UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

MAESTRÍA EN ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE FERTILIZANTE A PARTIR DE DESECHOS DE PESCADO UTILIZANDO EQUIPOS TERMOSOLARES.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

P R E S E N T A

FRANCISCO BUSTAMANTE HUIZAR

Director: Doctor Rachid Marzoug

Codirector: Doctor Juan Carlos Gutiérrez Villegas

Asesor: Doctora. Martha Fabiola Martín del Campo Solís

Asesor: Doctora. Margarita Castillo Téllez

COLOTLÁN, JALISCO Octubre de 2024

Agradecimientos

A lo largo del desarrollo de esta tesis, he contado con el apoyo, la orientación y el aliento de muchas personas, a quienes quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi director de tesis, el Doctor Rachid Marzoug, y a mi codirector, el Doctor Juan Carlos Gutiérrez Villegas, por su invaluable guía, paciencia y compromiso. Sus conocimientos y constante motivación fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a mis asesoras, la Doctora Martha Fabiola Martín del Campo Solís y la Doctora Margarita Castillo Téllez. En especial, agradezco a la Doctora Fabiola, cuyo apoyo fue determinante para superar los desafíos que encontré en este proceso. Su dedicación y confianza me impulsaron a seguir adelante.

Agradezco también a mis compañeros y colegas de la Maestría en Estudios Transdisciplinares en Ciencia y Tecnología por su apoyo en los momentos más desafiantes y por compartir sus experiencias conmigo. Sus comentarios y sugerencias enriquecieron significativamente este proyecto.

A mis amigos y familiares, quienes con su cariño y apoyo incondicional me impulsaron a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A ellos les debo gran parte de este logro.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento al Conahcyt y a su proyecto "Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales", del cual esta tesis formó parte. Su colaboración fue esencial para llevar a cabo esta investigación.

Contenido

I. Introducción: 12

2 Antecedentes 15

3 Marco teórico 19

3.1 PROBLEMÁTICA DE LA HAMBRUNA EN EL MUNDO. 19

3.2 Aumento de la población 20

3.3 COMPETENCIA POR EL USO DE AGUA 20

3.4 EMPOBRECIMIENTO DE SUSTANCIAS NUTRITIVAS DE LOS SUELOS Y SUS CAUSAS 23

3.5 ESTADÍSTICAS DE HAMBRUNA A NIVEL MUNDIAL 25

3.6 HAMBRUNA EN MÉXICO 26

3.7 CAUSAS DE LA HAMBRUNA 28

3.7.1 Desperdicio de alimentos 29

3.7.2 Pobreza 30

3.7.3 Desigualdades 31

3.7.5 Falta de tecnología 32

3.7.6 Disminución del rendimiento o producción agrícola en México 32

3.8 FERTILIZANTES 34

3.8.1 Fertilizantes orgánicos 35

3.8.2 Escasez de fertilizantes en el país y su problemática asociada 37

3.8.4 Los desechos marinos pueden ser buena opción para desarrollar fertilizantes. 40

3.9 LOS ALIMENTOS Y SU IMPORTANCIA 42

3.10 TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS 42

3.10.1 Clasificación 43

3.10.2 Pasteurización 43

3.10.3 Escaldado 43

3.10.4 Cocción 44

3.10.5 Refrigeración 44

3.10.6 Congelación 44

3.11 DESHIDRATADO O SECADO 45

3.11.1 Principios, explicación de la tecnología 45

3.11.2 Problemática del alto consumo energético del secado 46

3.10.3 Cambio climático 47
3.10.4 Gases efecto invernadero 47
3.12 ENERGÍAS RENOVABLES. 48
3.12.1 Eólica 48
3.12.2 Biomasa 48
3.12.3 Geotermia 48
3.12.4 Mareomotriz. 49
3.13 ENERGÍA SOLAR 49
3.13.1 Solar fotovoltaica 50
3.13.2 Solar térmica 50
3.13.3 Secado solar como solución al problema de alto consumo del secado convencional 50
3.13.4 Dificultades técnicas durante el proceso de secado solar 51
3.13.5 Necesidad de instrumentar y controlar 52
3.14 INTRUMENTACIÓN Y CONTROL 52
3.14.2 Importancia de Instrumentar y controlar 52
3.14.3 Sensores 53
3.14.4 Equipo a utilizar 53
3.14.5 Justificación de la selección de equipo, etc 53
4. Planteamiento del problema: 54
5 objetivo general: 56
6 objetivos específicos: 56
7. Materiales y métodos: 56
8. Resultados 69
9. Discusión 90
10 conclusiones 95
11 Referencias 97

Índice de tablas

Tabla 1. porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, carencia social y bienestar económico Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020 26

Tabla 2 Ventajas de la aplicación de biofertilizantes 41

Tabla 3 Propiedades organolépticas de la harina de pescado 75

Tabla 4 Comparación de las propiedades organolépticas.....**¡Error! Marcador no definido.**

Índice de figuras

Figura 1 Disposición del agua en México. Elaborado con base en Conagua (2020b). 21
Figura 2 Hectáreas siniestradas por sequía en México. Elaborado con base en secretaria de agricultura federal (2023). 22
Figura 3 Porcentaje y número de personas en situación de pobreza entre los años 2016 y 2020. 28
Figura 4 Concentrado solar parabólico. 57
Figura 5. Posición del foco en la parábola. Elaboración propia 58
Figura 6. Dimensiones del concertador solar parabólico. Elaboración propia 58
Figura 7 Movimiento aparente del sol 59
Figura 8. Correa de transmisión de movimiento 60
Figura 9. Diagrama de flujo de colocación automática. Elaboración propia 61
Figura 10. Cocción por baño maría. Elaboración propia 63
Figura 11 Cocción en estufita solar. Elaboración propia 63
Figura 12 Prensado para separar sólidos y líquidos. Elaboración propia 64
Figura 13 Pérdida de humedad. Elaboración propia 65
Figura 14 velocidad de secado. Elaboración propia 66
Figura 15 Preparación del biol. Elaboración propia 67
Figura 16 Mezcla colocada a temperatura constante. Elaboración propia 68
Figura 17 diagrama de los procesos. Elaboración propia 69
Figura 18 Estufa solar. Elaboración propia 76
Figura 19 Recipiente en la estufa solar. Elaboración propia 77

Figura 20 Captura de pantalla del registro de temperaturas del data logger en la primera cocción. Elaboración propia 78
Figura 21 Temperaturas registradas en proceso de la primera cocción. Elaboración propia..... 79
Figura 22. Captura de pantalla del registro de temperaturas del data logger en la segunda cocción. Elaboración propia..... 81
Figura 23 Temperaturas registradas en proceso de la segunda cocción. Elaboración propia..... 81
Figura 24 Cocción en estufita solar primera corrida. Elaboración propia 82
Figura 25 Prensado de la primera corrida. Elaboración propia 83
Figura 26 Secado de la primera corrida. Elaboración propia..... 84
Figura 27 Cocción en estufita solar segunda corrida. Elaboración propia..... 85
Figura 28 Prensado de la segunda corrida. Elaboración propia..... 86
Figura 29 Secado de la primera corrida. Elaboración propia..... 87
Figura 30 Secado de la primera corrida. Elaboración propia..... 89
Figura 31 Biol al ser agregado el ácido sulfúrico. Elaboración propia 90

Lista de acrónimos

USDA	Departamento de Agricultura de EE. UU
CPC	Concentradores parabólicos Compuestos
CCP	Concentradores de Canal Parabólico
UNFPA	Fondo de Población de las Naciones Unidas
CO2	Dióxido de carbono
CH2	Metano
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
UACh	Universidad Autónoma de Chihuahua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
PIB	Producto interno bruto (PIB)
N	Nitrógeno
P	Potasio
N-P-K	Relación entre los elementos químicos Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)
LDR	Fotoresistores

NO_3^-	Nitrato
Mg	Magnesio
Na	Sodio
EMO	Microorganismos eficientes orgánicos

Resumen

Una de las principales problemáticas de la industria pesquera y acuícola es el alto porcentaje de residuos que genera, los cuales puede ir desde un 40 a un 65% dependiendo de la especie a procesar. Uno de los mayores retos que presenta dicha industria es aprovechamiento integral o total de la materia prima. El aumento de la población y la creciente demanda alimentaria ha propiciado el crecimiento productivo de alimentos de origen marino de pesca de captura y acuícola, lo que incrementa los porcentajes de desperdicios, que por lo general no llevan ningún tratamiento, son depositados en vertederos al aire libre o arrojados al agua convirtiéndose en focos de infección y contaminantes para los suelos. En las últimas décadas ha tomado relevancia el aprovechamiento de los diferentes residuos de pescado para la elaboración de subproductos, como la harina de pescado, aceites, biofertilizantes, donde se emplean diversos métodos para el aprovechamiento de vísceras, cabeza, huesos, escamas, estiércol, aletas, agua de acuicultura. Por lo tanto, se plantea como pregunta de investigación ¿De qué manera se aprovechan los residuos de pescado para la elaboración de fertilizante orgánico a partir de desechos marinos? Los biofertilizantes elaborados partir de desechos de pescado ha demostrado tener los nutrientes y macronutrientes esenciales para potencial el rendimiento de los cultivos.

Abstract

One of the main problems of the fishing and aquaculture industry is the high percentage of waste it generates, which can range from 40 to 65% depending on the species to be processed. One of the major challenges of this industry is the integral or total utilization of the raw material. The increase in population and growing food demand has led to the growth of seafood production from capture fishing and aquaculture, which increases the percentage of waste, which is generally untreated and is deposited in open-air dumps or thrown into the water, becoming a source of infection and soil pollutants. In recent decades, the use of fish waste for the production of by-products such as fishmeal, oils and biofertilizers has gained importance, where various methods are used for the use of viscera, head, bones, scales, manure, fins and aquaculture water. Therefore, the research question is: How can fish waste be used for the production of organic fertilizer from marine debris? Biofertilizers made from fish waste have been shown to have the nutrients and macronutrients essential for crop yield potential.

I. Introducción:

La presente escasez y aumento en el precio del fertilizante pone en peligro las actividades agrícolas en zonas rulares, las cuales se verán perjudicadas por ser zonas de bajos ingresos. Las afectaciones se pueden hacer presentes en cultivos de autoconsumo propiciando el abandono de actividades agrícolas y pecuarias, lo que incrementa el nivel de marginación en zonas rulares. Las afectaciones en cultivos comerciales propicia el incremento de los precios de la canasta básica.

Según el Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA), la producción agrícola orgánica se basa en el uso de prácticas biológicas, para promover el ciclo de los recursos en la granja, mantener el equilibrio ecológico y conservar la biodiversidad. Estas prácticas se centran en mantener o mejorar la calidad del suelo y el agua, y excluir el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas. El reciclaje de nutrientes es una parte integral de la economía circular cada vez más popular, cuyo objetivo es limitar o evitar la producción de residuos mediante la reutilización de materias primas secundarias (1).

La industria alimentaria pesquera y acuícola está tomando relevancia en la actualidad para satisfacer la creciente demanda alimentaria. Pero a su vez surge la problemática del manejo de residuos que representan entre un 50 y 60% de la materia prima. Debido a que los residuos de pescado se depositan en vertederos al aire libre y cuerpos de agua, las amenazas ambientales asociadas con la contaminación de la tierra y el agua se vuelven motivo de preocupación (2). El manejo adecuado de los residuos de pescado ofrece la posibilidad de considerarlos como subproductos del pescado, los cuales podrían ser clave para

generar nuevos ingresos y aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades pesqueras propiciando una economía circular y el aprovechamiento de manera integral de la materia prima.

Una de las alternativas más atractivas para el procesamiento de desechos de pescado es la fabricación de biofertilizantes, los cuales tiene ventajas considerables sobre los fertilizantes químicos. Los fertilizantes tipo NPK presentan los nutrientes esenciales para garantizar y favorecer el crecimiento y productividad de los cultivos, ya que contienen como compuesto principal al nitrógeno(N), potasio (P) y fosforo (K); además de una amplia gama de macronutrientes y micronutrientes, lo que crea una de nutrientes combinación equilibrada. En consecuencia, se tienen como principales beneficios de estos fertilizantes, son los efectos de liberación lenta, gradual y natural de nutrientes lo cual maximiza el rendimiento de los suelos. La liberación de nutrientes en el suelo puede durar varios años. Este efecto gradual puede conducir a un aumento de la producción hasta cuatro años después de la aplicación del fertilizante orgánico (3).

Entre las opciones para el aprovechamiento de residuos de pescado está la fabricación o elaboración de fertilizantes líquidos. Los desechos de pescado han demostrado ser una fuente de nutrientes que puede ser aprovechado como fertilizarte orgánico, para ser empleado en actividades agrícolas sostenibles para cultivos de familias campesinas. La fabricación de un biol es la manera más simple y económica de convertir los desechos de pescado. Se realiza por medio de la fermentación microbiana es un proceso fácilmente adaptable a menor y mayor

escala, al ser un sistema anaerobio no requiere de la intervención de mano obra (4).

Debido al gran porcentaje de desechos que genera la industrias pesquera y acuícola es convierte implementar una práctica sustentable para el aprovechamiento de los residuos de pescado para la fabricación de subproductos. Los subproductos que han demostrado tener más rentabilidad son la harina y el aceite de pescado. La harina de pescado ha demostrado su utilidad en actividades tanto agrícolas como ganaderas, funcionando como alimento para distintas especies y como fertilizante orgánico. Para ello es ideal establecer un plan de manejo adecuado para su aprovechamiento.

Los secadores solares es una tecnología que en los últimos años han tomado relevancia en los procesos agrícolas como alternativa para la sustitución de las técnicas tradicionales del secado a cielo abierto. Lo que ha traído mejoras no solo en los tiempos de secado, sino que además permite optimizar la calidad del producto final. Los secadores solares son una alternativa para producción industrial o semiindustrial en sectores que no cuentan con fuentes de energía convencionales o donde se busca minimizar el impacto ambiental (5).

La importancia de buscar medidas alternativas para la producción de fertilizantes en México propicia una gran oportunidad económica y productiva para zonas rurales donde se puede practicar una agricultura sustentable y amigable con el medio ambiente. Por lo cual se requiere desarrollar una línea de proceso para la producción de fertilizantes a partir de desechos de productos de pescado utilizando equipos termosolares. Que se integre al proyecto “Planta comunitaria

para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar en las comunidades rurales de campeche", donde el aprovechamiento de residuos generados en la producción de alimentos pesqueros hace aún más sustentable la planta, al tener un manejo adecuado y aprovechamiento de residuos.

2 Antecedentes

El aprovechamiento de residuos de pescado para la fabricación de harina de pescado como alimento de engorda de pollos. la industria pesquera genera un elevado porcentaje de desperdicio el cual puede ser aprovechado exitosamente para producir subproductos. El proceso para la elaboración de harina de pescado comienza con la cocción de los residuos, posteriormente son prensados para extraer todos los líquidos lixiviados, para la extracción de grasas y humedad se les aplica un centrifugado, por último, todos los sólidos son secados y molidos (6).

El proceso tecnológico para la elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol) se tiene como objetivo el aprovechamiento de desechos generados por la industria, principalmente las vísceras de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiis). El manejo adecuando de los resididos busca el impacto positivo en el medio ambiente al fabricar y utilizar fertilizantes orgánicos. La elaboración del biol se realiza mediante un proceso de fermentación anaerobia con una duración de un periodo de ochenta y ocho días para garantizar su completa descomposición. Se demostró que la formulación del tratamiento T2 al cual se le agregó agua y microorganismos del bosque de los arrayanes. es la más adecuada para obtener una concentración óptima de nutrientes primarios, macro y micro nutrientes.

En las últimas dos décadas se ha presentado la problemática de la invasión de pez diablo de cuerpos de agua dulce desplazando especies nativas o amenazando las prácticas pesqueras. Este estudio se centró en el análisis de la eficiencia de harina de pescado como fertilizante orgánico para el cultivo de calabacita. Se prepararon quince tratamientos al azar aplicando la harina de pescado 56 días antes de la siembra, donde se tuvo como testigo un tratamiento fertilizado con 100% de nitrógeno a base de urea. Para la evaluación se realizó una comparativa entre los quince tratamientos y el testigo donde, se consideran las siguientes variables, número de hojas, peso fresco de la planta, producción, longitud y diámetro del fruto (7).

La agricultura orgánica en la actualidad ha tomado relevancia para la mejora y manejo adecuando de los recursos del suelo. El aprovechamiento de los residuos sólidos en fertilizantes orgánicos garantiza una disposición de macro y micronutrientes, entre ellos los más esenciales como el fosforo, potasio y nitrógeno, los cuales son los encargados de favorecer el crecimiento de la planta y maximizar su producción. En esta investigación se evalúa la eficacia de la harina de pescado elaborada con pez diablo como fertilizante para tomates (8).

La creciente demanda y producción de trucha en el Perú ha generado preocupación por el manejo adecuado ya que hasta el momento presenta un foco de infección al ser vertidos al aire libre, arrojados al rio o ser enterrados. Para su conversión a biofertilizante se le aplica un proceso de hidrólisis y fermentación láctica lo cual permite descomponer la materia orgánica en aminoácidos y nutrientes esenciales para nutrimental plantíos (9).

Los secadores solares en la actualidad ofrecen una solución y alternativa para la conservación de alimentos y productos agrícolas. Los secadores solares son dispositivos que utilizan la radiación solar como fuente de energía, por lo tanto, se les considera como dispositivos sustentables ya que empelan energía, gratuita, ilimitada y amigable con el medio ambiente. El funcionamiento se caracteriza por el calentamiento del aire, el cual al entrar en contacto con los alimentos produce la extracción de la humedad (10).

El principal objetivo era determinar el contenido de proteína de la harina de pescado elaborada con tres especies de pescado, Atún (Thunnusalbacares), Pez vela (Istiophorusplatypterus), Dorado (Coryphaenahippurus). Los residuos fueron sometidos a tratamiento químico con ácido sulfúrico y a tratamiento biológico con agua de mar, para su posterior deshidratación en un secador solar por un periodo de 15 días, para su conversión a harina son triturados en un molino de martillos. Para el análisis se realizaron muestreos a 7, 11 y 15 días de deshidratación obteniendo 9 réplicas por cada tratamiento, donde el análisis demostró que el contenido proteico mejora cuando es tratado con ácido sulfúrico y a mayor números días de deshidratación el contenido proteínico disminuye (11).

