



**UACAM**  
Universidad Autónoma de Campeche



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación en  
Materiales Avanzados, S.C.



**UNIVERSIDAD DE  
GUADALAJARA**

# Caracterización del proceso para la obtención de fertilizante a partir de desechos de pescado utilizando equipos termosolares

Avance de tesis nivel maestría en estudios transdisciplinarios en ciencia y tecnología

**GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO: “Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales”, número de aprobación CONAHCYT 319524**





MAESTRÍA EN  
ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES  
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

# 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. Margarita Castillo Téllez

Asesor: Doctora. Beatriz Castillo Téllez

COLOTLÁN, JALISCO

NOVIEMBRE, 2023



## **I. Introducción:**

La presente escasez y aumento en el precio del fertilizante pone en peligro las actividades agrícolas en zonas rurales, las cuales se verá 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 incrementado el nivel de marginación en zonas rurales. 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, 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 acuicultura 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 podría 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.

Unas de las alternativas más atractivas para el procesamiento de desechos de pescado es la fabricación de biofertilizantes, los cuales presenta 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 contiene como compuesto principalmente por nitrógeno(N), potasio (P) y fósforo (K) y una amplia gama de macronutrientes y micronutrientes creando una formulación de nutrientes bien

equilibrada. Uno de los principales beneficios de los fertilizantes son los efectos residuales lo cual maximiza el rendimiento de los suelos por la liberación de nutrientes disponibles en el suelo, que puede durar varios años. Este efecto residual puede conducir a un aumento de la producción hasta cuatro años después de la aplicación del fertilizante orgánico [3].

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. La fabricación de fertilizante se integra al proyecto “Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales” donde el aprovechamiento de residuos generados en la producción de alimento pesqueros hace aún más sustentable la planta, al tener un manejo adecuado y aprovechamiento de residuos.

### **1.1 Antecedentes**

Jiménez Mideros J. (2012) Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño El objetivo de esta investigación fue realizar un abono líquido descompuesto a partir de vísceras de truchas arco iris. La metodología utilizada fue de modalidad cuantitativa y cualitativa debido a que las variables a evaluar fueron medidas mediante la toma de datos numéricos y además se determinó las características de calidad del biol a partir de vísceras de trucha arco iris, como resultado demostró que el factor porcentaje de vísceras de trucha arco iris influye significativamente en la calidad nutricional del biol, para obtener el mayor contenido de nutrientes primarios, nitrógeno, potasio, fósforo y macro nutrientes calcio, azufre, magnesio, el porcentaje de vísceras a utilizar debe ser del 30% puesto que con un porcentaje inferior de 21.42% o mayor de 42.85% la concentración de estos nutrientes disminuye. Se demostró que la formulación del tratamiento T2 (30% vísceras, 55.71% agua, más microorganismos eficientes del bosque de los arrayanes) es la más adecuada para obtener una concentración óptima de nutrientes primarios, macro y micro nutrientes con valores de: 0.28% de N, 0.017% de P, 1.81% de K. El T2 (30% vísceras, 55.71% agua, más microorganismos eficientes



del bosque de los arrayanes); es un biol con concentraciones altas de potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso, con un pH parcialmente neutro de 6.7, conductividad eléctrica moderadamente salina de 11.04 m S/cm y un rendimiento de 89.74%. El costo de un litro de biol de vísceras de trucha arco iris es de 0.98 dólares, lo que lo transforma a un producto de bajo costo y alcanzable para el productor agrícola, considerando que en su mayor parte los materiales a utilizar en su elaboración son desperdicios de otras explotaciones.

Por su parte, Navarro, Ginés (2014), en su investigación titulada Fertilizantes Química y Acción nos dice que los desperdicios de pescado son útiles como fertilizantes orgánicos que aportan nitrógeno, ácido fosfórico y potasio. Estos fertilizantes orgánicos por su parte ejercen sobre el suelo reacciones fundamentales para mejorar su fertilidad y permitir un correcto desarrollo vegetal, principalmente actúan en el suelo sobre tipos de propiedades físicas y químicas. La tarea principal de los fertilizantes orgánicos es suministrar nutrientes a las plantas las cuales son capaces de mejorar su desarrollo.

