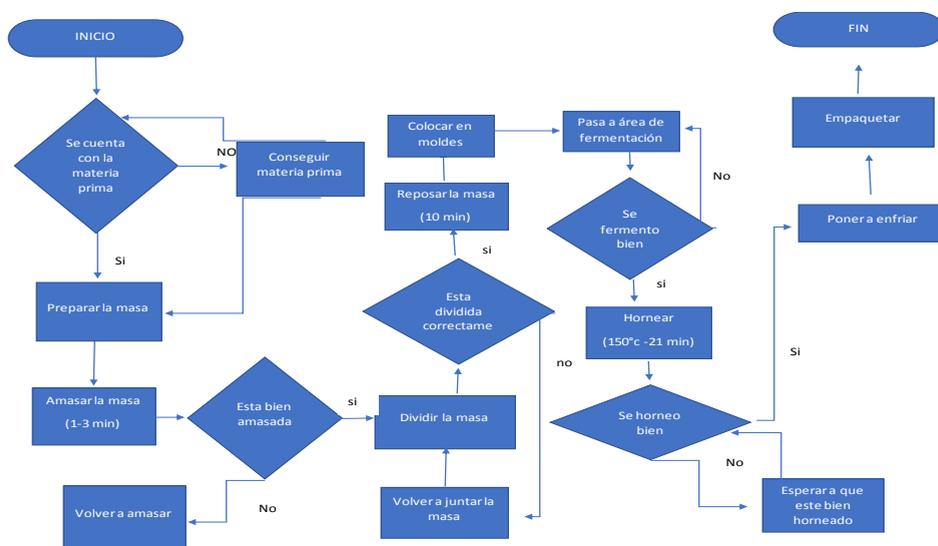
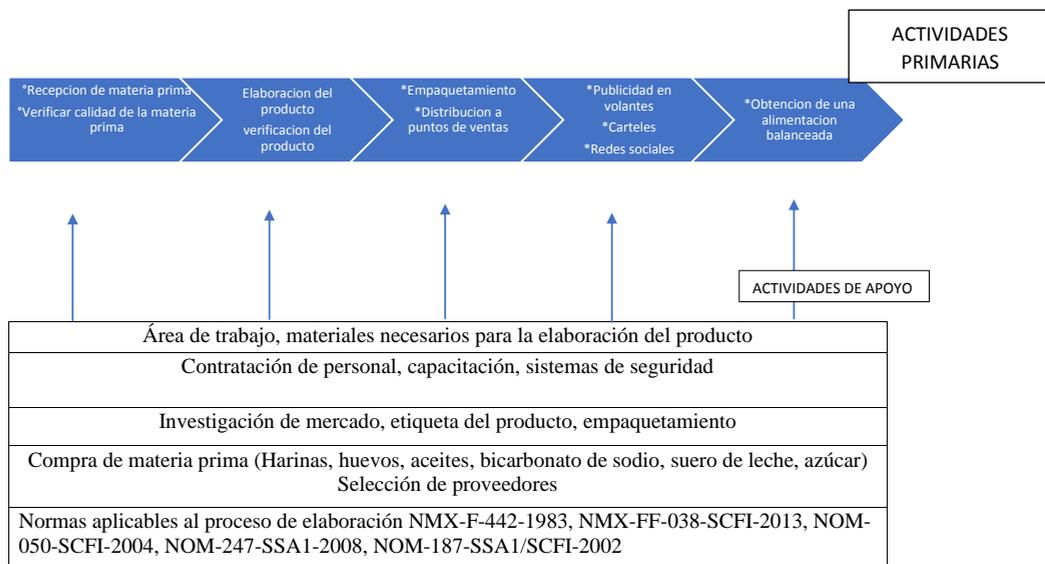


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso.

Fuente: elaboración propia.

## Cadena de valor

El mapeo de la cadena de valor contiene las actividades primarias y las actividades de apoyo que se debe de llevar de acuerdo con la metodología de la OIT para la producción sustentable.



**Figura 6.** Mapeo de cadena de valor.

**Fuente:** elaboración propia.

Esta investigación como parte de un proyecto integral para el uso sustentable del mezquite y a pesar de no constituir un producto comercial, si no un proyecto con fines sociales, incluyo un esbozo de costos; para la estimación del costo de producción semanal del alimento, considerando que en un futuro a corto plazo se requiere determinar la factibilidad financiera del proyecto.

## CONCLUSIONES

Como conclusión, para la elaboración de un producto alimenticio, es muy importante apearse a las Normas Oficiales Mexicanas para el contenido nutrimental y procesamiento del producto, considerar las propiedades y requerimientos de un alimento funcional de bajo índice glicémico que contribuya a la disminución de la problemática de salud en México y a su vez sea solidario con el medio ambiente, mediante un diseño sustentable y el uso de recursos endémicos de las regiones, en este caso el fruto de mezquite. El realizar una investigación considerando el gusto y preferencia del consumidor, y descubrir en esta misma que la población está dispuesta e interesada en adquirir productos más saludables, principalmente al demostrar que cada vez son más los que se preocupa

por un bienestar, integral es altamente satisfactorio y provoca continuar desarrollando productos de esta naturaleza.