Se ha desarrollaron tres prototipos de cocinas solares, diseñados bajo el principio de concentradores parabólicos Compuestos (CPC), para la selección de prototipo se consideraron las mejores características térmicas y ergonómicas. De manera simultánea se realizó un análisis sobre los recursos madereros de la zona, donde la implementación de la cocina solar pretende reducir hasta un 30% el consumo de madera (leña) (12).

Los Concentradores de Canal Parabólico (CCP) son dispositivos que concentran los rayos de sol en un punto focal, lo que permite transferir energía térmica de la radiación solar al elemento que se encuentra en el punto focal. Presentan un artículo sobre la simulación Concentradores de Canal Parabólico (CCP) donde describe de forma matemática todos parámetros geométricos más importantes para diseñar el perfil de la parábola, que define la geometría del canal parabólico. La simulación nos permite entender y describir el fenómeno de recepción y reflexión de los rayos solares que interactúan en él. La simulación se realizó mediante el software SolTrace, con el método de MonteCarlo se realizó el trazado de rayos considerando diferentes ángulos, para el experimento se analizó y comparó las eficiencias de cuatro parábolas con diferente ángulo de apertura 45°, 80°, 90° y 100°. Se obtiene como resultado que los concentradores solares con ángulo de borde de 80° y 90° tienen mayor eficiencia óptica (13).

El diseño de sistemas de seguimiento solar para concentradores solares parabólicos son empleados para la automatización del posicionamiento de paneles fotovoltaicos y concentradores solares para eficientizar la captación solar. Se analizan los sistemas de control tanto de lazo abierto o cerrado para el control de la posición respecto a un eje de movimiento o dos ejes. Ya que el principal objetivo de un seguidor solar es alinear el concentrador perpendicularmente al eje de incidencia de los rayos del sol, de tal manera que intensifique de mayor manera la captación solar y se obtenga más potencia. En la tesis se propone el diseño de un mecanismo de rotación polar, por solo contar con grado de libertad en un solo eje. El mecanismo cuenta con dos actuadores lineales, un actuador probe el

movimiento de elevación, el segundo actuador realiza el giro del panel por medio de mecanismo de revoluta, un controlador programable controla los actuadores los cuales tienen sensores acoplados a los mecanismos de giro (14).

Para ello se desarrolló el mecanismo que incorpora un sensor de radiación solar con un control electrónico de ON-OFF. Todos los concentradores solares tienen la necesidad de captar la mayor cantidad de radiación solar para el aprovechamiento óptimo de la energía solar, la máxima captación se consigue posicionado la superficie colectora constantemente en posición perpendicular a los rayos del sol, lo cual solo se consigue dotando de movimiento de seguimiento del sol. El sistema que aquí se propone permite el movimiento del concertador solar con dos grados de libertad lo que permite una orientación Norte-Sur y Este-Oeste. El movimiento angular para seguir el sol de N-S se realiza 15°/h, en cambio el movimiento de E-O se realiza 4h antes y 4h después de medio día (16).

3 Marco teórico

3.1 PROBLEMÁTICA DE LA HAMBRUNA EN EL MUNDO.

La carencia de consumo de alimentos causa problemas graves como la desnutrición y en casos extremos la muerte. Esta se debe principalmente a la hambruna que afecta a zonas geográficas o grupos de personas y que se produce por causa naturales como sequías, inundaciones, plagas, entre otros. así como también puede ser ocasionada por obra del hombre como conflictos bélicos y áreas con alto grado de marginación en diferentes partes del mundo (17).

3.2 Aumento de la población

El incremento de la población mundial se ha visto estimulado por diversos factores, la disminución de la mortalidad y el incremento gradual de la esperanza de vida, ha propiciado el aumento del número de personas que sobreviven hasta llegar a la edad adulta y reproductiva. El crecimiento de la población mundial se concentra cada vez más en los países más pobres del mundo, lo que ha incrementado los procesos de urbanización y los movimientos migratorios.

Según datos del Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, por sus siglas en inglés), en el año 2023 la población mundial ascendió a 8 045 millones, siendo los países con mayor índice de población la India con 1 429 millones, China con 1 426 millones y Estados Unidos de América con 340 millones. Las estimaciones y proyecciones de población de Naciones Unidas estima que la población mundial alcanzará los 9 mil millones dentro de 15 años y 10 mil millones en 2058 (18).

3.3 COMPETENCIA POR EL USO DE AGUA

El creciente desarrollo económico de México en las últimas décadas propicio la concentración de la población y la actividad económica zonas de mucha escasez de agua o con baja precipitación pluvial. El crecimiento urbano o el establecimiento de la agricultura de riego ha ocasionado la sobre explotación de mantos acuíferos. México presenta problemas distributivos, no sólo a nivel local, municipal, estatal e incluso en el ámbito internacional. La competencia por el recurso causa conflictos de diferente intensidad y escala, incluso en regiones que no presentan escasez o sequía (19).

A nivel mundial la mayor disposición del vital líquido se realiza mediante la extracción de mantos acuíferos, donde la agricultura consume el 75.7% el resto en actividades domesticas e industriales. Según cifras del 2021 señalan que en México se extrajeron 89.6 millones de metros cúbicos de agua superficial y subterránea, de los cuales el 75.7% se consumió en actividades agropecuarias, 14.7% al abastecimiento urbano para actividades domésticas, 5% para el sector industria y el restante para la generación de energía termoeléctrica (20). Estos datos se pueden observar en la figura 1.

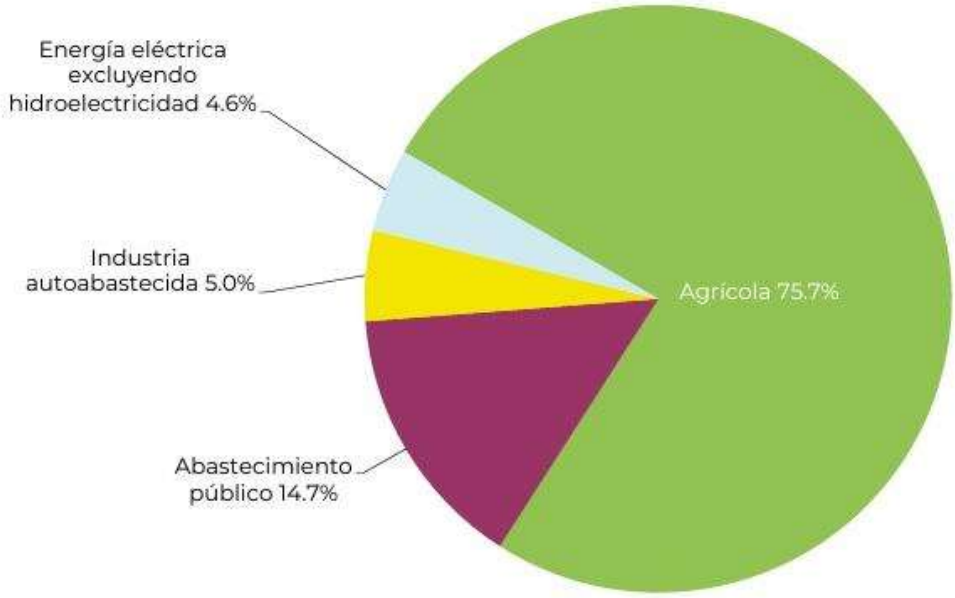

Figura 1 Disposición del agua en México. Elaborado con base en Conagua (2020b).

El territorio nacional tiene una variedad de 7 climas, donde algunas zonas dispone de una mayor cantidad de agua que otras, la poca disposición de aguas pluviales genera zonas desérticas con un porcentaje 21% y semidesérticas de 32% del territorio nacional. En los últimos años se observaron déficits de lluvia en gran

parte del país, lo que incremento zonas con sequoia modera a Servera, más de un 50% del territorio del país se encuentra con afectaciones (21).

México en 2023 tuvo un registro de 16,435,173 de hectáreas cultivadas cifra menor al reportado el año anterior, de las cuales 502,550 hectáreas resultaron siniestradas por la sequía. Es la cantidad más alta de perdida registrada en el perdido 2018-2023 donde las entidades más afectadas Zacatecas, Chihuahua y San Luis Potosí, entre ellas suman un total de 411,587,55 (buscar Cita).

Figura 2 Hectáreas siniestradas por sequía en México. Elaborado con base en secretaria de agricultura federal (2023).

El incremento global en la demanda del agua se debe básicamente a tres factores como lo son el cambio en los patrones de consumo, el crecimiento económico y el aumento de la población, esto aunado al cambio climatológico. Por lo anterior

la sociedad se enfrenta a una crisis hidrológica con vertientes sociales y económicas muy complicadas (22).

La documentación de casos de sobreexplotación en cuencas y mantos acuíferos en el mundo deja claro que se han rebasado los márgenes de la sustentabilidad lo que podría provocar posibles conflictos derivados de la escasez del vital líquido. Inclusive ha generado la idea de que el agua, aún más que el petróleo, será el motivo de disputas entre las naciones (23).

3.4 EMPOBRECIMIENTO DE SUSTANCIAS NUTRITIVAS DE LOS SUELOS Y SUS CAUSAS

Se le considera suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, su estructura y el funcionamiento lo determina los ciclos biogeoquímicos encargados de la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua y deposición de material orgánico. Ciclos encargados del trasporte, almacenamiento y transformación de materiales (24).

Los suelos son esenciales para la vida en el planeta, la agricultura y la producción de alimento, la disposición indiscriminada de los nutrientes presentes en el suelo debido a la creciente demanda de alimentos y por ende a la expansión de la producción de los mismos, propicia el deterioro del suelo y luego que esto ocurra, su recuperación es difícil, costosa, toma mucho tiempo y en algunos casos es imposible volver al estado inicial. Por lo tanto, se le cosiera que el suelo es un recurso natural no renovable. Se requiere que las funciones del suelo estén dentro de los márgenes de sostenibilidad del ecosistema y que se afecten de la menor manera posible sus propiedades físicas, químicas y bilógicas (25).

La utilización de plaguicidas y fertilizantes han contribuido en la calidad del agua y de la atmósfera, puesto que han generado cambios en la suficiencia del suelo para producir y consumir gases como dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano CH_2. Aunado a todo esto, las prácticas convencionales como el arado y los patrones de cultivo han promovido la pérdida de la materia orgánica, reduciendo la fertilidad, la capacidad de campo y la estabilidad estructural, esto ha incrementado la erosión y el CO2 atmosférico. (26).

El empobrecimiento de los suelos se manifiesta con la pérdida de la capacidad productiva por los procesos inducidos por las actividades humanas como la erosión, degradación, salinización y desertificación. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Universidad Autónoma de Chihuahua (UACh) en 2003 realizaron un estudio para determinar la deglaciación de los suelos de la República Mexicana, se consideró la erosión hídrica, eólica, química y física. Como resultado se determinó que el territorio nacional muestra, “que el 44.9% de los suelos del país se encontraban afectados por algún proceso de degradación. La degradación química ocupaba el primer lugar en extensión (34 millones de ha, 17.8% del territorio nacional), seguida por la erosión hídrica (22.7 millones de ha, 11.9%), eólica (18.1 millones de ha, 9.5%) y, al final, la degradación física (10.8 millones de ha, 5.7%); mientras que los suelos sin degradación aparente ocupaban el 55.1% restante del territorio nacional (105.2 millones de ha) (27)”.

3.5 ESTADÍSTICAS DE HAMBRUNA A NIVEL MUNDIAL

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define a la hambruna como la situación que se propicia como resultado de una secuencia de procesos y sucesos que restringe la disponibilidad y accesibilidad a los alimentos en un país o zona geográfica. Lo que pone en riesgo a la población a sufrir desnutrición o elevar la tasa de mortalidad por inanición (28).

Según cifras de la FAO, en el año 2021 el hambre en el mundo aumentó de manera significativa, reflejando las desigualdades que existen entre las naciones y de manera interna dentro de los mismos países. Después de mantenerse relativamente estable desde el año 2015, la prevalencia de la subalimentación aumentó del 8.0% al 9.3% de 2019 a 2020, y creció a un ritmo más lento en 2021 hasta llegar al 9.8%. En el año 2021, cerca de 702 y 828 millones de personas padecían hambre en el mundo, 103 millones más que entre los años 2019 y 2020 (29).

En Asia, África, América Latina y el Caribe, el hambre se incrementó en el año 2021, aunque a un ritmo menor que en los años 2019 y 2020. En el año 2021, 278 millones de personas eran afectadas por la hambruna en África, 425 millones en Asia y 56.5 millones en América latina y el caribe. Los pronósticos indican que aproximadamente 670 millones de personas continuarán sufriendo hambre en 2030, esto es, el 8% de la población mundial, de manera similar que en 2015 (29).

3.6 HAMBRUNA EN MÉXICO

La expresión hambre es utilizada para definir distintos problemas, entre ellos la desnutrición crónica, la privación de alimentos y la sensación dolorosa o incómoda causada por no ingerir alimentos en un tiempo prolongado. Incluso abarca el término de inseguridad alimentaria y aunque no existe una definición completamente aceptada para el concepto, la FAO comúnmente utiliza la definición anterior como la más consensuada (30).

De acuerdo con los datos que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) en conjunto con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la pobreza es un fenómeno multidimensional que se evalúa al considerar los ingresos, derechos sociales y contexto territorial. El CONEVAL publicó estos datos en el año 2021, las cifras de pobreza multidimensional a nivel nacional y estatal 2016-2020 en su página oficial y redes sociales, ver tabla 1 (30).

Tabla 1. porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, carencia social y bienestar económico Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020

Indicadores	Porcentaje			Millones de personas			Carencias promedio		
	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020
Pobreza									
Población en situación de pobreza	43.2	41.9	43.9	52.2	51.9	55.7	2.2	2.3	2.4
Población en situación de pobreza moderada	36.0	34.9	35.4	43.5	43.2	44.9	2.0	2.0	2.1
Población en situación de pobreza extrema	7.2	7.0	8.5	8.7	8.7	10.8	3.6	3.6	3.6
Población vulnerable por carencias sociales	25.3	26.4	23.7	30.5	32.7	30.0	1.8	1.8	1.9
Población vulnerable por ingresos	7.6	8.0	8.9	9.1	9.9	11.2	0.0	0.0	0.0
Población no pobre y no vulnerable	24.0	23.7	23.5	28.9	29.3	29.8	0.0	0.0	0.0
Privación social									
Población con al menos una carencia social	68.5	68.3	67.6	82.7	84.6	86.7	2.1	2.1	2.2
Población con al menos tres carencias sociales	20.0	20.2	23.0	24.2	25.0	29.2	3.5	3.5	3.5
Indicadores de carencia social									
Rezago educativo	18.5	19.0	19.2	22.3	23.5	24.4	2.7	2.8	2.8
Carencia por acceso a los servicios de salud	15.6	16.2	28.2	18.8	20.1	35.7	2.7	2.7	2.8
Carencia por acceso a la seguridad social	54.1	53.5	52.0	65.4	66.2	66.0	2.3	2.3	2.5
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	12.0	11.0	9.3	14.5	13.6	11.8	3.1	3.2	3.4
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	19.2	19.6	17.9	23.1	24.3	22.7	3.0	3.0	3.1
Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad	21.9	22.2	22.5	26.5	27.5	28.6	2.6	2.6	2.7
Bienestar económico									
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	14.9	14.0	17.2	18.0	17.3	21.9	2.5	2.5	2.5
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	50.8	49.9	52.8	61.3	61.8	66.9	1.9	1.9	2.0

De acuerdo a las cifras del CONEVAL, el porcentaje de la población en condición de pobreza extrema en los Estados Unidos Mexicanos entre los años de 2018 y 2022 pasó de 41.9% a 36.3%, lo que manifestó una diferencia de 51.9 a 46.8 millones de personas. Dicho de otra manera, en el año 2022, alrededor de 36 de cada 100 personas en México manifestaban al menos una carencia social (rezago educativo, carencias referentes a los servicios de salud, a la calidad de espacios en la vivienda, a la alimentación, a la seguridad social y a los servicios básicos en la vivienda.), y además tenían un ingreso mensual insuficiente para obtener alimentos, bienes y servicios indispensables (30).

En referencia al porcentaje de la población en pobreza extrema, esto es, a la población con salarios por debajo a la línea de pobreza extrema por Ingresos, es decir valor de la canasta alimentaria y que presentan por lo menos tres carencias sociales, se puede observar que se mantuvo en rangos semejantes en términos relativos, al expresar 7.0% de la población total en 2018, 7.1% en 2022. Si bien obstante, en términos absolutos, el número de personas en pobreza extrema pasó de 8.7 a 9.1 millones de personas entre 2018 y 2022 (30).

El porcentaje y número de personas en situación de pobreza en México entre los años 2016 y 2029 se muestra en la figura 3.

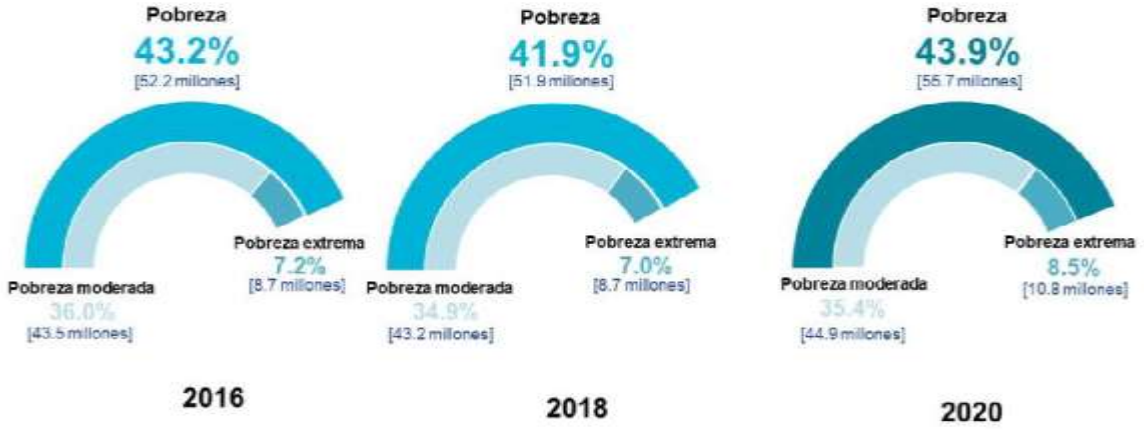

Figura 3 Porcentaje y número de personas en situación de pobreza entre los años 2016 y 2020.