Cajamarca Villa, D. A. En su trabajo Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Tesis para título, Universidad de Cuenca, Ecuador, 2012. Tuvo como objetivo elaborar una guía para el procedimiento de elaboración de abonos orgánicos a base de restos de animales con un diseño metodológico experimental y como consecuencia los desechos orgánicos de restos de animales como la sanguaza del pescado se incorpora a la superficie y estos a su vez pasan por diversos procedimientos de modificación dando como resultados productos más sencillos en su composición química. En esos procedimientos se toma en cuenta los factores climatológicos (temperatura, humedad etc.), organismos vivos de variadas especies de vertebrados, insectos, artrópodos y lombrices que con su actividad disminuyen el tamaño de los residuos orgánicos y aumentan el área de exposición a otros organismos. Cabe destacar que la elaboración de abonos orgánicos a partir de restos de animales como del pescado no requieren de costos elevados, ni de alta tecnología por esta razón se encuentra al alcance de todo agricultor, contribuye a la disminución del daño ecológico ocasionado por agroquímicos de esa manera los agricultores aprenden técnicas para optimizar recursos como los desperdicios estos a su vez son esenciales a la hora de hacer abonos orgánicos



enseñándoles a cada agricultor responsable de proteger el medio ambiente y conservar el terreno.

En el artículo ADOPCIÓN TECNOLÓGICA SUSTENTABLE DE COCINAS SOLARES EN COMUNIDADES INDÍGENAS Y RURALES DE MICHOACÁN (2017), M. González Avilés (2017), presenta un proyecto de adopción de tecnología, inicialmente con el desarrollo de tres prototipos de cocinas solares; de diseño propio, la característica principal es el uso de Concentradores Parabólicos Compuestos (CPC) de revolución.

La implementación y monitoreo se llevó a cabo en la comunidad indígena Santa Fe de la Laguna, Municipio de Quiroga, del Estado de Michoacán, México. Se llevaron al cabo experimentos de cocción solar a los prototipos, para seleccionar el de mejores características térmicas y ergonómicas. Previo a la implementación se realizó un diagnóstico del recurso maderable, talleres de capacitación, un manual de uso, mantenimiento y construcción de cocinas solares en lengua indígena (purépecha) y español. La implementación de la cocina solar pretende reducir hasta un 30% el consumo de madera (leña) utilizado generalmente para la cocción de alimentos, fomentar el uso de fuentes renovables de energías (FRE), disminuir las enfermedades respiratorias a causa de la inhalación de humo por combustión y contribuir al ahorro económico de las familias que usen la cocina.

Diana Mentado Islas (2016), realizó una investigación sobre Los Concentradores de Canal Parabólico (CCP) en los cuales concluyó que estos son dispositivos que transfieren energía térmica de la radiación solar en una línea focal. Como es difícil escribir el fenómeno de recepción y reflexión de los rayos solares que interactúan en él, recomendó implementar una herramienta de simulación para obtener resultados óptimos. La simulación se realizó mediante el software SolTrace. Con el software SolidWorks 2016 se realizó el trazado de rayos considerando diferentes ángulos de borde para seleccionar el de mayor eficiencia óptica. Fueron definidos los parámetros geométricos más importantes para diseñar el perfil de la parábola. Para ello se analizaron diferentes ángulos de borde, como el de 45°, 80°, 90° y 100°. Se realizó el modelado de los concentradores en el software SolTrace mediante una serie de etapas variando los atributos de los elementos, en los cuales se incluyeron la forma, el contorno y la calidad



óptica. Las simulaciones se realizaron mediante diagramas de dispersión y mapas de flujo e indicaron que los concentradores solares con ángulo de borde de  $80^\circ$  y  $90^\circ$  tienen mayor eficiencia óptica, al contabilizar el número de rayos trazados y captados en la superficie del receptor.