En cuanto a la factibilidad de lanzar el producto fue alta, es decir el 84.6% de nuestra población estaba más que dispuesto a consumirlo, prefiriendo el sabor dulce el 68.5 %, para los consumidores fue indiferente la presentación, ya fuera en bebida, galleta o pan, el de cualquier manera el alimento sería aceptado. Por tanto, decidimos que el alimento se producirá en forma de pan.

Lagos de Moreno cuenta con bosque espinoso como ecosistema principal en el cual de acuerdo con la CONABIO (2018) el mezquite es una de las especies arbóreas principales, lo que hace disponible el fruto y su recolección.

Tanto el DT como la cadena de valor permitieron contribuir al ecodiseño de un alimento funcional, entendido como una filosofía para lograr productos y servicios respetuosos con el medio ambiente; diseñando el producto bajo criterios técnicos de la normatividad mexicana, así como estándares internacionales, cuidando aspectos ambientales, antes de realizar el prototipo a nivel laboratorio, lo que debería ser parte de los nuevos enfoques en el desarrollo de alimentos, por lo tanto contribuye a los objetivos del desarrollo sostenible.

Dentro del cuerpo académico en formación “estandarización e innovación agroindustrial sustentable” desde 2013 se han venido desarrollando proyectos relacionados al área agroindustrial, con una visión multidisciplinaria, sistémico y sustentable. Lo que permite abordar las problemáticas regionales con la aplicación de diferentes herramientas de la ingeniería, pero bajo un enfoque de contribución a los ODS, con reincorporación de los recursos naturales y favorecimiento del contexto social.

## LITERATURA CITADA

- Alongi, M, y Anese M. (2021) Repensar el desarrollo funcional de los alimentos a través de un enfoque holístico. *Revista de Alimentos Funcionales*, 81: 1-13 <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>.
- Baba, Y., Realini, C.E., Kallas, Z., Pérez, M. J., Sañudo, C., Albertí, P, Y Insausti K (2017). Impacto de la experiencia sensorial y la información sobre las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno enriquecida en omega-3 y ácido linoleico conjugado en tres ciudades españolas. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria* 113(2): 192-210. <https://doi.org/10.12706/itea.2017.012>
- Betancourt, S. B., Castro, P. C., Meléndez, A. A., Torres, Z. B., Juárez, M. R, y Sosa, M. M, (2016). BBAC harina para hotcakes a base de garbanzo y

vainas de mezquite. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(2): 650-655

- Brown, T. and Wyatt, J. (2010). *Design Thinking for Social Innovation*. [ebook] Stanford, CA: Leland Stanford Jr. University: 33-35. [https://www.ideo.com/images/uploads/thoughts/2010\\_SSIR\\_DesignThinking.pdf](https://www.ideo.com/images/uploads/thoughts/2010_SSIR_DesignThinking.pdf)
- Carrillo Flores, R., Gómez Lorence, F., Arreola Ávila, J.G. (2007). Efecto de poda sobre potencial productivo de mezquites nativos en la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* VI(1): 47-54.
- CODEX (2021) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/es/>
- De la Cruz, I.S., Salgado, B.L, y García, M. M. (2021) Valoración del consumidor de galletas elaboradas con harina de mezquite (*Prosopis* spp.) ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).117(3) 278-294
- DESIGNTHINKING.ES. (2016). Design Thinking en Español. <http://designthinking.es/inicio/index.php>
- Díaz, B. L., Hernández, U. J., Román, G., Cariño, C. R., Castro, R. J., Téllez, J.A, & Gómez, A. C, (2018) Chemical and nutritional characterization of raw and thermal-treated flours of Mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and their residual brans, *CyTA - Journal of Food*, 16(1): 444-451, <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1418433>
- ENSANUT Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2018) [https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut\\_2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf)
- FIDO.PALERMO.EDU. (2016). Design Thinking Escuela Plus DC [|http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/escuela\\_plusdc/detalle\\_actividad.php?id\\_curso=665](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/escuela_plusdc/detalle_actividad.php?id_curso=665)
- INEGI 2019 Instituto Nacional de Estadística y Geografía de Jalisco <https://inegi.org.mx/tablerosestadisticos/genero/>
- López, Y.L., Goycoolea, F.M., Valdez, M.A, y Calderón, A.M, (2006). Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia* 31(3): 183-189. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911405.pdf>
- Martínez OE (1976). El Mezquite. Comunicado No. 6 sobre Recursos Bióticos del País. Boletín Editado por el INIREB, Xalapa, Veracruz, México
- Moya, D. P. (2021). <https://www.gestionar-facil.com/como-calcular-los-costos-de-produccion-del-pan>