3.7 CAUSAS DE LA HAMBRUNA

La hambruna es un fenómeno social que origina la carencia de alimentos en una determinada zona geográfica y que afecta a un grupo significativo de habitantes. Las causadas se clasifican en dos, las ocasionadas por fenómenos naturales y las producidas por acciones humanas (31).

Las causas naturales incluyen todas las afectaciones ocasionadas en cultivos por desastres climáticos como lluvias insuficientes, inundaciones, incendios temporales de viento e incluidas las afectaciones por plagas de insectos que destruyen las cosechas. Se incluye también las causas ocasionadas por fenómenos geológicos como terremotos, erupciones de volcanes, tsunamis entre otros. Entre las consecuencias que se generaran por intervención del hombre se encuentran el desperdicio de alimentos, pobreza, desigualdades, guerras, falta de tecnología, mal manejo de recursos naturales y su distribución equitativa (31).

3.7.1 Desperdicio de alimentos

La FAO ha denominado como pérdida y desperdicio de alimentos, a la merma que sufren estos en las etapas sucesivas de la cadena de suministro de alimentos destinados al consumo humano. Las pérdidas suceden primordialmente durante la producción, después de la cosecha, acopio y transporte de estos. Además, suceden durante el procesamiento y adquisición de los alimentos en relación directa con el proceder de los vendedores mayoristas, minoristas, servicios, restaurantes y las familias (32).

Estudios realizados por el Banco Mundial indican que alrededor de una tercera parte de los alimentos que se producen no llegan de los consumidores, esto representa cerca de 1300 millones de toneladas al año. En tanto cerca de 821 millones de personas en el mundo sufren de hambre crónica y 840 viven en pobreza extrema, este concepto lo podemos entender como personas que viven con menos de $30 por día (32).

México presenta pérdidas anuales de más de 10 mil toneladas de alimentos desperdiciados, lo que representan el 37 por ciento de la producción agropecuaria en el país. En el aspecto económico las pérdidas y mermas ascienden a más de 100 mil millones de pesos. La mayor pedida se presenta en ámbito doméstico con alrededor del 61%, un 26% en las cadenas de suministro y el 13% restante en la venta al por menor.

Entre los desperdicios de alimentos producidos por actividades pecuarias, se tiene que el 37% de la leche se desperdicia, el 34.8% de la carne de res, 40% de la

carne de cerdo, el 39% de la carne de pollo, 54% por ciento de los pescados y mariscos, así como una tercera parte de la producción de camarón.

En el sector productivo de pescado y mariscos se registran pérdidas por descarte entre 9 y 15% en las capturas marinas en países industriales mientras tanto, en países en desarrollo ronda entre el 6 y 8 %. La materia primaria está sujeta a selección por características como el peso, tamaño y apariencia. El producto descartado es devuelto al mar, muertos, agonizante o gravemente dañados. Los estándares estéticos impuestos por el mercado y consumidores también representan en un gran desperdicio de alimentos sin dejar de considera que buena parte del pescado y los mariscos que se compran también se desperdicia en los hogares de los consumidores (33). Se estima que anualmente México tiene perdidas y desperdicios de 99 mil toneladas de pescado lo que equivale al 38.71 % de la producción nacional (34).

3.7.2 Pobreza

Es una situación que atraviesa una gran parte de la población a nivel mundial, sobre todo aquellas que viven en áreas urbanas o rurales. Las primeras personas habitan en áreas o barrios marginados y las segundas se dedican a la agricultura y la mayor parte de ellas son analfabetas. Estas personas habitan en condiciones de marginación, en viviendas hechas con material que encuentran en ocasiones en la basura, su alimentación es escasa desde la niñez, sus ingresos no alcanzan para la comida y otros enseres domésticos. Carecen de los servicios básicos, como agua potable, electricidad, educación escolar, atención médica y sanitaria,

de igual manera poseen desnutrición y algunos de ellos presentan problemas psicológicos (35).

3.7.3 Desigualdades

La falta de infraestructura o la deficiencia de ella es una condición que afecta a la población que vive en situación de marginación mundialmente. Debido a la falta de apoyo de los mandatarios y que no existe el transporte que pueda llegar a los lugares, donde radican las personas de bajos recursos, para transportar alimentos, medicinas, material para viviendas, semillas para la siembra y productos para el vestido. Se carece al mismo tiempo de agua de riego, en ocasiones la lluvia de temporal es escasa. La población más afectada son los niños y las mujeres, quienes mueren por inanición y falta de atención médica (36).

3.7.4 Guerra

La principal causa del hambre y la hambruna en el mundo son los conflictos armados, la guerra y la violencia**.** Los conflictos armados arruinar los sistemas productivos alimentarios, desestabilizan los medios de subsistencia y desplazan a las personas de sus hogares. Los conflictos y la inseguridad dejando a muchas personas en situación de extrema vulnerabilidad y hambrientas (37).

en el año 2021 se presentó un aumento del 23% en los precios de los alimentos, debido a afectaciones en los cultivos por inclemencias climáticas y a los crecientes costos de insumos y energía. El conflicto entre Rusia y Ucrania elevó los precios de los alimentos a un máximo histórico debido a que son los mayores exportadores mundiales de trigo y otros cereales y materias primas, tanto de

combustibles fósiles y minerales preciosos. La guerra trajo afectaciones no solo la producción interna, sino también las cadenas de suministro al resto del mundo. Los países más afectados son los países más pobres (38).

En el año 2022 se hizo presente un incremento en las cifras de hambruna con respeto al año anterior, 58 países se vieron afectado, donde 258 millones de personas estuvieron expertos a una inseguridad alimentaria aguda, el 85% de esas personas viven en países afectados por guerras y conflictos (39).

3.7.5 Falta de tecnología.

El avance de la tecnología ha generado impactos positivos y negativos referentes a la pobreza y la hambruna a nivel mundial, la calidad de vida de la gente, principalmente en las áreas agroalimentarias y de salud pública. Para empezar, permitió incrementar la productividad, asegurando el suministro de alimentos suficientes para cubrir las necesidades de toda la humanidad. Aunado a esto, el empleo de la tecnología en salud pública eliminó enfermedades que son causas principales de la mortalidad de poblaciones. Por otra parte, colaboró en el aumenta de las brechas sociales, permitiendo el acceso de una elite a los alimentos, cada vez con mayores valores agregados. Al mismo, la población menos privilegiada, que crece cada vez más, tenía menor acceso a alimentos, salud, educación y empleo, recursos indispensables para poder acceder a salud y nutrición (40)**.**

3.7.6 Disminución del rendimiento o producción agrícola en México

De acuerdo al banco mundial la agricultura es una actividad fundamental para el crecimiento económico mundial, manifiesta que en los países desarrollados representa el 4% del producto interno bruto (PIB) y en los países en vías de desarrollado puede llegar a alcanzar más del 25 % del PIB (41).

El 95% de los alimentos que se consumen en México se producen directa o indirectamente en el suelo por actividades agrícolas y pecuarias. México cuenta con una extensión territorial de 198 millones de hectáreas de las cuales solo 27.5 millones hectáreas son tierra arable, se tiene la estimación de la capacidad para producir los alimentos necesarios para atender la creciente demanda de la población en el 2030, lo que permitiría garantizar la seguridad alimentaria desde la dimensión de la suficiente disponibilidad. Las actividades y productividad agrícola se encuentran en riesgo por diversos factores, las sequías, escases de agua, el deterioro de suelos por la agricultura intensiva, uso indiscriminado de fertilizantes químicos y deterioro de suelos por irrigación artificial (42)

En México cuenta con una geografía muy variada con amplias zonas donde el suelo presenta relieves muy agrestes. Las condiciones físicas imperantes en México hacen complejo el disponer de nuevas áreas de cultivos. En el territorio nacional se encuentran 25 de los 30 tipos de suelos reconocidos, los leptosoles, regosoles y calcisoles cubren cerca del 60.7% de la superficie del país, siendo estos suelos someros donde se dificulta su aprovechamiento agrícola. Los suelos fértiles y empleados en actividades agrícolas son del tipo feozems y vertisoles que ocupan solo el 18% de la superficie del país. Por lo tanto, no hay más superficie

disponible que las existentes y continuamente se pierden tierras de cultivo por el cambio de uso de suelo agrícola a urbano (42).

Datos reportados por en el censo agropecuario de INEGI en el 2022, los productores agropecuarios reportaron 29.9 % de pérdida de la fertilidad del suelo. Además, presentar una serie de problema que reducen la producción y productividad, los altos costos de insumos y servicios con un 88.8%. Las pérdidas por factores climáticos o biológicos con un 61%. Disminución de ventas y baja en los precios a causa de la pandemia con un 40.2 %. Los efectos de la inseguridad con un 22.8% (43).

La disminución del rendimiento de la producción agrícola ha sido notable en los últimos tiempos debido a múltiples factores como los son fenómenos meteorológicos, la escasez del agua también representa una variable relevante en las afectaciones de los cultivos de temporal, de algunas zonas del país en los últimos años se ha asentado una sequía permanente que causo afectaciones en 502.550 hectáreas siniestradas en el año 2023.

3.8 FERTILIZANTES

La producción agrícola tradicional se realiza aprovechando la fertilidad natural del suelo. Cada uno de los tipos de suelos presentar distintas grado de fertilidad por sus características físicas que desterminas su propiedad biológicas y químicas, que beneficia el establecimiento y el crecimiento de los cultivos. La riqueza fértil de un suelo está determinada en mayor parte por el alto contenido original de materia orgánica, la cual es una fuente de nutrientes como el nitrógeno, fosforo y

azufre, micronutrientes como el boro, zinc, cobre etc, esenciales para la actividad biológica del suelo.

En las últimas décadas la intensificación de la agricultura y la sobre explotación ha producido un empobrecimiento progresivo de la fertilidad de los suelos, provocado principalmente por la pérdida de materia orgánica. Esto puede atribuirse a los sistemas de labranzas utilizados, a la creciente expansión de las oleaginosas (principalmente la soja), y a la falta de una adecuada reposición de los nutrientes extraídos del sistema.

Los fertilizantes son sustancias orgánicas o inorgánicas que contienen nutrientes en formas asimilables por las plantas, se encuentran compuestos por uno o varios nutrientes que contribuyen a favorecer el desarrollo de los cultivos agrícolas. Son indispensables para garantizar un mayor rendimiento, ya que proveen los nutrientes para mejorar o suplementar los suelos. Los fertilizantes pueden ser clasificados en dos categorías, orgánicos e inorgánicos (28).

3.8.1 Fertilizantes orgánicos

Se caracterizan por contener sustancias orgánicas naturales formulada con uno o varios microorganismos benéficos, generalmente consiste en varias bacterias, hongos y algas benéficas como rhizobium, bacterias fijadoras de nitrógeno, bacillus, bacterias fotosintéticas, bacterias celulolíticas, Lactobacillus, levaduras, actinomicetos y microalgas (44). Dentro de esta clasificación se encuentran los biofertilizantes, productos agrobiotecnológicos que contienen los microorganismos que estimula el crecimiento de las plantas y productividad de los

cultivos agrícolas. Se puede encontrar una gran variedad de tipos de biofertilizantes tanto líquidos como sólidos y varia de una a otra forma de elaboración y aplicación, entre ellos se puede encontrar abonos verdes, bioinoculantes, cenizas, carbón vegetal, estiércoles, compostas, lombricompostas, extractos húmicos y guanos (45).

Los biofertilizantes presentan diversas ventajas dependiendo del tipo, entre ellas tienen la capacidad de incrementar la materia orgánica del suelo, contribuyen a restablecer o aumentar la actividad microbiológica y aportan nutrientes, estimulando el crecimiento vegetativo y contribuyen al control de patógenos de las plantas. La aportación de materia orgánica contribuye a la retención de humedad, la liberación de nutrientes es lenta y prolongada lo que garantiza la disposición de nutrientes por un lapso más largo de tiempo (45).

3.8.2 Fertilizantes inorgánicos

El fertilizante inorgánico no sólo se origina de la descomposición de materia orgánica animal o vegetal, puede proceder de elementos minerales químicos sintéticos o encontrarse de manera natural en yacimientos, como el salitre (nitrato de sodio), la roca fosfórica y el cloruro de potasio. Los fertilizantes sintéticos son de origen industrial elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y potasio (46).

El Nitrógeno (N) es un nutriente que tiene las funciones de tipo estructural y osmótico. Son específicas y se relacionan con la síntesis de moléculas esenciales

para el crecimiento, como ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, clorofilas y alcaloides (46).

El Potasio (P) es un nutriente esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 procesos enzimáticos, promueve la síntesis, translocación y almacenamiento de carbohidratos, a de más optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales, entro otros. Los efectos benéficos resultan en la promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción de la tendencia al vuelco de cereales e incremento de la modulación en leguminosas (46).

El fósforo (K) es un nutriente que cumple la función de transferencia de la energía en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación, también propicia el crecimiento vegetativo en la etapa de producción de los frutos y semillas (46).

Los fertilizantes inorgánicos se les puede encontrar compuestos por diferentes elementos químicos y en distintas proporciones dependiendo su aplicación, fertilizante compuesto tipo NPK es el más idóneo por su contenido de nitrógeno(N), potasio (P) y fosforo (K). Este tipo de fertilizante contiene los multinutrientes indispensables en la agricultura para el desarrollo de tejidos y frutos (46).

3.8.2 Escasez de fertilizantes en el país y su problemática asociada.

En la actualidad, México ha incrementado su dependencia a las importaciones de fertilizantes agrícolas. Según las cifras del INEGI y el Servicio de Administración Tributaria (SAT) en el año 2020 se importaron 3.7 millones de toneladas, mientras

que sólo se tuvo una producción interna de 2.2 millones de toneladas, el valor comercial de dicha importación fue de 969.2 millones de dólares, los cuales representan un alza del 5.4% en relación al año anterior (47).

La dependía de México a las importaciones de fertilizantes extranjeros depende principalmente a la baja producción nacional, México se ubica como el catorceavo productor y el sexto importador a nivel mundial. Paulatinamente la producción nacional ha caído en los últimos años, registrado en el año 2021 una caída del 11.3%, con una producción de 2.1 millones de toneladas, de las cuales, 27% fue de ácidos, el 47% de fosfatados y 26% de nitrogenados. México presento un consumo de 5.4 millones de toneladas de fertilizante durante el año 2021 de los cuales el 62% se cubrió con importaciones, México depende en gran medida del mercado exterior para abastecer su consumo de fertilizantes (48).

La problemática de la dependencia a los fertilizantes extranjeros ha traído consigo el aumento significativo en costos y escasez. Esto debido de los conflictos bélicos actuales en Rusia, ya que es el primer productor de fertilizantes en el mundo y principal proveedor de este insumo para el campo en México. La escasez ha provocado un aumento del 187% en el precio con respecto al año 2021, generando un encarecimiento por encima de los 24,000 pesos por tonelada de urea (49).

3.8.3 Importancia de desarrollar tecnologías para tener fertilizantes de buena calidad y con costos bajos.

En la actualidad son muchos los esfuerzos por fomentar la ingeniería verde que propicie el uso adecuando de los recursos naturales y garantice la gestión de los residuos orgánicos convencionales y no convencionales. En las últimas décadas se han conseguido grandes avances científicos donde cada día es más indispensable el uso de tecnología para poder aprovechar y reducir los grandes volúmenes de residuos orgánicos (50).

La intervención de la tecnología en los procesos de tratamiento de la biomasa para su conversión a fertilizantes orgánicos en diversas opciones tales como, biol, ensilados, fermentados y harinas. La tecnología permite la creación de dispositivos y metodologías necesarias para la elaboración más rápida y con mayor calidad, contrario a los tratamientos convencionales para la fabricación de fertilizantes orgánicos (50).

La perspectiva de la agricultura actual requiere cambios en sus técnicas convenciones para la producción agrícola, la búsqueda y aplicación de alternativas que minimicen el impacto negativo en lo social, económico, político, ambiental y cultural de los países. Los abonos verdes ha demostrado ser una alternativa tecnología agroecológica eficiente para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos de cultivos, para los agricultores de bajos recursos. Las aportaciones van desde la base teórica para la trasformación y aplicación de biomasa para potenciar el manejo de agroecosistemas y a su vez el desarrollo tecnológico que permita aprovechar las energías renovables para trasformar la biomasa en fertilizantes orgánicos (51).

La incorporación de los fertilizantes orgánicos como tecnología de cultivo, ha demostrado tener múltiples beneficios en el área económica, social y cultural. La disminución de insumos como fertilizantes, herbicidas y nematicidas, reduce los costos de producción de los cultivos, lo que favorece la soberanía y seguridad alimentarias familiar, local y regional. Los beneficios más notables son sus efectos sobre la conservación del suelo y del ambiente, al propiciar en actividades agrícolas más sostenibles (52).

3.8.4 Los desechos marinos pueden ser buena opción para desarrollar fertilizantes.

La industria pesquera es uno de los sectores productivos que más desechos genera, representando más del del 50% del peso del pescado, que consiste en todas aquellas partes del pescado no aptas para el consumo. También se les pueden considerar como desecho a peces pequeños o productos de capturas no deseadas o en su caso que presenten algún tipo de daño que impida su comercialización (8).

Los desperdicios de pescados han sido aprovechados de diferentes formas, ya que representan oportunidades económicas, sociales y ambientales. Entre los desechos más utilizados, están las aletas, espinas, cabezas, vísceras, agallas, músculos y piel, por lo que después de ser procesados forman una fuente relevante de proteínas, minerales y grasas que son aprovechados en la fabricación de una gran variedad de productos. Entre los productos elaborados a base de estos residuos se puede mencionar a las harinas, aceites, colágeno,

gelatinas, aretes, gorras, carteras, cinturones, todo esto con una perspectiva sustentable ().

El reciclaje de residuos orgánicos ofrece la posibilidad de recuperar nutrientes y compuestos orgánicos de la biomasa, debido al contenido de aminoácidos de los desechos pueden ser convertidos a subproductos como la harina de pescado, fertilizantes o ensilado convirtiéndose en fuente de proteína, calcio, vitaminas, hierro y minerales, con la posibilidad de ser empleados como alimentos pecuarios y suplementar suelos agrícolas ().