## **1.2 Marco teórico**

### **1.2.1 PROBLEMÁTICA DE LA HAMBRUNA EN EL MUNDO.**

### **1.2.2 AUMENTO DE LA POBLACIÓN**

### **1.2.3 COMPETENCIA POR EL USO DE AGUA**

### **1.2.4 EMPOBRECIMIENTO DE SUSTANCIAS NUTRITIVAS DE LOS SUELOS Y SUS CAUSAS**

### **1.2.5 ESTADÍSTICAS DE HAMBRUNA A NIVEL MUNDIAL (GRÁFICAS POR REGIÓN, CIFRAS, ETC)**

### **1.2.6 HAMBRUNA EN MÉXICO GRÁFICAS, CIFRAS, ETC)**

### **1.2.7 CAUSAS DE LA HAMBRUNA**

#### **1.2.7.1 Desperdicio de alimentos**

#### **1.2.7.2 Pobreza**

#### **1.2.7.3 Desigualdades**

#### **1.2.7.4 Guerra**

#### **1.2.7.5 Falta de tecnología.**

#### **1.2.7.6 Disminución del rendimiento o producción agrícola en el país**

### **1.2.8 FERTILIZANTES**

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 contribuye a favorecer desarrollo de los cultivos agrícolas. Son indispensables para

garantizar en los cultivos un mayor rendimiento ya que proveen los nutrientes para mejorar o suplementar los suelos de cultivos. [4].

### **1.2.8.1 Tipos (sintéticos y naturales) ventajas de cada uno.**

#### **1.2.8.1.1 fertilizantes orgánicos**

##### **Biofertilizante**

Es una sustancia orgánica natural formulada con uno o varios microorganismos benéficos, generalmente consisten en varias bacterias, hongos y algas benéficas como Rhizobium, bacterias fijadoras de nitrógeno, Bacillus, bacterias fotosintéticas, bacterias celulolíticas, Lactobacillus, levaduras, actinomicetos y microalgas [5]. Los biofertilizantes son productos agrobiotecnológicos que contienen los microorganismos antes mencionados, lo que estimula el crecimiento y productividad de los cultivos agrícolas.

Se puede encontrar una gran variedad de tipos de biofertilizantes tanto líquidos como sólidos y varía 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 [6].

Los biofertilizantes presentan diversas ventajas dependiendo del tipo, entre ellas se tienen la capacidad de incrementar la materia orgánica del suelo, contribuyen a restablecer o aumentar la actividad microbiológica y aportan nutrientes, estimulan 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 [6].

#### **1.2.8.1.2 Los fertilizantes inorgánicos**

El fertilizante inorgánico no procede de la descomposición de materia orgánica animal o vegetal, puede ser 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.



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 [7].

Potasio (P) es un nutriente esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 procesos enzimáticos, promueve la síntesis, translocación y almacenamiento de carbohidratos, optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales entre otros, los efectos benéficos resultan en la promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a 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 [7].

El fósforo (K) es un nutriente que cumple la función de transferencia de la energía en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación, El fósforo propicia el crecimiento vegetativo en la etapa de producción de los frutos y semillas [7].

#### **1.2.8.1.2.1 fertilizantes químicos simple**

##### **1.2.8.1.2.1 fertilizantes químicos compuestos**

EL fertilizante compuesto tipo NPK es el más idóneo por su contenido de nitrógeno(N), potasio (P) y fósforo (K). Este tipo de fertilizante contiene los multinutrientes indispensables en la agricultura para el desarrollo de tejidos y frutos [7].

#### **1.2.8.2 Escasez de fertilizantes en el país y su problemática asociada (dependencia de Rusia).**

En la actualidad México ha dependido más de las importaciones de fertilizantes agrícolas según las cifras del INEGI y el SAT en el año 2020 se importaron 3.7 millones de toneladas mientras que solo se tuvo una producción interna de 2.2 millones de toneladas, el valor comercial de dicha importación fue de 969.2 millones de dólares, lo cual representa un alza del 5.4% en relación al año anterior.