- NMX-F-442-1983, Alimentos-Pan-Productos de bollería. [https://caisatech.net/uploads/XXI\\_2\\_MXD\\_C10\\_NMX-F-442-1983\\_R0\\_11FEB1983.pdf](https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C10_NMX-F-442-1983_R0_11FEB1983.pdf)
- NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69540.pdf>
- NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales sémola o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémola semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Distribución y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009)
- NOM-251-SSA1-2009 Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria. [https://www.dof.gob.mx/2020/SEECO/NOM\\_051.pdf](https://www.dof.gob.mx/2020/SEECO/NOM_051.pdf)
- NMX-F-495-SCFI-2012 Determinación de azúcares reductores directos en azúcar de caña. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-495-scfi-2012.pdf>
- NOM-014-SSA3-2013 Para la asistencia social alimentaria a grupos de riesgo. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5367732&fecha=11/11/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5367732&fecha=11/11/2014)
- NMX-F-475-SCFI-2017 alimentos – aceite comestible puro de canola – especificaciones. [http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-475-SCFI-2017\\_canola.pdf](http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-475-SCFI-2017_canola.pdf)
- Nutz, N, & Sievers, M. (2016). Guía general para el desarrollo de cadenas de valor. Cómo crear empleo y mejores condiciones de trabajo en sectores objetivos. Organización Internacional del Trabajo (OIT). [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---emp\\_ent/---ifp\\_seed/documents/instructionalmaterial/wcms\\_541432.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_541432.pdf)
- OMS, Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/newsroom/factsheets/detail/obesity-and-overweight>
- Ramos, F. S. (2015). Ecodiseño de alimentos mediante el análisis de ciclo de vida. TESIS DOCTORAL. Colecciones TD-Ciencias (cc by-nc 4.0).

Veflen, O.N. (2015) Design Thinking e innovación alimentaria. Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 41, (2): 2-6  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.10.001>  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224414002143>  
)

Wolston C., 2020. Sustainable nutrition. Healthy people, healthy planet. Nature: 588

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, por el apoyo para el fortalecimiento del cuerpo académico “Estandarización e innovación agroindustrial sustentable”, convocatoria 2020.

## **SÍNTESIS CURRICULAR**

### **Fabiola Alcalá Diaz Infante**

Pasante de la carrera de ingeniería Industrial del Instituto tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Lagos de Moreno; quien colaboro en el proyecto de fortalecimiento de cuerpo académico ITESLM-CA-1: “Ingeniería para el desarrollo de métodos, procesos y productos para el manejo sistémico de ecosistema de bosque espinoso en Lagos de Moreno, hacia la sustentabilidad social, económica y ambiental”.

### **Sandra Aidee Olivares Bautista**

Maestría en Desarrollo Organizacional por el Instituto de Estudios de Posgrados en Ciencias y Humanidades, actualmente es profesor investigador en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez-Campus Lagos, cuenta con más de veinticinco años de experiencia como profesor a nivel superior. Correo electrónico: [sandra.olivares@lagos.tecmm.edu.mx](mailto:sandra.olivares@lagos.tecmm.edu.mx)

### **José David Contreras Becerra**

Maestro en Diseño e Ingeniería de Sistemas Mecatrónicos por la Universidad De Lasalle Bajío, docente investigador en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez desde 2009, perteneciente al cuerpo académico en

338 | Fabiola Alcalá Díaz-Infante; Sandra Aidee Olivares-Bautista; José David Contreras-Becerra y Lilia García-Azpeitia • Metodologías de ecodiseño para la propuesta de un producto alimenticio funcional elaborado con mezquite (*Prosopis spp.*), con base a los principios de la ingeniería sostenible

formación: Estandarización e innovación agroindustrial sustentable. Correo electrónico: DAVID.CONTRERAS@lagos.tecmm.edu.mx

### **Lilia García Azpeitia**

Maestra en Ciencias por el Instituto Tecnológico de Tepic, docente del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez desde 2008. Se ha trabajado desde 2013 en el cuerpo académico en proyectos de investigación aplicada, de vinculación con empresas agroindustriales y en aspectos medioambientales. Línea 1: Innovación y desarrollo tecnológico sustentable para el desarrollo y estandarización de procesos y sistemas para la calidad en empresas agroindustriales. Y línea 2: Agricultura e innovación sustentable para desarrollar y mejorar sistemas de producción que mantengan su productividad y sean útiles a la sociedad a largo plazo. Abasteciendo adecuadamente de alimentos y servicios ambientales, preservando el potencial de los recursos naturales productivos, sin comprometer sus potencialidades presentes y futuras. Correo electrónico: lilia.garcia@lagos.tecmm.edu.mx