Aplicaciones en biofertilizantes

Uno de los componentes esenciales en la actual agricultura sustentable son los biofertilizantes ya que realizan un papel crucial al mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo conservando la fertilidad y la sostenibilidad a largo plazo. Los fertilizantes orgánicos son productos que se producen a partir de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal, vegetal o de ambos, están formados a base de microorganismos benéficos, esencialmente bacterias u hongos. También, contienen grandes contenidos de macronutrientes, como son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), quienes forman parte fundamental en la nutrición vegetal ().

Entre los tipos de biofertilizantes más utilizados se encuentran, Extractos vegetales, Lixiviados de fermentación, Micorriza y Trichoderma (). En la tabla 2, se muestran algunas de las ventajas del uso de biofertilizantes.

Tabla 2 Ventajas de la aplicación de biofertilizantes

1	Aumentan la vida útil del suelo, mejoran su textura, a su vez lo mantienen en óptimas condiciones de cultivo.
2	Gran impacto en el medio ambiente, y en la economía, ya que su precio es inferior que el de los fertilizantes químicos.
3	Recuperan la materia orgánica del suelo con lo que se logra la fijación de carbono en este, lo que mejora la capacidad de absorber agua.
4	Mejoran la productividad de los cultivos.
5	Se utilizan los sobrantes orgánicos.
6	Al consumir menor cantidad de energía se le considera como un recurso sostenible.
7	Sustituyen a los fertilizantes químicos, por lo cual ocasionan grandes beneficios para el medio ambiente.

3.9 LOS ALIMENTOS Y SU IMPORTANCIA

Una dieta diaria balanceada debe proveer cantidades adecuadas de nutrientes esenciales, para el mantenimiento de una salud óptima. La cantidad y variedad de alimentos aportan a nuestro organismo cantidades específicas de nutrientes para llevar a cabo sus funciones adecuadamente. Los nutrientes se clasifican según su función ya sea energética o estructural, la función energética la cumplen los hidratos de carbono y grasas, mientras que la función estructural la realizan las proteínas (54).

3.10 TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

La creciente demanda de alimentos y su disponibilidad ha impulsado el desarrollo de métodos de conservación para prolongar su vida útil. Desde la antigüedad se implementaban métodos de conservación tanto térmicos como químicos, de los

cuales se desprenden varias técnicas de conservación que, en la actualidad, ha mejorado su eficiencia con el uso de la tecnología (55).

3.10.1 Clasificación

En la industria agrícola y alimentaria la selección de un alimento o producto por sus características físicas permite que la vida útil de los alimentos sea más prologada. La selección de materia prima permite identificar alimentos inocuos, limpios y libres de patógenos, que permitan prolongar su almacenamiento y ofrecer alimentos de calidad (56).

3.10.2 Pasteurización

La pasteurización es un tratamiento donde se somete al producto a una temperatura conveniente durante el tiempo necesario, para destruir la mayor parte de las bacterias patógenas y reducir la actividad enzimática. Es un método empleado para reducir el riesgo de consumo y prologar la vida útil de alimento (57).

3.10.3 Escaldado

El escaldado es el tratamiento térmico que tiene como finalidad la inactivación de enzimas, los alimentos son cocinados en agua o líquido a temperaturas entre 70-100 °C y tiempos entre 1 y menos de 10 minutos. Es un método utilizado en la industria previo al secado, apertización, liofilización y congelación para la conservación de alimentos (58).

3.10.4 Cocción

Es el proceso en el cual un alimento crudo es inmerso en una solución liquida para su cocción, el tratamiento es térmico con una temperatura al menos de 75ºC a máxima 100ºC como punto de ebullición. Favorece la eliminación de gran parte de los microorganismos y desnaturalización de enzimas de pardeamiento. No sólo ofrece el beneficio de la conservación de los alimentos, también modifica sus propiedades, haciendo al alimento más digerible y más llamativo al consumidor (59).

3.10.5 Refrigeración

Es el método de conservación más aplicado, tanto en el ámbito doméstico como industrial. Consiste en mantener el alimento a bajas temperaturas sin que llegue a congelarse para evitar daños fisiológicos, dependiendo del alimento la temperatura de 2 – 8°C, los procesos de deterioro o descomposición por microorganismos se realiza de manera más lenta, ocasionando que los alimentos sean menos perecederos o tengan una vida útil más prolongada (60).

3.10.6 Congelación

Es el método que permite la conservación de alimentos por lapsos de tiempo más prologados, ya que se pueden preservar perfectamente las características organolépticas y nutritivas de los alimentos si se realiza de manera correcta. Los alimentos más comunes se congelan generalmente en el rango de -2 a -18°C, la congelación del agua forma cristales, lo cual permite la disminución del proceso

enzimático que favorece la reducción significativa del crecimiento de microorganismos, reduciendo las reacciones deteriorativas (61).

3.11 DESHIDRATADO O SECADO

Es un proceso de conservación que consistente en eliminación parcial o la totalidad del agua libre de un alimento, lo que impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Lo que evita el desarrollo de mohos, levaduras, bacterias y enzimas, evitando de esta manera su descomposición, se tiene como resultado alimentos más resistentes a daños y pueden conservarse por tiempos más prolongados, donde se debe mantener una elevada proporción de su valor nutritivo original.

3.11.1 Principios, explicación de la tecnología

El secado de alimentos es el método de conservación más antiguo. El secado se consigue al remover el agua o humedad libre del alimento, esto se consigue al trasferir calor a la materia mediante aire caliente. Se puede realizar de manera natural o artificial, el secado se produce a una temperatura de 54 a 82°C (41).

El deshidratado de alimentos de manera natural o tradicional, cosiste en exponer los alimentos a la radiación solar directa, el producto se coloca en el suelo o en tendaleros a cielo abierto, dicha técnica carece de cualquier control de las condiciones de secado. En cambio, el secado solar artificial es un proceso tecnificado, donde se emplean tecnología que propicia las condiciones adecuadas para disminuir el tiempo de secado. Se implementan cámaras de secado donde

se concentra la radicación solar para alcanzar temperaturas más altas que fácil la extracción de humedad de los alimentos ().

El principio básico del método de secado solar se basa en el principio invernadero, es decir se emplea la radiación solar que arriba a la tierra, se capta esta energía solar y se calienta el volumen de aire en colectores solares, las paredes de estos se calientan por conducción, posteriormente el aire fresco que entra se calienta y es conducido desde el colector a la cámara de secado, mediante un proceso de convección, en este lugar se depositan los productos que serán deshidratados para eliminar su humedad, se calienta el fluido contenido, de esta manera se disminuye la humedad relativa del producto y se eleva su temperatura, de esta forma se extrae la humedad del producto que se está secando. El agua contenida en los productos se evapora y sale por la parte superior del área de secado a través de la chimenea ().

3.11.2 Problemática del alto consumo energético del secado

El secado artificial es un método mecánico controlado que cosiste en la circulación de aire caliente por una cámara de secado donde se encuentran los alimentos. El aire se calienta por quema de gas, biomasa o empleando electricidad. El secado se realiza por convección forzada por ventiladores, lo que propicia el control de la velocidad de secado independientemente de las condiciones climáticas externas. Con la presente crisis energética y el aumento de los precios de los combustibles, ha propiciado la necesidad de emplear y diseñar secadores con energías renovables (62).

3.10.3 Cambio climático

Actualmente, existes diversos estudios científicos que buscan demostrar que el clima global se verá afectado en las próximas décadas. Se tiene que considerar que el clima global se autorregula periódicamente de manera natural mediante procesos atmosféricos que trasfieren la temperatura entre los océanos y las capas de hielos. Se le considera cambio climático al aumento de la temperatura global reportado en un periodo de tiempo con respecto a un periodo de tiempo pasado. La variación de temperatura trae como consecuencia una variabilidad climática natural desproporcionada que como resultado genera alteraciones en condiciones climatologías naturales, generando efectos que han visto alteradas las estaciones del año trayendo consigo desastres climáticos (63).

3.10.4 Gases efecto invernadero

La actividad humana es el principal impulsor del cambio climático, principalmente por la quema indiscriminada de combustibles fósiles que generar la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Dichos gases se acumulan en la atmosfera terrestre y son capaces de absorber y emitir radiación infrarroja lo que ha incrementado la temperatura terrestre. Como consecuencia los patrones climatológicos de algunas regiones del planeta se han visto alteradas y modificadas, un claro ejemplo es las sequias y el derretimiento de los casquetes polares. Lo que ha acarreado consigo problemas tanto económicos y sociales (63).

3.12 ENERGÍAS RENOVABLES.

Son todas aquellas fuentes de energía inagotables basadas en recursos naturales, al ser libres de emisiones contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad el interés por disminuir la dependencia a los combustibles fósiles y fomentar el uso de energías renovables permiten disminuir la dependencia energética y contribuyen a la creación de empleo y al desarrollo tecnológico (64).

3.12.1 Eólica

Dentro del auge del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, surge la posibilidad de generar electricidad sin emisiones, al aprovechar la fuerza del viento como fuerza mecánica para mover las palas del aerogenerador. El viento mueve las palas lo que genera un movimiento rotatorio del generador el cual contiene imanes que generan un campo eléctrico (65).

3.12.2 Biomasa

Biomasa o bioenergía se obtiene a partir de la combustión de materia orgánica, procedente de los seres vivos, sus excretas o desechos industriales de material biodegradable. La transformación de la materia orgánica a biomasa puede realizarse de forma química y biológica, a partir de esto se puede obtener energía térmica, eléctrica o como carburantes de origen vegetal (66).

3.12.3 Geotermia

Se presenta de forma natural al entrar en contacto el agua filtrada con el calor presente en el subsuelo, lo que propicia la formación de fuentes termales, géiseres o volcanes. La fuente de energía se puede presentar en forma de agua caliente o vapor, de aquí se derivan dos formas de aprovechamiento. Cuando es fuente a baja temperatura se emplea en procesos industriales, agrícolas y urbanos. Cuando se tiene una fuente a alta temperatura puede ser aprovechada para producir electricidad, el vapor se conduce por tubería hasta una planta geotérmica que lo transforma en energía mecánica, para propulsar una turbina (67).

3.12.4 Mareomotriz.

Se aprovecha el movimiento del agua que produce las mareas y corrientes oceánicas para producir energía eléctrica, se pueden presentar distintas instalaciones de infraestructura para hacer que el movimiento del agua haga girar las turbinas. Se aprovecha directamente la energía cinética de la marea para propulsar las turbinas o se construyen diques para contener agua y aprovechar la energía potencial para activar las turbinas (68).

3.13 ENERGÍA SOLAR

Dentro de las energías renovables que en la actualidad están tomado relevancia como fuente energética para la producción de electricidad y calor es la energía solar, presentan prácticamente cero emisiones, presentan bajos precios de operación y una disponibilidad inagotable. La energía solar es emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz). Las captaciones de los rayos solares por diversas

tecnologías permiten su implementación para aplicaciones tanto domésticas, industriales y semi industriales (69).

3.13.1 Solar fotovoltaica

La radiación solar incide sobre la superficie de un material, pero su finalidad no es producir calor. El material fotovoltaico está compuesto de dos capas semiconductoras con diferente composición, cuando la luz incide directamente entre las capas se realiza un movimiento de electrones lo que propicia una corriente eléctrica. Las fotoceldas generan pequeños voltajes de corriente directa que requiere un acomodo especial para tener voltajes grandes. Si se espera tener corriente alterna el sistema necesita componentes adicionales para llevar a cabo la conversión (70).

3.13.2 Solar térmica

Consiste en el aprovechamiento de la incidencia de los rayos solares en las superficies para producir calor. En la actualidad se trabaja con materiales capaces de absolver los rayos de sol y permitan la disipación del calor generado. El aprovechamiento de la radiación directa se emplea para estufas solares y secadores solares. En aplicaciones más complejas que requieren trasferencia y almacenamiento de energía, se calienta un fluido caloportador (70).

3.13.3 Secado solar como solución al problema de alto consumo del secado convencional

El secado solar ha demostrado ser una técnica efectiva para la conversión de alimentos, lo que ha derivado en la creación de diversas tecnologías de secado lo que ha permito el desarrollo de modelos teóricos y experimentales de diferente tipo de secadores solares, tales como convección natural, por radiación, por convección forzada, por ventana refractiva y por aspersión. Tanto los secadores solares industriales y artesanales han demostrado ser una alternativa viable y económica para el sector agrícola, industrial, residencial y rural. El secado solar ha resultado ser una solución alternativa altamente rentable contra el secado industrial convencional que consume electricidad y combustibles fósiles, al emplear una fuente de energía renovable tiene una alta capacidad económica y ecológica, al presentar cero emisiones (71).

3.13.4 Dificultades técnicas durante el proceso de secado solar

El secado solar requiere previos estudios cinéticos para establecer los parámetros de secado, eso incluye el análisis de prototipo por considerar sus características física-mecánicas que determine la eficiencia del secador solar, a su vez se analiza la cinética del secado del producto dado que para cada producto son distintas las condiciones de secado donde la cinética nos determina las características organolépticas finales del producto, se obtiene unas grandes diferencias entre los procesos de secado de un producto a otro. Otra de las dificultades técnicas son las condiciones geográficas y climáticas de la localidad donde se pretende llevar a cabo el secado, ya que lo idea son climas templados con bajo índice de

humedad de aire, altos índices de radiación solar alto que favorezca la captación de alta temperaturas (71).

3.13.5 Necesidad de instrumentar y controlar

La instrumentación de los procesos permite el monitoreo de las variables implicadas en el proceso de la producción industrial, la medición de las variables, permite el registro, transmisión y procesamiento de la información recopilada, permite evaluar las condiciones, estados y calidad de producto. Es necesario supervisar y controlar las variables o magnitudes implicadas en el proceso, con la finalidad de automatizar la producción (72).

3.14 INTRUMENTACIÓN Y CONTROL

El creciente desarrollo tecnológico ha propiciado la creación y la intervención de la tecnología en la industrial para el control, instrumentación y automatización de procesos industriales. La Instrumentación dota al sistema de dispositivos sensoriales para la medición, conversión de variables. Los instrumentos tienen la capacidad de dar a conocer que está pasando dentro del proceso. Enviar eso datos al sistema de control para que tome decisiones de corrección o acción (73). Consiste en dotar de aparatos o instrumentos que permitan la lectura y representación de parámetros de algún fenómeno físico. El resultado de cuantificar un atributo físico se le conoce como variable física, a la cual se le asigna valores numéricos para tener una representación de la magnitud física (74).

3.14.2 Importancia de Instrumentar y controlar

La Instrumentación y el control permite la optimización de procesos tanto domésticos como industriales de pequeña, mediada o gran escala. Donde la instrumentación cosiste en integrar herramientas que sirven para la medición o transmisión de las variables. Tales variables son las que están implicadas en procesos que pueden ser químicas o físicas. El control se encarga de supervisar las diversas etapas que involucran el proceso dependiendo del estado de las variables involucradas. La instrumentación y el control son las dos etapas que forman el automatizado (73).

3.14.3 Sensores

Es dispositivo químico, mecánico o electrónico que, a partir de una magnitud física genera una señal o una respuesta proporcional a la magnitud medida, la salida de dispositivo tiene que ser señal fácil de interoperar por el sistema informático (73).

3.14.4 Equipo a utilizar

Para la fabricación de la estufa solar se implementa un diseño a base de Concentrador Solar Cilíndrico Parabólico (CCP) ya que la finalidad es utilizarla para un proceso de cocción industrial o doméstico. La geometría del concentrador al contar con un solo eje, posibilita automatizar su movimiento implementando un motor o un sistema neumático. Para detectar la posición del sol se empelan sensores ópticos incorporados a un sistema de control en lazo cerrado programado en un microcontrolador PIC.

3.14.5 Justificación de la selección de equipo, etc

Existen distintos modelos para la fabricación de estufas solares, pero su diseño presenta el inconveniente que su posición tiene que ser continuamente corregida con respecto al movimiento aparente del sol durante el trascurso del día, por consecuencia todos los modelos de estufas solares comerciales o experimentales se desenfocan durante la cocción y requieren ser reorientadas, por lo que es necesario reposicionarlas manualmente. El Concentrador solar Cilíndrico Parabólico (CCP) son dispositivos los cuales por sus características geométricas es posible controlar incorporando tecnología de seguimiento solar, al contar con un sistema de control automático de orientación el concentrador se mueve periódicamente para captar la mejor radiación posible y así maximizar su potencia y eficiencia.

4. Planteamiento del problema:

México cuenta con una extensión territorial de 198 millones de hectáreas de las cuales solo 27.5 millones hectáreas son tierra arable, teniendo como estimación la capacidad para producir los alimentos necesarios para atender la creciente demanda de la población en el 2030, lo que permitiría garantizar la seguridad alimentaria desde la dimensión de la suficiente disponibilidad. Las actividades y productividad agrícola se encuentran en riesgo por diversos factores, las sequías, escases de agua, el deterioro de suelos por la agricultura intensiva, uso indiscriminado de fertilizantes químicos y deterioro de suelos por irrigación artificial (42).

El desabasto de fertilizantes agrícolas que se presenta en la actualidad en México pone en riesgo el bienestar económico y alimenticio del campesino que practica

actividades agropecuarias de auto consumo. La mayoría de las zonas rurales del país se encuentra en situación de marginación por las escasas o nulas actividades económicas que favorezcan una economía circular. Lo que propicia el abandono de las localidades de origen y la migración a urbes del país o al extranjero.

Actualmente se realizan diversos esfuerzos para fomentar una agricultura orgánica, promoviendo el uso de compostas y fertilizantes orgánicos para mantener el equilibrio ecológico y conservar la biodiversidad. Para promover el ciclo de recurso que propicie una agricultura sostenible y sustentable, amigable con el medio ambiente lo que garantice la rehabilitación y la mejora de calidad del suelo, el cuidado del agua al excluir el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas (42). El aprovechamiento integral de las materias primas mitiga el impacto ambiental, es por ello que se considera la fabricación del fertilizante a partir de todos los desechos generados del procesamiento de los alimentos marinos. Cabe destacar que se prioriza minimizar el impacto de la huella ecológica al procesar alimentos marinos para el consumo humano, dándole un aprovechamiento y uso adecuado a los desechos, de igual forma se busca encontrar un valor agregado a los desechos al ser trasformados en fertilizante orgánico y así propiciar una agricultura sostenible que genere una economía circular en zona rurales marginadas.