La problemática de la dependencia de los fertilizantes extranjeros ha traído consigo el aumento significativo en costos y escasez, derivados 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.

**1.2.8.3 La importancia de desarrollar tecnologías para tener fertilizantes de buena calidad y con costos bajos.**

**1.2.8.4 Los desechos marinos pueden ser buena opción para desarrollar fertilizantes.**

## **1.2.9 LOS ALIMENTOS Y SU IMPORTANCIA**

### **1.2.10 TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

**1.2.10.1 Clasificación**

**1.2.10.2 Pasteurización**

**1.2.10.3 Escaldado**

**1.2.10.4 Cocción**

**1.2.10.5 Refrigeración**

**1.2.10.6 Congelación, etc**

### **1.2.11 DESHIDRATADO O SECADO**

**1.2.11.1 Principios, explicación de la tecnología**

**1.2.11.2 Problemática del alto consumo energético del secado**

**1.2.11.3 Cambio climático**

**1.2.11.4 Gases efecto invernadero, etc.,**

### **1.2.12 ENERGÍAS RENOVABLES.**

**1.2.12.1 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. (mikati)

#### **1.2.12.2 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 biológicamente, a partir de esto se puede obtener energía térmica, eléctrica o como carburantes de origen vegetal.

#### **1.2.12.3 Geotermia**

Se presenta de forma natural al entrar en contacto 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 es conducido por tubería hasta una planta geotérmica que lo transforme en energía mecánica, para propulsar una turbina.

#### **1.2.12.4 Mareomotriz, etc.**

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.

### **1.2.13 ENERGÍA SOLAR**

#### **1.2.13.1 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 semiconductor con diferente composición, cuando luz la 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 se requiere un acomodo especial para tener voltajes grandes. Si se espera tener corriente alterna el sistema requiere componentes adicionales para llevar a cabo la conversión. (energía)

#### **1.2.13.2 Solar térmica**

Consiste en aprovechamiento de la incidencia de los rayos solares en las superficies para producir calor. En la actualidad se trabaja con materiales capaces de absorber los rayos de sol y no permitan la disipación del calor generado. El aprovechamiento de la radiación directa se emplean estufas solares y secadores solares. En aplicaciones más complejas que requieren transferencia y almacenamiento de energía, se calienta un fluido caloportador. (energía)

#### **1.2.13.3 Secado solar como solución al problema de alto consumo del secado convencional**

#### **1.2.13.4 Dificultades técnicas durante el proceso de secado solar**

#### **1.2.13.5 Necesidad de instrumentar y controlar**

### **1.2.14 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

#### **1.2.14.1 En que consiste**

Consiste en dotar de aparatos o instrumentos que permita la lectura y representación de parámetro 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 [13].

#### **1.2.14.2 Tipos**

#### **1.2.14.3 Importancia**

#### **1.2.14.4 Sensores**



#### **1.2.14.5 Equipo a utilizar**

#### **1.2.14.6 Justificación de la selección de equipo, etc**

### **II. 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, escasas de agua, el deterioro de suelos por la agricultura intensiva, uso indiscriminado de fertilizantes químicos y deterioro de suelos por irrigación artificial [15].

El desabasto de fertilizantes agrícolas que se presenta en la actualidad en México ponen 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 [15]. 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 transformados 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 ¿Cuál es el proceso más eficiente para la fabricación de fertilizante orgánico a partir de desechos marinos que nos permita tener una disposición en el menor tiempo posible?*

**III. Hipótesis:** Enunciado que enmarca una suposición a la que se le otorga cierto grado de certidumbre y de la que habrá que verificar su validez. Puede omitirse de acuerdo a la naturaleza del estudio.

#### **IV. Objetivo general:**

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

#### **V. 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.

#### **VI. Materiales y métodos:**

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 estudio se obtienen las cinéticas con los parámetros adecuados para caracterizar el proceso de elaboración.

El objetivo de modelar el proceso, es conocer los parámetros y requerimientos necesarios para fabricar e instrumentar el equipo necesario para elaborar biofertilizante y harina de pescado.