Actualmente existen varios procesos para la fabricación de fertilizante orgánicos a partir de los desechos marinos, el compostaje líquido, ensilados, hidrólisis térmica, digestión térmica y harina de fosfato de calcio, productos que para su

fabricación podría implicar un alto costo de procesamiento y un extenso tiempo de fabricación.

Es por ello que se decide plantear la siguiente pregunta de investigación ¿De qué manera se aprovechan los residuos de pescado para la elaboración de fertilizante orgánico a partir de desechos marinos?

5 objetivo general:

Desarrollar una línea de proceso para la producción de fertilizantes a partir de desechos de productos de pescado utilizando equipos termosolares.

6 objetivos específicos:

- Diseñar una cocina solar.
- Determinación de los parámetros para la cocción completa del pescado.
- Determinar la cinética del secado solar.
- Caracterizar los nutrientes del fertilizante.
- Caracterizar los nutrientes de la harina de pescado producida.
- Establecer la línea del proceso.

7. Materiales y métodos:

Diseñar una cocina solar

La construcción del prototipo de la estufa solar está constituida bajo el principio del Concentrador solar Cilíndrico Parabólico (CCP). En la siguiente figura se muestra el nombre de cada uno de los componentes que integra el concertador.

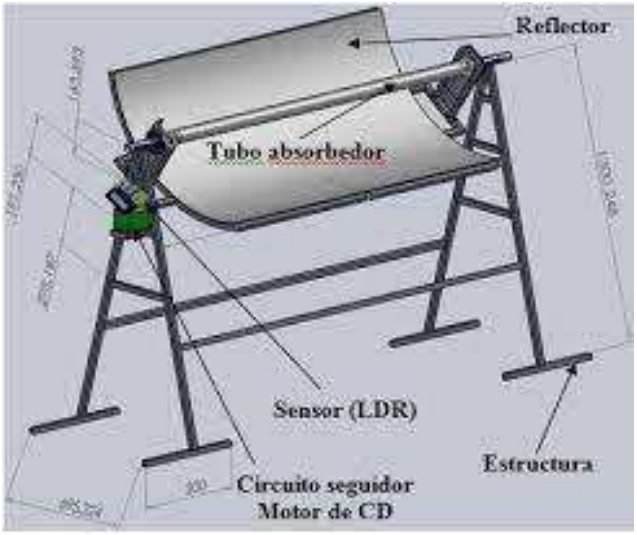

Figura 4 Concentrado solar parabólico.

Diseño del prototipo cocina solar

La funcionalidad del Concentrador solar Cilíndrico Parabólico (CCP), radica en el diseño del reflector, el cual se diseña bajo el principio de la parábola. La conversión de energía solar a calor se realiza concentrado los rayos solares en el punto focal de la parábola, la geometría de su plano de apertura es capaz de reflejar los rayos solares incidentes perpendiculares.

Para determinar el punto focal, se debe analizar las características geométricas de la parábola. Se tiene que el punto focal se encuentra a 15 cm del vértice.

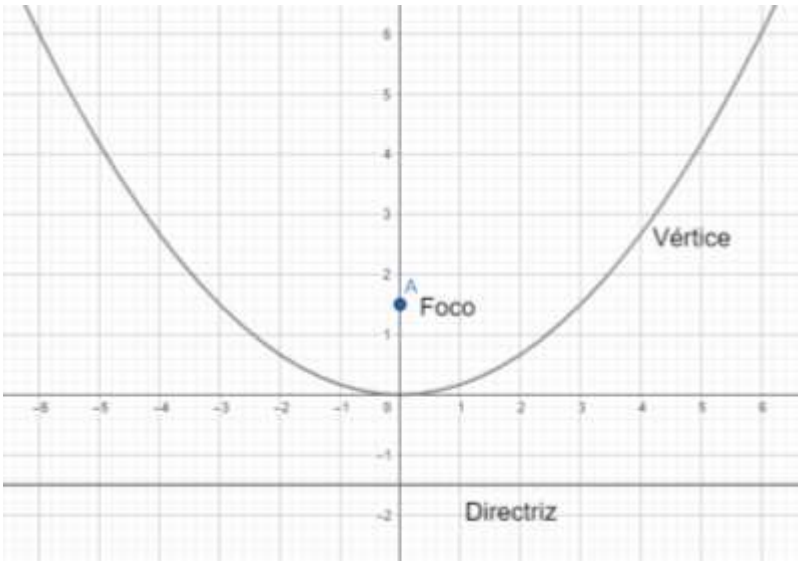

Figura 5. Posición del foco en la parábola. Elaboración propia

Donde el vértice define la apertura de la parábola y la forma cilíndrica del concentrador.

Al obtener la gráfica de la parábola se determinan las dimensiones del reflector con una longitud de 80 cm y altura de 30cm.

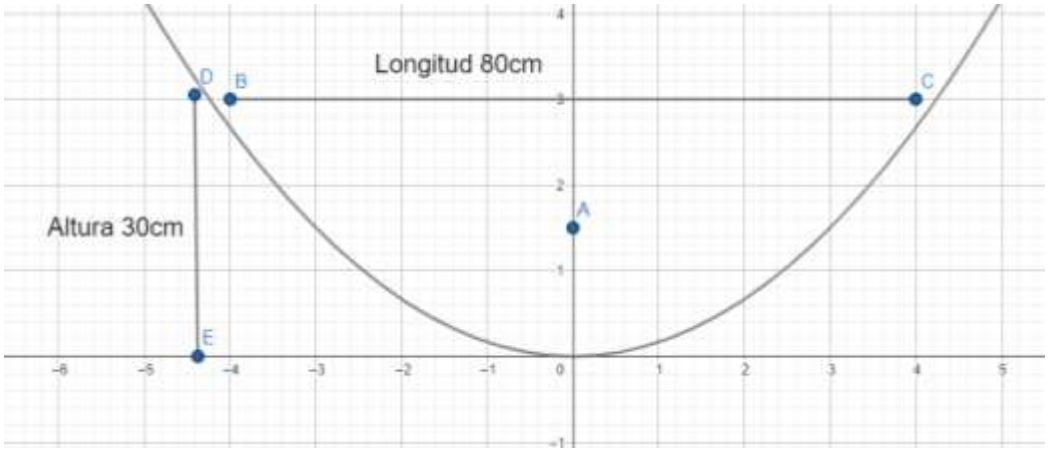

Figura 6. Dimensiones del concertador solar parabólico. Elaboración propia

La longitud del canal parabólico resultó de 90 cm de largo.

Sistema de seguidor solar.

El Concentrador solar Cilíndrico Parabólico (CCP) cuenta con un sistema de seguimiento del movimiento aparente del sol, para optimizar el aprovechamiento de la radiación solar. La máxima captación se consigue al posicionar constantemente el concentrador perpendicular a los rayos del sol. Lo que se consigue al integrar al concentrador un sistema de movimiento de seguimiento del sol.

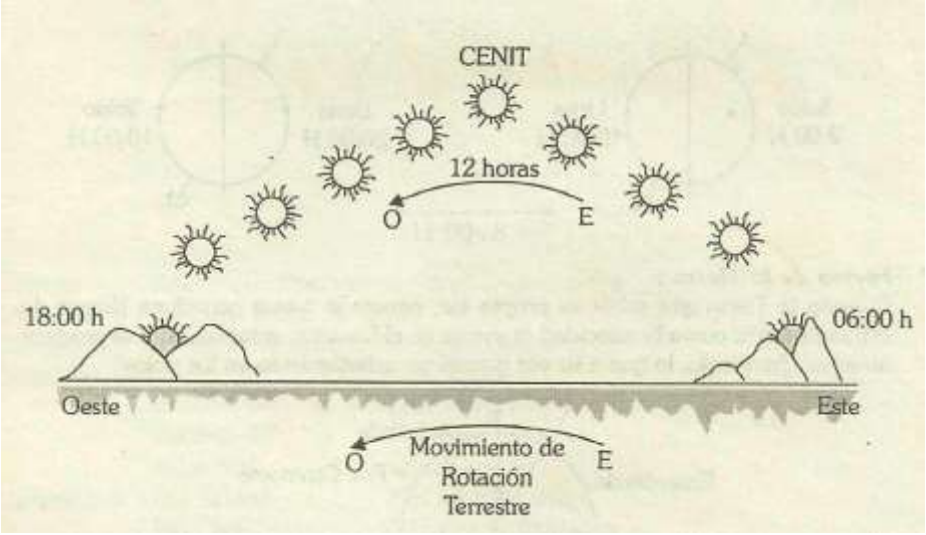

Figura 7 Movimiento aparente del sol

El sistema de seguimiento se realiza con un movimiento angular de norte a sur sobre un solo eje situado en el foco de la parábola. La calibración del concentrador se realiza periódicamente cada 10 minutos.

El movimiento se realiza con un motor a pasos capaz de girar de izquierda a derecha con una precisión de 1.8°, el cual trasfiere el movimiento entre ejes por medio de una correa dentada o correa de sincronización M5.

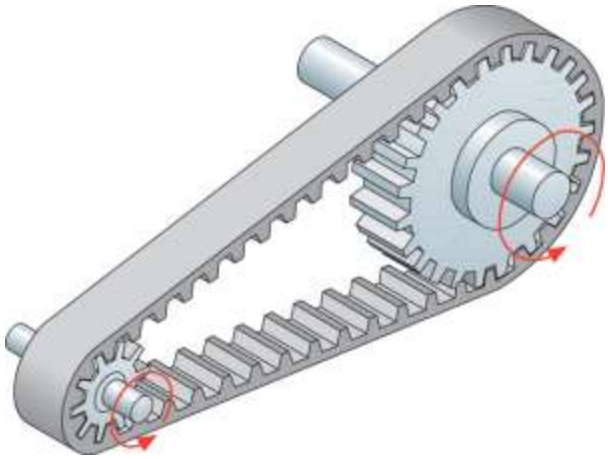

Figura 8. Correa de transmisión de movimiento

El sistema de control incorpora dos sensores foto resistores (LDR), colocados a la par sometidos constantemente a los rayos de sol, separados por una barrera la cual se encarga de generar sombra en un solo sensor, de esta forma en cierto momento recibe distinta radiación, generando diferente valor entre ambos sensores.

La barrera proyecta una sombra solo en el sensor S1, el motor gira para mover el concentrador hasta que desaparezca la sobra sobre S1, cuando la iluminación en los dos LDR S1 y S2 sea la misma el motor se detiene.

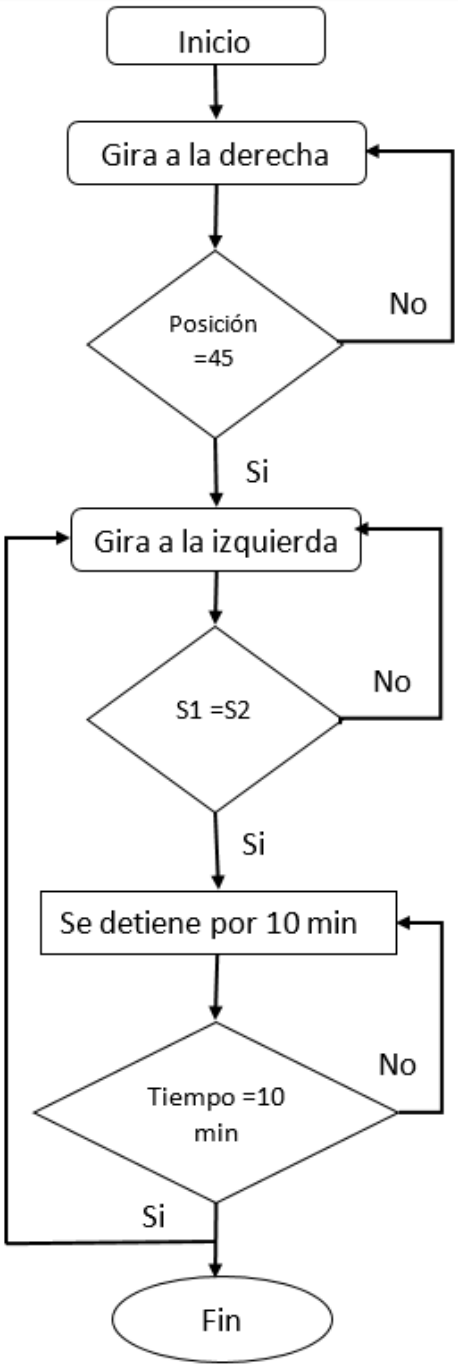

Figura 9. Diagrama de flujo de colocación automática. Elaboración propia

Determinación de los parámetros para la cocción completa del pescado.

Se realiza un estudio experimental que nos permita caracterizar el proceso de fabricación de biofertilizante y harina de pescado a partir de los desechos de productos marinos de las comunidades rurales de Campeche, se contempla el uso de energía solar para la fabricación.

El estudio tiene un enfoque cuantitativo lo que permite conocer y analizar las variables implicadas en el proceso de fabricación del fertilizante, del estudio se obtiene la caracterización del proceso de cocción con los parámetros adecuados para su elaboración.

El tratamiento que reciben los desechos de pescado para fabricar el biofertilizante y la harina de pescado comienza con la cocción a una temperatura mínima 80 ˚C, la cocción coagula las proteínas de los tejidos y esteriliza el producto. Para el proceso de cocción se requiere el diseño y construcción del equipo termosolar. Para determinar las características del equipo se emplearon dos procesos de cocción por baño maría y cocción con estufa solar.

Cocción por baño maría

La mezcla de restos de pescado compuesta de viseras, cabezas y peces pequeños completos se colocaron en vaso de precipitado, para su cocción por inmersión en agua a 80 ˚C en baño maría con una duración de 5 horas.

Figura 10. Cocción por baño maría. Elaboración propia

Cocción con estufa solar

En una estufa solar improvisada se coció una muestra de 682g de restos de pescado compuesta de viseras, cabezas y peces pequeños completos. La cocción tuvo una duración de 5 horas alcanzando una temperatura máxima de 83°C.

Figura 11 Cocción en estufita solar. Elaboración propia

Prensado para la separación de sólidos y líquidos

La materia solida resultante del prensado se convierte en harina de pescado, para ello se requiere realizar un secado solar para extraer la humedad. Poster al secado se realiza molido para obtener la harina de pescado

El proceso de prensado cumple dos funciones, la extrusión máxima de líquidos lixiviados y obtener una torta con todos los sólidos con la mínima humedad posible, para facilitar el secado al sol. Se obtuvieron 347.78g de materia sólida y 286.7g de líquidos lixiviados.

Figura 12 Prensado para separar sólidos y líquidos. Elaboración propia

Determinar la cinética del secado solar.

Secado solar

De la materia sólida recuperada 70g se destinaron para determinar el contenido de humedad, por lo tanto, se realizaron pruebas de deshidratación a 277.7676g por un tiempo de 8 horas y con una temperara máxima alcanza de 60°C.

Se realizaron 6 pruebas obteniendo un promedio de 64.68% de humedad en la torta.

$$\%\, humendad = \frac{Pi - Pf}{Pi} x100$$

$$\%\, humendad = \frac{10.0289 - 3.6178}{10.0289} x100$$

$$\%\, humendad = 63.9262$$

En la fabricación de harina de pescado se considera una tolerancia máxima de humedad del 10%, la gráfica 1.1 representa la cinética de pérdida de humedad respecto al tiempo durante el secado solar obteniendo al final un 4.5 % de humedad.

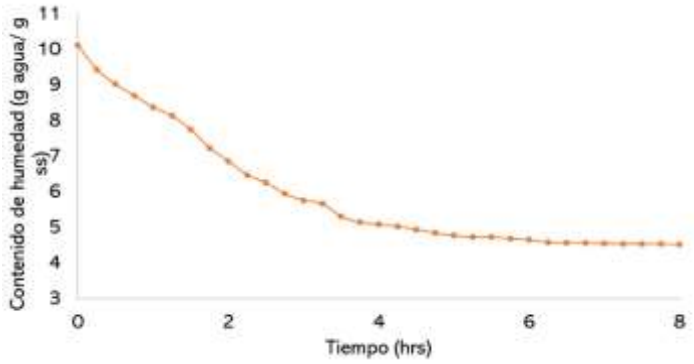

Figura 13 Pérdida de humedad. Elaboración propia

La gráfica 1.2 representa la velocidad de secado, debido a las variaciones climatológicas y carencia de control de temperatura en la cámara de secado del secador. Se tiene que la velocidad de pérdida de humedad no es constante.

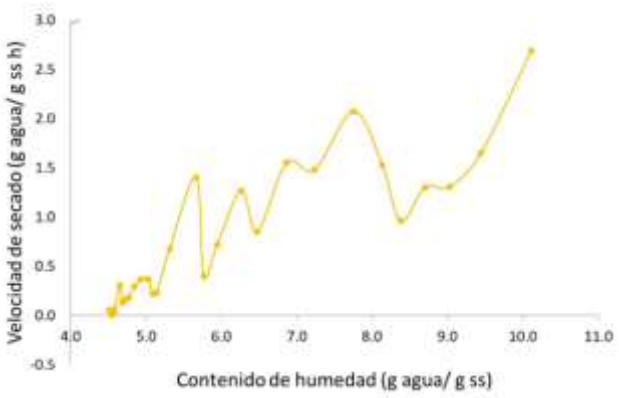

Figura 14 velocidad de secado. Elaboración propia

Al final se obtuvieron 174.7197g de materia deshidratada que pasaría a ser molida para fabricar harina de pescado.

Del peso inicial se obtiene un rendimiento de producción de harina de pescado del 25.6187%

$$Rendimiento = \frac{174.7197g * 100\%}{682g}$$

$$Rendimiento = 25.6187\%$$

Proceso de fabricación del biofertilizante

Biodigestor

Posterior a la cocción se realiza un prensado para separar la materia líquida de la sólida. Los líquidos lixiviados son sometidos a un proceso de fermentación, para acelerar la descomposición orgánica se utiliza yogurt natural como catalizador. Los microorganismos encargados de la descomposición requieren una

temperatura de 37 °C para su proliferación, por lo tanto, este proceso requiere la construcción de un biodigestor con control de temperatura.

En el proceso antes mencionado se requiere del diseño y la construcción de biodigestor con control de temperatura. Se debe de incorporar un agitador automático a baja velocidad, encargado de remover los líquidos para garantizar una mezcla homogénea y una transferencia de calor óptima.