El tratamiento que reciben los desechos de pescado para fabricar el biofertilizante y la harina de pescado es una cocción a 80 °C, lo que requiere el diseño y construcción del equipo capaz de coser a dicha temperatura con energía solar.

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.

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

El diagrama representa cada uno de los procesos para la fabricación de harina de pescado y biofertilizante.

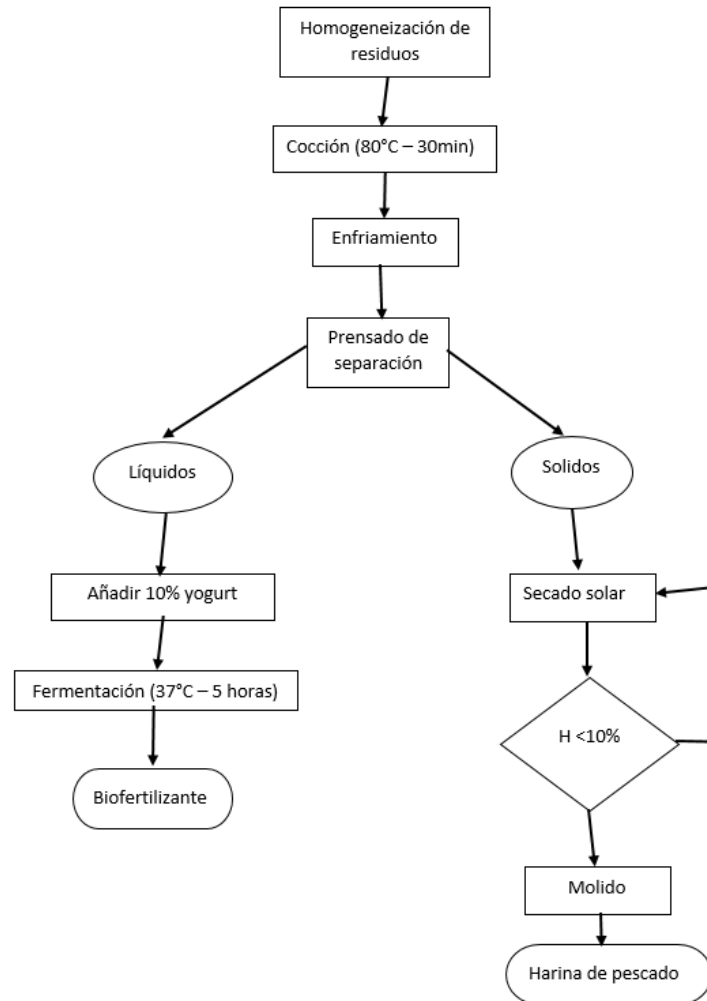


Figura 1 diagrama del flujo del proceso

## Biodigestor

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.

## Equipo solar de cocción

Se requiere el diseño del equipo de cocción que funcione con energía solar, se contempla implementar energía fotovoltaica o cocción en estufa solar. El sistema debe incorporar instrumentación para censar gradiente.

## Avances

La caracterización del proceso de cocción se realizó por medio de dos procesos, cocción por baño maría y cocción con estufa solar.



Figura 2 cocción a baño maría

## 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 alcanzado una temperatura máxima de 83°C.



Figura 3 cocción en estufa solar

## Prensado

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 4 prensa

### Secado solar

De la materia solida recuperada 70 g se destinaron para determinar 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.

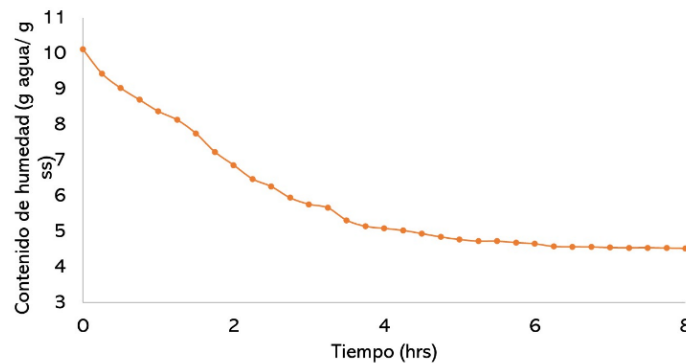
Se realizaron 6 pruebas obteniendo un promedio de 64.68% de humedad en la torta.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{10.0289 - 3.6178}{10.0289} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 63.9262$$

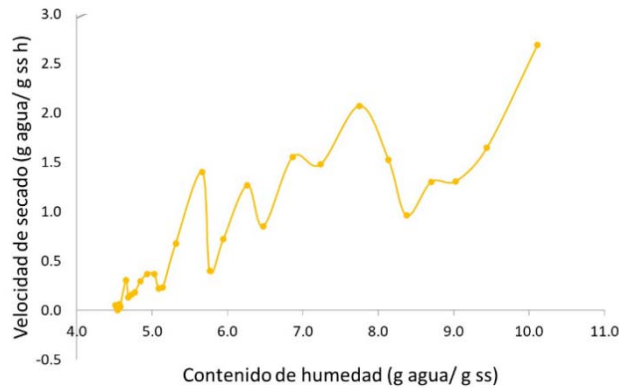
En la fabricación de harina de pescado se considera una tolerancia máxima de humedad del 10%, la gráfica 1.1 representa la cinética de pérdida de humedad respecto al tiempo durante el secado solar obteniendo al final un 4.5 % de humedad.



Gráfica 1 perdida humedad respecto al tiempo



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



Gráfica 2 velocidad de secado

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 producción de harina de pescado del 25.6187%

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

$$\text{Rendimiento} = 25.6187\%$$

### Proceso de fabricación del biofertilizante

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

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

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

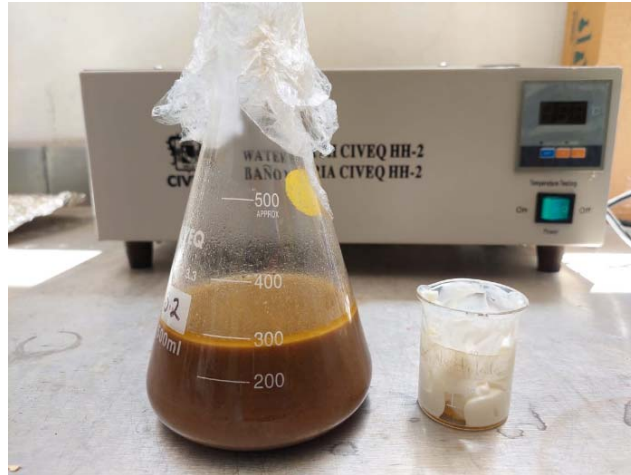


Figura 5 preparación de la mezcla

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 6 simulación del biodigestor

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

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

$$\text{Rendimiento} = 42\%$$

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.



**VII. Resultados:** Es la descripción de los hallazgos obtenidos en el proyecto, incluye figuras de resultados y tablas con su debida descripción.

**VIII. Discusión:** Incluye la interpretación de los resultados, proveyendo un contexto de los hallazgos y explicar su relevancia para investigaciones futuras. Describe la congruencia o diferencia respecto a estudios previos.

Ejemplo: En la figura 2 de los resultados, se encontró que los perfiles de actividad dependen altamente de la temperatura, lo anterior también ha sido observado por otros autores que han empleado sustratos similares (23). Sin embargo, resalta que es la primera vez que se reporta que la actividad sea altamente dependiente de la variable pH también. Se requiere realizar más ensayos para considerar estos resultados como determinantes.

**IX Conclusiones:** Pueden ser teóricas o de resumen, se desprenden de las premisas de la investigación. Expone las deducciones en respuesta a la pregunta de investigación o hipótesis o bien constar de una recapitulación final que condensa o redondea lo que se ha visto o argumentado anteriormente, puede contemplar cierto grado de incertidumbre para plantear nuevas investigaciones.