Para preparar el biol, los líquidos lixiviados ($286.7g$) representan el 90% de la mezcla, el 10% restante se completa con yogurt natural.

$$yogurt\ natural = \frac{286.7g - 10\%}{90\%}$$

$$yogurt\ natural = 31.85\text{g}$$

Figura 15 Preparación del biol. Elaboración propia

Para simular un ambiente propicio para la proliferación se coloca a baño maría a una temperatura constante de 37°C por un tiempo de 5 horas.

Figura 16 Mezcla colocada a temperatura constante. Elaboración propia

Del peso inicial se obtiene un rendimiento producción de líquidos lixiviados de 42%

$$Rendimiento = \frac{286.7g * 100\%}{682g}$$

$$Rendimiento = 42\%$$

Considerando que la mezcla obtuvo un peso inicial de: 318.55g, al final de la fermentación se obtiene un peso de 311.4g de fertilizante.

Establecer la línea del proceso.

El siguiente diagrama representa los procesos necesarios para la fabricación de harina de pescado y biofertilizante.

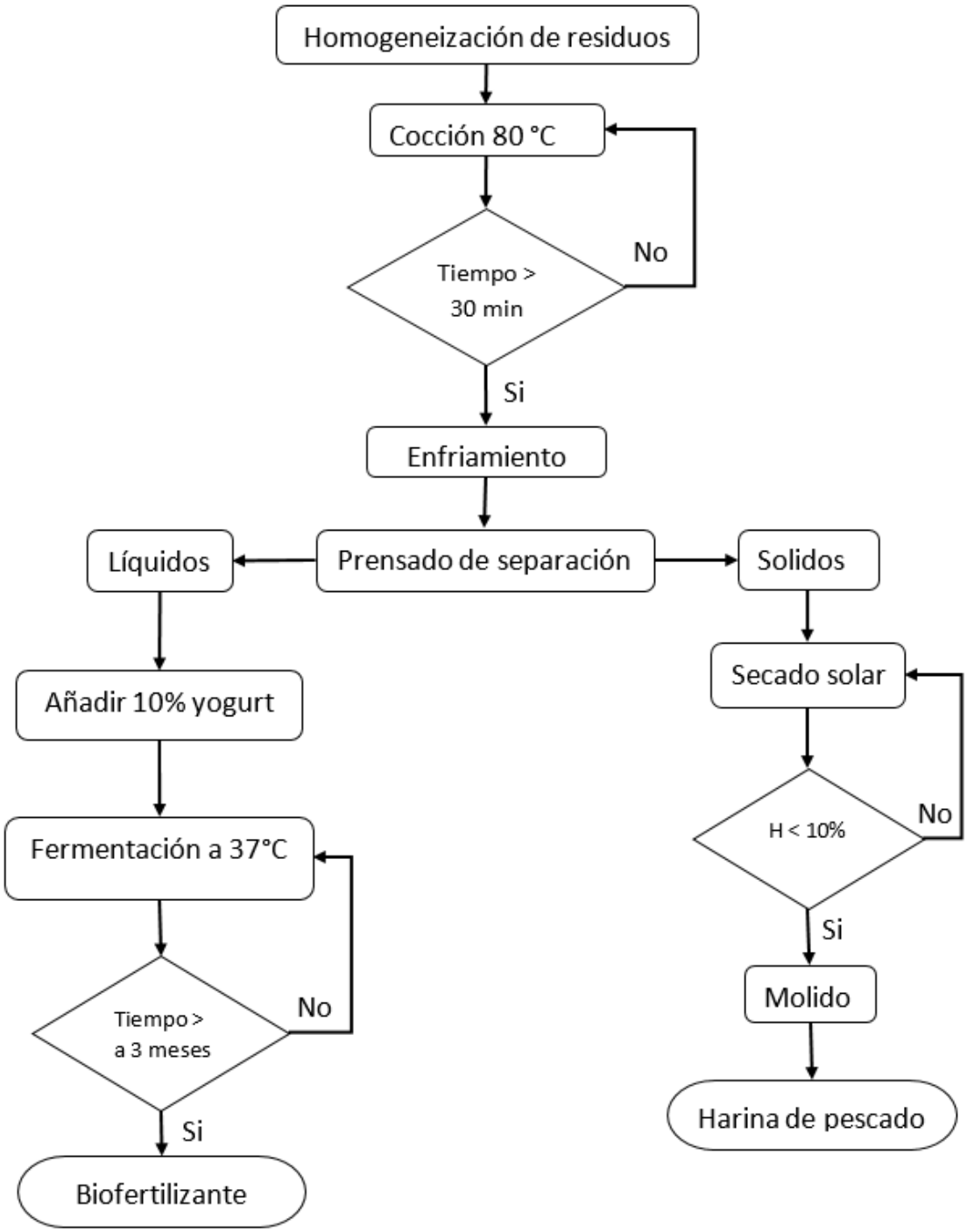

Figura 17 diagrama de los procesos. Elaboración propia

8. Resultados

Análisis Bromatológicos de la harina de pescado

El objetivo de la elaboración de la harina de pescado es obtener un fertilizante con el aporte balanceado de los macronutrientes NO_3, P, K, Ca, Mg y N. Garantizar que las partículas sean fáciles de homogeneizar con los suelos o sustratos, y asegurar que sean de fácil absorción y asimilación por las plantas, y no se presente algún riesgo de contaminación en los cultivos.

Se realizan los siguientes análisis bromatológicos para determinar los parámetros nutricionales y calidad de harina de pescado.

Humedad:

Se determinó mediante el método de desecación colocando 6 muestras en cajas de Petri en una estufa a una temperatura de 80°C por 24 horas, 3 muestras pertenecen al tratamiento de cocción por estufa solar y las otras por cocción por baño maría.

Cálculo del contenido de humedad tratamiento por cocción estufa solar.

$$\%\, humendad = \frac{Pi - Pf}{M} x100$$

$$\%\, humendad = \frac{46.4739 - 46.0783}{5.0278} x100$$

$$\%\, humendad = 7.8682$$

$$\%\, humendad = \frac{48.7956 - 48.3910}{5.0079} x100$$

$$\%\, humendad = 8.0892$$

$$\%\ humendad = \frac{51.2668 - 50.8840}{5.0450} x100$$

$$\%\ humendad = 7.5857$$

Con un promedio de 7.8859%

Cálculo del contenido de humedad tratamiento por cocción baño maría.

$$\%\ humendad = \frac{Pi - Pf}{M} x100$$

$$\%\ humendad = \frac{51.4739 - 51.0740}{5.0053} x100$$

$$\%\ humendad = 7.9875$$

$$\%\ humendad = \frac{47.7817 - 47.3740}{5.0146} x100$$

$$\%\ humendad = 8.1382$$

$$\%\ humendad = \frac{49.7818 - 49.3990}{5.0150} x100$$

$$\%\ humendad = 7.6370$$

Con un promedio de 7.9209%

Grasa:

El contenido de grasa se determinó siguiendo el método de Método Soxhlet, se emplean para determinar el contenido de grasa en muestras sólidas. La extracción

semicontinua con un disolvente orgánico. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso.

Cálculo del contenido de grasa tratamiento por cocción estufa solar.

$$\%\ humendad = \frac{Pm + g - Ps}{gr\ muestra} x100$$

$$\%\ grasa = \frac{116.0214 - 114.9979}{7.0207} x100$$

$$\%\ grasa = 14.5783$$

Cálculo del contenido de grasa tratamiento por cocción a baño maría.

$$\%\ grasa = \frac{116.0214 - 114.9979}{7.0207} x100$$

$$\%\ grasa = 14.5783$$

Minerales

Para determinar el porcentaje de minerales se determinó por el método de incineración de materia orgánica, El tratamiento térmico se realiza a una temperatura de 100°C, lo que origina que el agua y otros componentes volátiles son expulsados en forma de vapores. Al incinerar la materia orgánica se obtienen las cenizas que contienen todos los residuos inorgánicos.

Cálculo del contenido de minerales tratamiento por cocción estufa solar.

$$\%\ cenizas = \frac{(Pm - Pf)}{Pm} * 100$$

$$\% \, cenizas = \frac{35.5321 - 31.6032}{35.5321} x100$$

$$\% \, cenizas = 11.0573$$

$$\% \, cenizas = \frac{31.4320 - 31.6032}{31.4320} x100$$

$$\% \, cenizas = 12.4159$$

Con un promedio de 11.73%

Cálculo del contenido de minerales tratamiento por cocción baño maría.

$$\% \, cenizas = \frac{(Pm - Pf)}{Pm} * 100$$

$$\% \, cenizas = \frac{35.2554 - 31.3462}{35.2554} x100$$

$$\% \, cenizas = 11.08$$

$$\% \, cenizas = \frac{41.9502 - 38.0228}{41.9502} x100$$

$$\% \, cenizas = 9.3620$$

Con un promedio de 10.22%

Proteína

Se determinó mediante el método Kjeldahl o digestión de Kjeldahl, que es empleado como análisis químico de alimentos para determinar el contenido de proteína y nitrógeno. Se realiza en tres pasos: digestión, destilación y valorización. Es análisis volumétrico que nos permite determinar el resultado en porcentaje.

Cálculo del contenido de proteína tratamiento por cocción estufa solar.

Volumen final 70.8

$$\% Ps = \frac{0.014\ x\ Vf\ x\ 0.098}{M} * 100\ x\ 6.25$$

$$\% Ps = \frac{0.014\ x\ 70.8\ x\ 0.098}{1.0023} * 100\ x\ 6.25$$

$$\% Ps = \ 60.5716$$

Cálculo del contenido de proteína tratamiento por cocción baño maría.

Volumen final 74.7

$$\% Ps = \frac{0.014\ x\ Vf\ x\ 0.098}{M} * 100\ x\ 6.25$$

$$\% Ps = \frac{0.014\ x\ 74.7\ x\ 0.098}{1.0030} * 100\ x\ 6.25$$

$$\% Ps = \ 63.8636$$

Nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno se determina mediante el procedimiento anterior solo con una variación en la formula.

Cálculo del contenido de proteína tratamiento por cocción estufa solar.

Volumen final 70.8

$$\% Ps = \frac{0.014\ x\ Vf\ x\ 0.098}{M} * 100$$

$$\% \, Ps = \frac{0.014 \, x \, 70.8 \, x \, 0.098}{1.0023} * 100$$

$$\% \, Ps = \ 9.6914$$

Cálculo del contenido de proteína tratamiento por cocción baño maría.

Volumen final 74.7

$$\% \, Ps = \frac{0.014 \, x \, Vf \, x \, 0.098}{M} * 100$$

$$\% \, Ps = \frac{0.014 \, x \, 74.7 \, x \, 0.098}{1.0030} * 100$$

$$\% \, Ps = \ 10.2181$$

Como resultado de los Análisis bromatológicos se tiene:

Tabla 3 Propiedades organolépticas de la harina de pescado

	Método de cocción	
	Estufa solar	Baño María
Minerales	11.73%	10.22%
Grasa	14.5783%	13.5251%
Proteínas	60.5716%	63.8636%
Nitrógeno	9.6914%	10.2181%
Humedad	7.8859%	7.9209%

Prueba del diseño y funcionamiento de estufa solar

Los dos procesos de cocción realizados anteriormente permitieron caracterizar el cosido donde se termina que una temperatura mínima de 70°C y constante por un tiempo mínimo de 60 minutos es suficiente para realizar la cocción.

Figura 18 Estufa solar. Elaboración propia

Para determinar el correcto fruncimiento de la cocina solar se desarrollaron dos experimentos cocciones. Donde a la muestra se le coloco un Data Logger para censar y registrar la temperatura, sensor 1 en el centro de recipiente, sensor 2 en borde del recipiente, y sensor 3 registrar temperatura ambiente a la sombra.

Figura 19 Recipiente en la estufa solar. Elaboración propia

Dentro del recipiente se colocaron el sensor 1 y sensor 2, para censar la temperatura en diferentes partes del recipiente y de la mezcla para terminar que la cocción se realizará de forma uniforme y determinar si se genera gradiente entre las temperaturas.

Para la primera corrida experimental se registró una temperatura máxima de 80°C, con un gradiente no mayor a los 10°C. Con una temperatura ambiente oscilante entre los 37°C a 40°C.

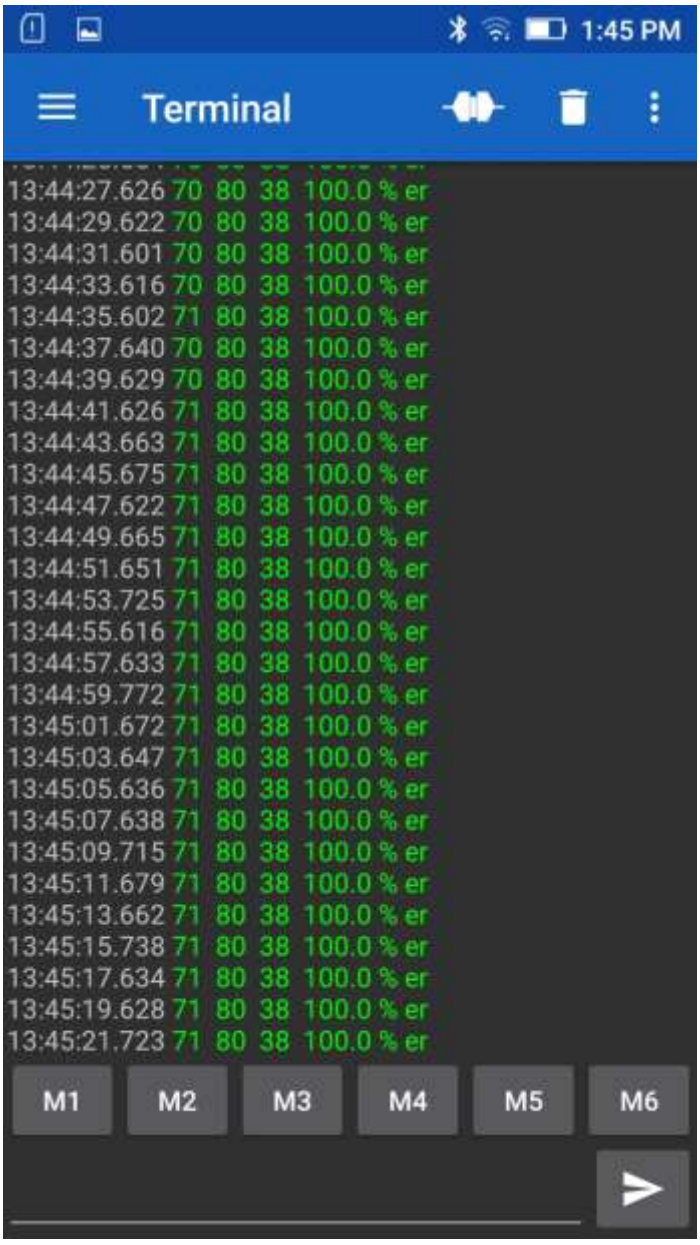

Figura 20 Captura de pantalla del registro de temperaturas del data logger en la primera cocción.

Elaboración propia

La duración de la cocción duro 4 horas con 20 minutos, donde por 1 hora y 40 minutos se registran temperaturas superiores a los 70°C, con lo cual se garantizan los parámetros mínimos para realizar una cocción exitosa.

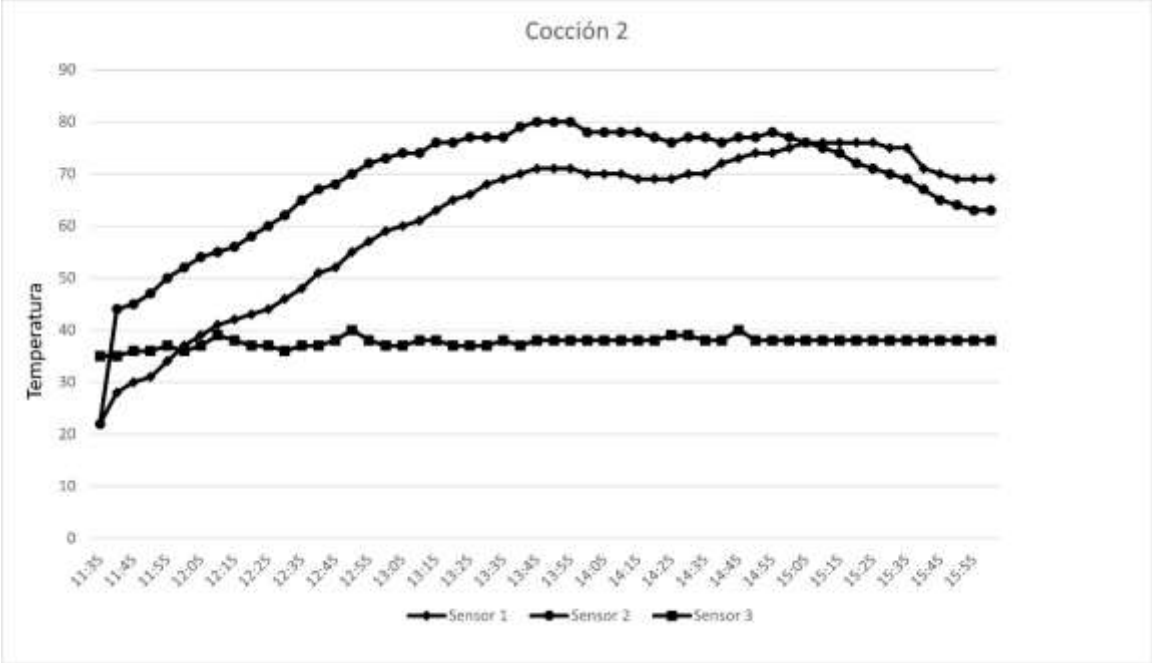

Figura 21 Temperaturas registradas en proceso de la primera cocción. Elaboración propia

Para la segunda corrida experimental se registró una temperatura máxima de 81°C, con un gradiente no mayor a los 10°C. Con una temperatura ambiente oscilante entre los 37°C a 40°C.