#### **X Referencias o Bibliografía:**

1. JIMENEZ MIDEROS J. Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño, Ecuador, 2012.
2. NAVARRO GARCIA G. Fertilizantes Química y Acción. España, 2014 ISBN: 978-84-8476-678-0.
3. CAJAMARCA VILLA, D. A. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Ecuador, 2012.
4. González Avilés M, López Sosa L. B, Servín Campuzano H, González Pérez D. ADOPCIÓN TECNOLÓGICA SUSTENTABLE DE COCINAS SOLARES EN



COMUNIDADES INDÍGENAS Y RURALES DE MICHOACÁN. Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, 2017.

5. Mentado Islas Diana, Elizalde Carrizo Sandra, Jiménez Islas Donaji, Azuara Jiménez Jorge. Simulación de un Concentrador Solar de Canal Parabólico mediante el Software SolTrace. Instituto Tecnológico Superior Huichapan. El Saucillo, 42411 Huichapan, Hidalgo, México. 2016.

1 Bello M. Renewable Energy for Sustainable Socio-Economic Development in Developing Countries: A Case Study of Sub-Saharan Africa. *Advanced Materials Research*. 2015.

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. Disponible en: <http://dx.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):145786. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145786>

4 de Agricultura y Desarrollo Rural S. ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? [Internet]. gob.mx. [citado el 2 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante>

5 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. *Chin Herb Med* [Internet]. 2022; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chmed.2022.01.008>

6 Ma Y, Shen S, Wan C, Wang S, Yang F, Zhang K, et al. Organic fertilizer substitution over six years improves the productivity of garlic, bacterial diversity, and microbial communities network complexity. *Appl Soil Ecol* [Internet]. 2023;182(104718):104718. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104718>

7 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. *Journal of Agriculture and Food Research* [Internet]. 2022;10(100434):100434. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100434>

- 8 Ahuja I, Dauksas E, Remme JF, Richardsen R, Løes A-K. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming - With status in Norway: A review. *Waste Manag* [Internet]. 2020;115:95–112. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
- 9 Illera-Vives M, Seoane Labandeira S, Brito LM, López-Fabal A, López-Mosquera ME. Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer for horticultural use. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2015;186:101–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.008>
- 10 Kumar N, Gupta SK. Exploring the feasibility of thermal digestion process: A novel technique, for the rapid treatment and reuse of solid organic waste as organic fertilizer. *J Clean Prod* [Internet]. 2021;318(128600):128600. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128600>
- 11 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. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2020.104815>
- 12 Autoclave [Internet]. Equipos de Laboratorios, Farmacéuticos, Clínicos, Hispatológicos, Microscopía e Industria en General. ABATEC S.A de C.V; [citado el 2 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.abatec.com.mx/autoclaves/>
- 13 Solé AC. Instrumentación industrial. Marcombo; 2010.
- 14 OGATA. Ingeniería De Control Moderna (Hispan). 3a ed. Londres, Inglaterra: Prentice-Hall; 1998.
- 15 El INEGI es un organismo público autónomo responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, Al territorio AC de C y. DI de M en C, Recursos L, Población y economía L, De decisiones QPD a. C las C de NP y. A a. la T. Suelo agrícola en México: retrospectiva y prospectiva para la seguridad alimentaria [Internet]. *REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA*. 2019 [citado el 2 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2019/01/25/suelo-agricola-en-mexico-retrospeccion-prospectiva-la-seguridad-alimentaria/>
- 16 Jiang Y, Li K, Chen S, Fu X, Feng S, Zhuang Z. A sustainable agricultural supply chain considering substituting organic manure for chemical fertilizer. *Sustain Prod Consum* [Internet]. 2022;29:432–46. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.025>



**XI Anexos:** Incluye documentación auxiliar como: datos de calibración, cartas de consentimiento informado, instrumentos, aprobación de comité de ética, documentos probatorios de participación en eventos científicos o publicaciones, entre otros. En ocasiones pueden incluirse varios anexos si se considera necesario, en ese caso numerar en consecutivo con letras o números consecutivos.