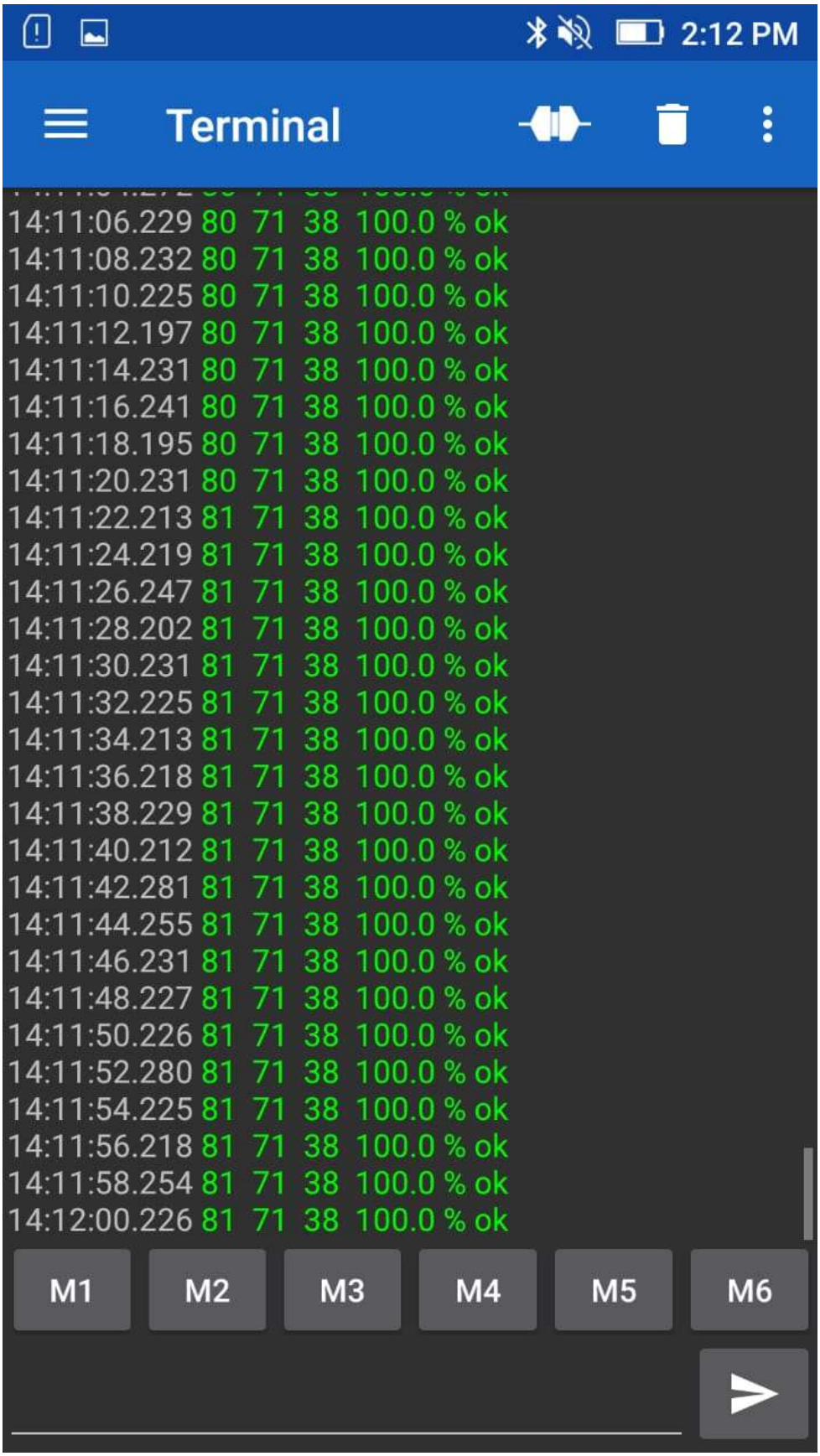
2:12 PM
Terminal
14:11:06.229 80 71 38 100.0 % ok
14:11:08.232 80 71 38 100.0 % ok
14:11:10.225 80 71 38 100.0 % ok
14:11:12.197 80 71 38 100.0 % ok
14:11:14.231 80 71 38 100.0 % ok
14:11:16.241 80 71 38 100.0 % ok
14:11:18.195 80 71 38 100.0 % ok
14:11:20.231 80 71 38 100.0 % ok
14:11:22.213 81 71 38 100.0 % ok
14:11:24.219 81 71 38 100.0 % ok
14:11:26.247 81 71 38 100.0 % ok
14:11:28.202 81 71 38 100.0 % ok
14:11:30.231 81 71 38 100.0 % ok
14:11:32.225 81 71 38 100.0 % ok
14:11:34.213 81 71 38 100.0 % ok
14:11:36.218 81 71 38 100.0 % ok
14:11:38.229 81 71 38 100.0 % ok
14:11:40.212 81 71 38 100.0 % ok
14:11:42.281 81 71 38 100.0 % ok
14:11:44.255 81 71 38 100.0 % ok
14:11:46.231 81 71 38 100.0 % ok
14:11:48.227 81 71 38 100.0 % ok
14:11:50.226 81 71 38 100.0 % ok
14:11:52.280 81 71 38 100.0 % ok
14:11:54.225 81 71 38 100.0 % ok
14:11:56.218 81 71 38 100.0 % ok
14:11:58.254 81 71 38 100.0 % ok
14:12:00.226 81 71 38 100.0 % ok
M1
M2
M3
M4
M5
M6

Figura 22. Captura de pantalla del registro de temperaturas del data logger en la segunda cocción. Elaboración propia

La duración de la cocción duro 5 horas con 15 minutos, donde por 1 hora y 45 minutos se registran temperaturas superiores a los 70°C, con lo cual se garantiza los parámetros mínimos para realizar una cocción exitosa.

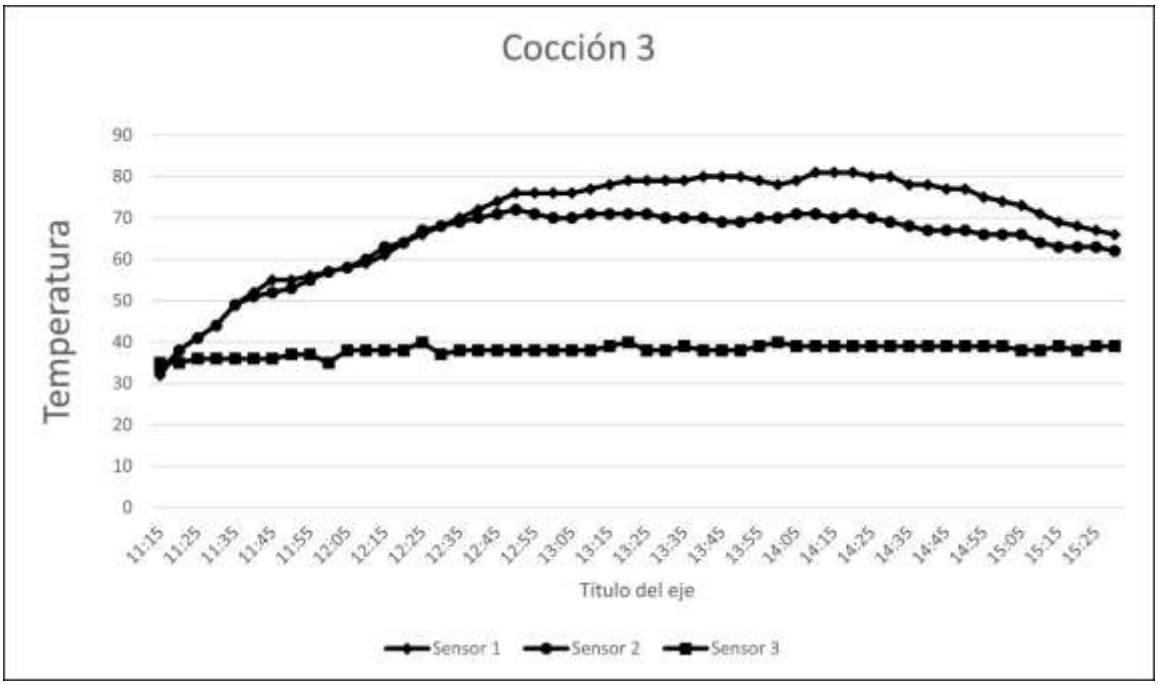

Figura 23 Temperaturas registradas en proceso de la segunda cocción. Elaboración propia

Preparación de harina de pescado

Para la primera corrida experimental se coció una muestra de 760g de restos de pescado compuesta de viseras, cabezas y peces pequeños completos. La cocción tuvo una duración de 1 hora y 40 minutos alcanzando una temperatura máxima de 80°C.

Figura 24 Cocción en estufita solar primera corrida. Elaboración propia

Para la preparación de la harina de pescado el caldo es prensado para separar la materia sólida de la líquida. Se obtuvieron 447.8g de materia sólida y 306.9g de líquidos lixiviados.

Figura 25 Prensado de la primera corrida. Elaboración propia

Para la preparación de la harina de pescado, la materia sólida resultante del prensado, es colocada en mallas para ser secada por el método de secado solar para extraer la máxima humedad posible. Posterior al secado se muele el producto para obtener la harina de pescado.

Figura 26 Secado de la primera corrida. Elaboración propia

Se realizaron pruebas de deshidratación a 477.8g por un tiempo de 5 horas y 15 minutos, con una temperara máxima alcanza de 83°C.

Se realizaron 8 pruebas obteniendo un promedio de 66.92% de humedad en la torta.

$$\%\, humendad = \frac{Pi - Pf}{Pi} x100$$

$$\%\, humendad = \frac{59.7535 - 16.3732}{59.7535} x100$$

$$\%\, humendad = 64.8503\%$$

En la fabricación de harina de pescado se considera una tolerancia máxima de humedad del 10%, Al final se obtuvieron 135.5275g de materia deshidratada que pasaría a ser molida para fabricar harina de pescado.

Del peso inicial se obtiene un rendimiento producción de harina de pescado del 28.4134%

$$Rendimiento = \frac{135.5275g * 100\%}{760g}$$

$$Rendimiento = 17.8325\%$$

Para **la segunda corrida experimental** se coció una muestra de 667g de restos de pescado compuesta de viseras, cabezas y peces pequeños completos. La cocción tuvo una duración de 1 hora y 45 minutos alcanzando una temperatura máxima de 81°C.

Figura 27 Cocción en estufita solar segunda corrida. Elaboración propia

Para la preparación de la harina de pescado el caldo es prensado para separar la materia sólida de la líquida. Se obtuvieron 322.2g de materia sólida y 272.6 g de líquidos lixiviados.

Figura 28 Prensado de la segunda corrida. Elaboración propia

Para la preparación de la harina de pescado, la materia sólida resultante del prensado, es colocada en mallas para ser secada por el método de secado solar para extraer la máxima humedad posible. Posterior al secado se realiza molido para obtener la harina de pescado.

Figura 29 Secado de la primera corrida. Elaboración propia

Se realizaron pruebas de deshidratación a 322.2g por un tiempo de 6 horas con 45 minutos y con una temperara máxima alcanza de 80°C.

Se realizaron 6 pruebas obteniendo un promedio de 62.07% de humedad en la torta.

$$\%\ humendad = \frac{Pi - Pf}{Pi} x100$$

$$\%\ humendad = \frac{28.4909 - 10.0245}{28.4909} x100$$

$$\%\ humendad = 64.8151\%$$

En la fabricación de harina de pescado se considera una tolerancia máxima de humedad del 10%, Al final se obtuvieron 122.4977g de materia deshidratada que pasaría a ser molida para fabricar harina de pescado.

Del peso inicial se obtiene un rendimiento producción de harina de pescado del 18.3654%

$$Rendimiento = \frac{122.4977g * 100\%}{667g}$$

$$Rendimiento = 18.3654\%$$

Preparación del biol

De las dos corridas experimentales anteriores se obtuvo un volumen de 579.5g de líquidos lixiviados, el cual representa el 90% de la mezcla, el 10% restante se completa con yogurt natural.

$$yogurt\ natural = \frac{579.5g - 10\%}{90\%}$$

$$yogurt\ natural = 64.38\text{g}$$

La mezcla se deja reposar un tiempo no mayor a 2 días con la finalidad que la descomposición de la materia orgánica no genere olores desagradables.

Figura 30 Secado de la primera corrida. Elaboración propia

Para la preparación del hidrolizado de pescado se utiliza ácido sulfúrico como catalizador para aceleración del hidrolizado, proceso encargado de romper las proteínas en trozos muy pequeños, llamados péptidos.

Figura 31 Biol al ser agregado el ácido sulfúrico. Elaboración propia

Para el volumen obtenido de 800mL se agregó ácido sulfúrico al 6% por cada 100mL, dando un total de 48ml de ácido sulfúrico. La mezcla se deja reposar por 3 días para garantizar la hidrolisis.

Debido al porcentaje del ácido sulfúrico agregado, el biol resulto con un PH de 0.4, para neutralizar el ácido, se agregó hidróxido de potasio hasta dejar el biol con PH de 6.6.

9. Discusión

En las últimas décadas, se han llevado a cabo diversos estudios para aprovechar los residuos de pescado y convertirlos en subproductos, destacando la producción de biofertilizantes. Para esto, se emplean varios métodos como la fermentación aeróbica, la fermentación anaeróbica y los hidrolizados, especialmente para

fertilizantes en presentación líquida. En cuanto a los fertilizantes en presentación sólida, uno de los productos elaborados es la harina de pescado

En este trabajo, se desarrolló un proceso para elaborar fertilizantes a partir de desechos de pescado, utilizando equipos solares. El fertilizante líquido producido en esta investigación se obtuvo mediante el método de hidrolizado. Para analizar los resultados, se revisó la literatura enfocada en la elaboración de biol a partir de hidrolizado de pescado. Se realizó una comparativa entre los resultados físicos y químicos obtenidos en la elaboración de fertilizantes de hidrolizados de pescado.

Para la preparación del hidrolizado (referencia), utilizo aleta, las vísceras, cabeza y escamas de pescado, para favorecer el proceso enzimático empleando como catalizadores, tierra vegetal, bromelina cruda extraída de las hojas y del fruto maduro de A.comosus (piña), extractos acuosos de hojas frescas de Croton aromaticus y lantana cámara y 50 g de ceniza de cáscara de coco. El proceso tuvo una duración de 8 semanas, se tiene como resultado 5.7% de nitrógeno, 0.50% de fósforo y 1.82% potasio y un pH de 7.0.

Para la recuperación de fosforo a partir de cenizas de huesos de pescado (referencia) emplea el método de lixiviación acida, utilizo ácido sulfúrico (H_2SO_4) en diferentes concentraciones hasta determinar el estado óptimo de recuperación de P. Con un tiempo de reacción de 90 minutos fue suficiente para la disolución completa de las cenizas de huesos, como resultado el fertilizante presenta 0.05% de fósforo y 1.51% de potasio.

(referencia) Para la recuperación de nutrientes y aminoácidos de los subproductos de la trucha tales como estómago, intestino, hígado, corazón, sangre y gónadas, se empleó el proceso de hidrólisis. Para favorecer la hidrólisis enzimática, los subproductos fueron molidos y mezclados con proteasa al 0.33% a 60 °C durante 5 días. Se obtuvo como resultado un contenido de 1.2% de nitrógeno, 0.11% de fósforo y 0.55% potasio, con un pH de 5 a 6.

(referencia) Realizó la conversión biológica de desechos de peces marinos a un fertilizante líquido orgánico enriquecido con nutrientes utilizando bacterias Bacillus subtilis y melaza como agente catalizador dejando fermentar durante 25 días. El análisis físico-químico arrojó un contendió de 1.0% de nitrógeno, 0.37% de fósforo y 0.39% potasio y con un pH de 5.9.

La tabla 4 muestra los desechos o subproductos de pescado empleados en los estudios mencionados anteriormente. En la tabla 5 se presentan las sustancias o catalizadores agregados a los desechos para favorecer el proceso enzimático. Finalmente, la tabla 6 contiene los resultados físico-químicos, donde se analizan los porcentajes de NPK en el fertilizante y el pH final obtenido.

Tabla 4 desechos de pescado empleado la elaboración de fertilizantes

Residuos de pescado					
	Aletas	Vísceras	Cabeza	Escamas	Espinas
Ranasinghe, 2021	x	x	x	x	
Darwish, 2020				x	
Florez 2020		x			
Aranganathan 2016	x	x	x	x	x

Tabla 5 catalizador empleado para la hidrolisis

Catalizadores empleados para el proceso enzimático	
Ranasinghe, 2021	Bromelina cruda de Ananas comosus
Darwish, 2020	Ácido sulfúrico (H2SO4)
Florez 2020	Proteasa
Aranganathan 2016	bacterias Bacillus subtilis

Tabla 6 resultados físico-químicos

Resultados físico-químicos				
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	pH
Ranasinghe, 2021	5.7%	0.5%	0.82%	7.0
Darwish, 2020	-	0.05%	1.51%	-
Florez 2020	1.2%	0.11%	0.55%	5 a 6
Aranganathan 2016	1.0%	0.37%	0.39%	5.9
Bustamante 2024	0.45%	-	-	6.6
- no especificado				

Para la evaluación de los resultados obtenidos se tiene algunas normas que establecer valores mínimos y máximos para estimar la calidad de bio fertilizante en presentación de compost donde, la norma técnica colombiana NTC 5167/2011 establece cuales son los valores mínimos de N>1%, P>1% y K>1% y un pH con un rango de 4 a 9. Según la Norma Chilena NCh 2880 (2004) los valores físico-químicos mínimos requeridos N>0.8%, P<5%, K>1% y un valor del pH de 5 a 7.5. Menciona que OMS y FAO establecen parámetros de calidad para el compost con

valores del pH de 6 a 9, N>0.5 al 3.5%, P 0.3 al 1.8%, K no especificado. La norma técnica peruana NTP 201.207 señala valores de pH de 5 a 8.5, N>0.3 al 1.5%, P 0.1 al 1%, K 0.3 al 1%.

Tabla 7 Comparación resultados físico-químicos del biol

Resultados físico-químicos					
Indicador		NTC	NCh	OMS y FAO	NTP
pH	6.6	4 - 9	5 - 7.5	6 a 9	5 - 8.5
N	0.45%	> 1%	> 0.8%	0.5 - 3.5%	0.3 - 1.5%
P	%	> 1%	< 5%	0.3 - 1.8%	0.1 - 1%
K	%	> 1%	> 1%	-	0.3 - 1%
- no especificado					

Los valores del análisis físico-químicos del biol elaborado en este experimento resultaron más bajos que los establecidos en normas y reportados en otras experimentaciones.

El uso de harina de pescado como fertilizante es una excelente opción para el reciclaje de subproductos del pescado. Se realizó un estudio para elaborar harina de pescado a partir de desechos de bagre brasileño (Brachyplatystoma vaillantii). Los residuos utilizados incluían peces completos, aletas pectorales y restos del fileteado. Estos restos fueron lavados y colocados en un secador de circulación forzada. Se llevaron a cabo tres corridas experimentales a 50, 60 y 70 °C. Como

resultado, se determinó que la mejor condición para preparar la harina de pescado es a 60 °C, obteniéndose resultados físico-químicos que indicaron 78.36% de humedad, 9.52% de proteínas, 10.80 g/100 g de lípidos y 18.41 mg de TVB-N/100 g.

AnchoisFert: A New Organic Fertilizer from Fish Processing Waste for Sustainable Agriculture

La extracción de aceite de pescado de Engraulis encrasicolus (anchoa) es producto que en los últimos años a tomado relevancia en le mercado, la fracción de aceite extraída comprende solo el 10% del peso de la anchoa sobrante. Por lo tanto, el sobrante solido resultante del proceso de extracción, es una fuente de proteínas, minerales y carbono. Los residuos sólidos son secados en un horno a 90°C. la harina obtuvo como resultado 12%, potasio 5.5 mg g-1 y fosfato 5,6 mg g−1. Se evaluó si eficiencia en cultivo de Allium cepa (cebolla).

10 conclusiones

La elaboración de fertilizantes orgánicos a partir de desechos o subproductos del pescado a resultado una de las mejores opciones para el aprovechamiento integral de la materia prima encontrado un valor agregado a dichos desperdicios. En la actualidad la agricultura orgánica ha tomado un papel importante en el reciclaje de nutrientes para fomentar la economía circular en cultivos de horticultura y actividades campesinas. Los biofertilizantes pueden solucionar los

problemas de adquisición y accesibilidad a los fertilizantes sintónicos para algunas poblaciones o comunidades.

El reciclaje de desperdicios de pescado ha demostrado ser una fuente importante de N, P y K, el fertilizante hidrolizado de pescado puede ser una buena fuente de N para suplir la demanda de los cultivos. Los desechos de pescado se pueden procesar de muchas maneras para producir fertilizantes tanto líquidos como sólidos y se puede combinar con otros ingredientes, para producir compost, hidrolizados y harinas.

Para la elaboración de harina de pescados se puede incluir varios pasos de procesamiento los cuales puede varían, se comienza por el molido, cocción, prensado o centrifugación, secado de materiales sólidos y molienda de materiales secos hasta el tamaño de partícula deseado.

La cocción de los desechos de pescado en la cocina solar a una temperatura de 70 a 80 °C durante una hora resulto eficaz para desnaturalizan de las proteínas del pescado, el secado solar a una temperatura máxima de 83 °C fue suficiente para obtener una humedad final menos al 8%.

En la elaboración del biol se realiza un proceso de hidrolizado el cual puede ser químico o enzimático, el agregar un compuesto químico o materia orgánica ha demostrado favorecer el proceso de hidrólisis y disponer en menos tiempo del biofertilizante, el utilizar Ácido sulfúrico (H_2SO_4) con un porcentaje de 1 a 6% demostrado que la hidrolisis puede realizarse en horas, es importante considerar que el Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 6% dio como resultado un pH de 0.4 por lo cual

se tuvo que neutralizar con hidróxido de potasio, hasta alcanzar un pH de 6.6. por lo tanto, es recomendar utilizar porcentajes de 1 a 2 % Ácido sulfúrico (H2SO4) para que solución no resulte tan acida.

11 Referencias

1. Mukhtar B. Renewable Energy for Sustainable Socio-Economic Development in Developing Countries: A Case Study of Sub-Saharan Africa. Adv Mater Res. 2015;1116:33.

2. Carella F, Seck M, Esposti LD, Diadiou H, Maienza A, Baronti S, et al. Thermal conversion of fish bones into fertilizers and biostimulants for plant growth-A low tech valorization process for the development of circular economy in least developed countries. J Environ Chem Eng [Internet]. 2021;9(1):104815. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104815

3. Gao S, Lu D, Qian T, Zhou Y. Thermal hydrolyzed food waste liquor as liquid organic fertilizer. Sci Total Environ [Internet]. 2021;775:145786. Available from: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145786

4. Florez M, Roldán D, Juscamaita J. Phytotoxicity and Characterization of a Liquid Fertilizer Produced by Lactic Acid Fermentation Using Rainbow Trout By-Products (Oncorhynchus mykiss). Ecol Apl [Internet]. 2020;19(2):121–31. Available from: http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-121.pdf

5. V. García, A. Iriarte, S. Justinovich, L. Angel TH. Secadero Solar Forzado Para Productos Agricolas. Av en Energías Renov y Medio Ambient. 2015;19:21–8.

6. Lúquez-Pérez L del R, Hleap-Zapata JI. Viabilidad del uso de harina de residuos pesqueros de la Ciénaga de Zapatosa en la alimentación de pollos de engorde. Rev UDCA Actual

Divulg Científica. 2020;23(2).

7. Monares-Gallardo I, Luis ‡, Ceja-Torres F, Escalera-Gallardo C, Vázquez-Gálvez G, Ochoa-Estrada S. TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO DE APLICACIÓN PRE-SIEMBRA DE HARINA DE PESCADO (Plecostomus spp.) EN PRODUCCIÓN DE CALABACITA Particle Size and Application Time of Fishmeal (Plecostomus spp.) in Production of Zucchini. 2012;147–55.

8. Ruiz-Aguilar MY, Montes-Molina JA, Castañón-González JH, Gutiérrez-Miceli FA, Hernández-Guzmán M, López-López H, et al. Use of devil fish (Pterygoplichthys spp.) flour in the organic fertilization of tomato (Solanum lycopersicum L.) | USO DE LA HARINA DEL PEZ DIABLO (Pterygoplichthys SPP.) EN LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DEL TOMATE (Solanum lycopersicum L.). Rev Int Contam Ambient. 2023;39:159–69.

9. Jalixto MAF. Elaboracion de biofertilizante liquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha. 2017;1–96. Available from: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3271/florez-jalixto-marco-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10. Salas Garita C, Roque RM, Foglia RC. Diseño y construcción de un secador solar. Kurú Rev For (Costa Rica). 2018;5(1):5–14.

11. MEDINA AMH, BAUTISTA JH, MAGADÁN HMR, RODOLFO BENIGNO DE LOS SANTOS ROMERO MIPL, ORTIZ GR, ORTÍZ AP. Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado. 2019.

12. González-Avilés M, López-Sosa LB, Servín-Campuzano H, González-Pérez D. Adopción tecnológica sustentable de cocinas solares en comunidades indígenas y rurales de michoacán. Rev Mex Ing Quim [Internet]. 2017;16(1):273–82. Available from:

https://www.redalyc.org/pdf/620/62049878026.pdf

13. Mentado Islas D, Elizalde Carrizo S, Jiménez Islas D, Azuara Jiménez J. Simulación de un Concentrador Solar de Canal Parabólico mediante el Software SolTrace. Rev Prototipos Tecnológicos [Internet]. 2016;2(6):68–75. Available from: http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Prototipos_Tecnologicos/vol2num6/Revista_de_Prototipos_Tecnologicos_V2_N6_8.pdf

14. Tesis DE. Universidad de sonora división de ingeniería. 2016;

15. Fabara J. Desarrollo experimental de un sistema de seguimiento solar para la obtención de la máxima radiación en concentradores cilíndrico parabólicos. 2016; Available from: http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12955

16. Cruz TM. Diseño, Construcción,Control Y Automatización De Un Concentrador Solar Cilindro-Parabólico. 2007;I.

17. Hernández G. ÁG, Díaz Morales KM. Hambre y hambrunas: Una interpretación contemporánea. Agroalimentaria. 2020;26(50):97–123.

18. INEGI. INEGI, Estadísticas a propósito del día mundial de la población, comunicado de prensa núm. 395/23 6 de julio de 2023. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2022/EAP_Poblac22.pdf. 2023;1–7. Available from: https://www.unfpa.org/es/data/world-population-

19. Villalobos Arámbula V, García M, Ávila F. El Agua para la Agricultura de las Américas [Internet]. Vol. 1, Iica. 2017. 78 p. Available from: https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=2D711FFF32378B7954AD774DE5321C0B?sequence=1

20. CONAGUA. Estadísticas del Agua en México 2021. Com Nac del Agua [Internet]. 2022;360. Available from: https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM 2021.pdf

21. CONAGUA, Secretaria_de_Medio_Ambiente, Servicio_Metereologico_Nacional. Monitor de Sequía de México - Reporte Junio 2023. 2023;1–5. Available from: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

22. Lobato Sánchez R, Mejía Estrada PI. Perspectivas IMTA. 2021;1–3.

23. Palacios-Vélez OL, Escobar-Villagrán BS. La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. Tecnol y Ciencias del Agua. 2016;7(2):5–16.

24. (FAO) O de las NU para la A y la A. EL ESTADO DE LOS RECURSOS DE TIERRAS Y AGUAS DEL MUNDO PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. FAO Agric Ser. 2011;(La gestión de los sistemas en situación de riesgo).

25. Mataix, Jorge. Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contrib a su Conserv y Regen. 1999;330.

26. Rincón LEC, Marina LUZ, Muñoz M. Enzimas Del Suelo: Indicadores De Salud Y Calidad. Acta Biológica Colomb. 2005;10(1):5–18.

27. Lozano-Rivas WA. Suelos. Suelos. 2018;

28. Saray GDH. Inseguridad alimentaria. Inseguridad Aliment. 2020;

29. Aziz G, Sarwar S, Nawaz K, Waheed R, Khan MS. Influence of tech-industry, natural resources, renewable energy and urbanization towards environment footprints: A fresh

evidence of Saudi Arabia. Vol. 83, Resources Policy. 2023.

30. Agosto de 2023. 2023;

31. Salazar Bernal F, Chegue E. La hambruna: Un fenómeno digno del estudio de la sociología jurídica. Rev Electrónica Contrib a las Ciencias Soc [Internet]. 2010;1–10. Available from: http://www.eumed.net/rev/cccss/09/sbc.pdf

32. FAO. FAO. 2023. Pérdida y desperdicio de alimentos. Available from: https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/es/#:~:text=En todo el mundo%2C un,consumidores finales (PNUMA 2021).

33. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson, Ulf R van O, Meybeck A, FAO. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Nucleus. 2012;

34. GLADYS ADRIANA LÓPEZ SÁNTIZ ARN. DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN LOS LABORATORIOS DE GASTRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS [Internet]. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS; 2020. Available from: https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/2212/Caracterización de tortilla de maíz enriquecida con semilla de mojú.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. Carmona López RJ, Richards H, Estratégicas C. La Pobreza Como Eje De La Ética En Un Mundo Globalizado Poverty As the Crux of Ethics in a Globalized World. Rev Ciencias Estratégicas Rev Ciencias Estratégicas | Medellín -Colombia Rev Ciencias Estratégicas. 2011;19(25):101–1794.

36. Cantú P. Derecho a la Alimentación, soberanía alimentaria y sustentabilidad. Cienc UANL. 2014;17(68):29–34.

37. Naciones U. Noticias ONU. 2023. Los conflictos siguen siendo los principales impulsores del hambre y la hambruna.

38. Stanley A. La guerra desata una crisis alimentaria ● Finanzas y Desarrollo ● Junio de 2022. 2022;(June):28–9.

39. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Informe mundial sobre las crisis alimentarias. 2023. Informe mundial sobre las crisis alimentarias: En 2022, el número de personas en situación de inseguridad alimentaria aguda aumentó hasta los 258 millones en 58 países.

40. Vidic MH, Westreicher G. Déficit tecnológico [Internet]. 2017. Available from: https://economipedia.com/definiciones/deficit-tecnologico.html#:~:text=El déficit tecnológico es una,productos y servicios que exporta.

41. Banco Mundial. Agricultura y alimentos. 2023.

42. Torres-Torres F, Rojas-Martínez A. Suelo Agrícola en México: Retrospección y Prospectiva para la Seguridad Alimentaria. Data Sp Int J Stat Geogr [Internet]. 2018;9(3):139–55. Available from: https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2018/pdfs/RDE26.pdf

43. INEGI. Resultados Definitivos Del Censo Agropecuario 2022. Inst Nac Estadística y Geogr. 2023;1–13.

44. Wei X, Bai X, Cao P, Wang G, Han J, Zhang Z. Bacillus and microalgae biofertilizers improved quality and biomass of Salvia miltiorrhiza by altering microbial communities. Chinese Herb Med [Internet]. 2023;15(1):45–56. Available from: https://doi.org/10.1016/j.chmed.2022.01.008

45. Yingjun Ma, Shizhou Shen, Chen Wan, Siqi Wang, Fengxia Yang KZ. Organic fertilizer

substitution over six years improves the productivity of garlic, bacterial diversity, and microbial communities network complexity. 2023; Available from: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104718

46. Phares CA, Amoakwah E, Danquah A, Afrifa A, Beyaw LR, Frimpong KA. Biochar and NPK fertilizer co-applied with plant growth promoting bacteria (PGPB) enhanced maize grain yield and nutrient use efficiency of inorganic fertilizer. J Agric Food Res [Internet]. 2022;10(October):100434. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100434

47. Banxico CE. 2. comercio exterior. 2009;

48. Coyoli Y. GCMA. 2022. Conflicto Rusia-Ucrania agrava crisis de los fertilizantes en México. Available from: https://gcma.com.mx/conflicto-rusia-ucrania-agrava-crisis-de-los-fertilizantes-en-mexico/

49. SUÁREZ K. EL PAÏS. 2022. p. 1 Los fertilizantes en México multiplican su precio ante la ofensiva rusa en Ucrania. Available from: https://elpais.com/mexico/2022-03-31/los-fertilizantes-en-mexico-multiplican-su-precio-ante-la-ofensiva-rusa-en-ucrania.html

50. Villegas-Cornelio VM, Laines Canepa JR. Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Rev Mex Ciencias Agrícolas. 2017;8(2):407–21.

51. Pech GM. Efecto de abonos verdes sobre las características agronómicas del maíz nativo X ´ mejen Naal en Luvisoles férricos de Campeche , México COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS PRESENTA Gilberto Matos Pech Efecto de abonos. Instituto Tecnológico de Chiná; 2021.

52. Albores DLCC. AGROBIOTECNOLOGÍA: UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA. REVISTA DIGITAL INTERNACIONAL UNIVERSO

AGROALIMENTARIO Publicación de la Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío. 2024;22.

53. Florez M, Roldán D, Juscamaita J. EVALUACIÓN DE FITOTOXICIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE UN FERTILIZANTE LÍQUIDO ELABORADO MEDIANTE FERMENTACIÓN LÁCTICA UTILIZANDO SUBPRODUCTOS DEL PROCESAMIENTO DE TRUCHA (Oncorhynchus mykiss). Ecol Apl [Internet]. 2020;19(2):121–31. Available from: http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-121.pdf

54. Chasquibol N, Laura L, Delmás I, Rivera D, Aguirre MR, Bravo M. ALIMENTOS FUNCIONALES O FITOQUÍMICOS, CLASIFICACIÓN E IMPORTANCIA. Univ Nac mayor San Marcos. 2003;5:9–20.

55. Herrero A, Romero de Avila M. Innovaciones en el proceso de alimentos. Nature [Internet]. 2016;50:71–4. Available from: https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-medicina/article/view/7633/6687

56. Bordón E. Fundamentos De La Conservacion De Los Alimentos. 2008;69. Available from: http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2017/10/10-CONSERVACION-DE-LOS-ALIMENTOS-1.pdf

57. Puente Díaz L, Julio SC. Procesos De Pasteurización Recomendados Por La Literatura Científica Entre 1975 Y 2021: Revisión Sistemática Dedix Del Carmen González Urbina. 2023;

58. Tigreros JA, Parra Londoño S, Martínez Girón J, Ordoñez Santos LE. Diferentes métodos de escaldado y su aplicación en frutas y verduras. Rev Colomb Investig Agroindustriales. 2021;8(1):50–63.

59. Moncada LM, Gualdrón de Hernandez L. Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. Rev Invest (Guadalajara) [Internet]. 2006;6(2):179–87. Available from: http://www.redalyc.org/pdf/952/95260205.pdf

60. Pepsam S. Métodos de conservación de alimentos. :1–7.

61. Meylin Gabriela Par Gramajo. Aplicación de los métodos de conservación de alimentos. Rev Ing y Cienc . 2017;1:10–4.

62. Jaime ES. Innovación en el deshidratado solar. Ingeniare. 2016;24:72–80.

63. Gallardo M, Barra R. Cambio climático global. Sitio Argentino Prod Anim. 1997;1–10.

64. Cerdá E, André FJ, De Castro LM. Las energías renovables en el ámbito internacional. Cuad Económicos ICE. 2012;(83):10–36.

65. Mikati M, Santos M, Armenta C. Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica. RIAI - Rev Iberoam Autom e Inform Ind [Internet]. 2012;9(3):267–81. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.010

66. Verdezoto L, Parco F, Jácome C, Katan W, Mora A. Energía Renovable a Partir De La Biomasa De La Caña De Azúcar. Rev Investig Talent. 2021;8(1):9–26.

67. Robles Algarin C, Rodríguez Álvarez O. Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. Espacios. 2018;39(34).

68. Díaz C, Escalante M, García V, Jiménez Rivera DA, López González JI, Montes Gutiérrez LA, et al. Innovación De Energía Y Soluciones [Internet]. Red Iberoamericana De Academias De Investigación. 2020. 18–31 p. Available from: www.redibai.org

69. Montoya Rasero C, Iván VR, Melitón EJ, José MR, Agustina OS, Mayer E, et al. Energía solar fotovoltaica. Master profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Environ Pollut [Internet]. 2017;16(3):262–70. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2017.02.016%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-027571-0.50013-6%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.012%0Awww.eoi.es

70. Bulnes CA, Best R, Lejos B. ENERGÍA del. 2010;

71. Collazo-Abreu PL, Morejón-Mesa Y, Fernández-Chuairey L, Vázquez-Alfonso Y. Modelos matemáticos y experimentales para el análisis del secado solar de semillas. Rev Ciencias Técnicas Agropecu. 2018;27(1):89–98.

72. Industriales A. Area De Instrumentacion Y. 2007;1–25.

73. Gutiérrez Hinestroza M, Iturralde Kure SA. Manual de Instrumentación [Internet]. 2017. 127 p. Available from: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4228/1/Fundamentos de Instrumentacion y Control.pdf

74. AC S. Instrumentación industrial. Marcombo, editor. 2010.

XI Anexos