

LIBRO DE MEMORIAS

CONSYCSA

2024



Congreso Iberoamericano
de Secado, Cocción y
Refrigeración Solar de
Alimentos

MENSAJE DEL PRESIDENTE DEL CONGRESO:

A medida que llegamos al final de este dinámico y productivo 5º Congreso Iberoamericano, donde hemos tenido la privilegio de contar con la participación de más de 150 asistentes, tanto presenciales como virtuales, provenientes de distintos rincones de México y de países como Argentina, Uruguay, Colombia, Brasil, España y Portugal. Durante estos días intensos, hemos compartido conocimientos, experiencias y perspectivas que sin duda enriquecerán nuestra práctica profesional y académica.

Este año, introducimos importantes novedades, como el innovador curso sobre calidad e inocuidad de alimentos deshidratados y la celebración de la primera feria del congreso, donde se expusieron productos de valor agregado que utilizan energía solar, atrayendo a especialistas y una gran afluencia de productores agrícolas. Los cursos destacaron por su enfoque práctico y demostrativo, utilizando como telón de fondo la planta termosolar de secado y el laboratorio de análisis sensoriales. La presencia de tres distinguidos conferencistas magistrales agregó un valor inestimable a nuestro programa, proporcionando nuevas visiones y reflexiones.

Uno de los puntos más destacados fue el conversatorio con los líderes de cuatro proyectos PRONAI, financiados por CONACYT y centrados en el secado de alimentos. Este panel no solo demostró las aplicaciones prácticas de la tecnología solar en la conservación de alimentos, sino que también ofreció una oportunidad para abordar los desafíos asociados con la implementación del secado solar desde perspectivas social, interinstitucional y de mercado. Esperamos este enfoque crítico y diverso permita identificar áreas de mejora en proyectos de impacto nacional y facilitar una retroalimentación valiosa para las autoridades encargadas de la toma de decisiones.

En el ámbito social, disfrutamos de eventos culturales inolvidables como la actuación de la Banda Sinfónica Juvenil de Guadalupe y la tradicional callejoneada de Zacatecas, que permitieron a los participantes experimentar la rica cultura esta inigualable sede. No quiero pasar por alto, la emotiva y muy grata ceremonia para rendir homenaje a una figura cuyo trabajo y dedicación han marcado profundamente el campo del secado solar en México y a muchos de nosotros: el Dr. Isaac Pilatowsky. Con estos logros y memorias, clausuramos el congreso no solo con un sentido de satisfacción, sino también con el optimismo de seguir avanzando en el conocimiento y la aplicación de nuestras disciplinas. Miramos hacia el futuro con la esperanza de continuar nuestra misión de expandir y profundizar el impacto de la tecnología solar en la conservación de alimentos.

Muchas gracias a todos por su participación activa y apasionada. Les deseamos un feliz regreso a casa y esperamos reunirnos nuevamente en 2026.

Dr. Néstor Manuel Ortiz Rodríguez
Presidente del CONSYCSA 2024

COMITÉ ORGANIZADOR

LOCAL

Presidenta del congreso

Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano

Campo Experimental Zacatecas
 Dirección Regional Norte-Centro
 INIFAP

Universidad Autónoma de Zacatecas

Dra. Lourdes Olivan Tiscareño

Dra. María Argelia López Luna

Dr. Juan Manuel García González

MTIE Rodrigo Cervando Villegas Martínez

Dr. Jorge Armando Mauricio Castillo

Dra. Fátima Berenice Salazar Badillo

Dr. Ricardo Ortiz Luevano

Unidad Académica de Física (UAZ)

Dr. Arturo Agustín Ortiz Hernández

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Nicolás Morales Carrillo

INIFAP-Campo Experimental Pabellón:

Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez

INIFAP-Campo Experimental Zacatecas:

C.P. Delia Aréchiga Valenzuela

M.C. Mayra Denise Herrera

Dr. Juan José Figueroa González

Dr. Luis Roberto Reveles Torres

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Dra. Nadiezhda Yakovleva Zitz Ramírez Cabral

Dr. Ramón Gutiérrez Luna

M.C. Valentín Melero Meraz

M.G. José Israel Casas Flores

Dr. Jaime Mena Covarrubias

M.C. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez

Dra. Silvia Salas Muñoz

ASEERCA

Presidente del congreso

Mtro. Néstor Manuel Ortiz Rodríguez

Planta Termosolar de Deshidratado de
 Productos Agrícolas
 Instituto de Energías Renovables UNAM

Presidente de ASEERCA

Dr. Octavio García Valladares

Instituto de Energías Renovables UNAM

Universidad de Guadalajara:

Mtro. José Alfredo Peña Ramos

Mtro. Uriel Nuño Gutiérrez

Dra. Beatriz Castillo Téllez

Dr. Jesús Águila León

Universidad Autónoma de Campeche

Dra. Margarita Castillo Téllez

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. José Gervasio Partida Sedas

Centro de Investigación en Materiales
 Avanzados S.C

Dr. Erick César López Vidaña

ASEERCA

Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa

Instituto de Energías Renovables-UNAM:

Dr. Alfredo Domínguez Niño

Dra. Paulina Guillén Velázquez

<https://consycsa.aseerca.org>
contacto@aseerca.org

Estudio experimental de secado de pescado en un secador solar tipo invernadero

Margarita Castillo Téllez^a, Diana C. Mex Álvarez^a, Luz M. Hernández Cruz^a, Rachid Marzoug^{b*}, Juan Carlos Percino Picazo^a, Alfredo Domínguez Niño^c, Alfonso Lorenzo Flores^a

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México

^bCentro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México

^cInstituto de Energías Renovables, UNAM. Morelos, México

*Beatriz Castillo Téllez: Beatriz.castillo@academicos.udg.mx

Resumen

México presenta un gran potencial para el desarrollo de la pesca. Ocupa a nivel mundial el 17° lugar en producción pesquera y el 24° en acuicultura, el 3° en pulpo, el 7° en camarón y sardina. Con el propósito de contribuir al fortalecimiento de la competitividad de la pesca y la acuicultura mexicana, consideradas como sector estratégico para la producción de alimentos y coadyuvar al bienestar social comunitarios ofreciendo servicios basados en la utilización de la energía solar, se propone el estudio experimental del secado de pescado de bajo valor comercial en un secador solar tipo invernadero, realizado en un secador solar de productos pesqueros construido para su integración en las zonas rurales. Se presentan en este trabajo las cinéticas de secado, contenido de humedad, velocidad de secado y colorimetría, así como la correlación del control del proceso con la caracterización térmica del secador solar. El proceso de secado tuvo una duración de procesamiento con energía solar de 620 minutos continuos. El contenido de humedad inicial fue de 90, en contraste la humedad final, fue de 22.3 %. En cuanto a la colorimetría, de acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia una importante diferencia de color del pescado deshidratado con respecto al alimento fresco. El experimento se realizó en la ciudad de Campeche, Campeche, México, en un clima tropical subhúmedo y monzónico, con coordenadas 19°50'41"N 90°32'23"O / 19.844814166667, -90.539649166667.

Palabras clave: secado solar, cinéticas de secado, secado solar tipo invernadero.

Introducción

El secado es un fenómeno complejo que involucra la transferencia de calor y materia (el transporte de calor hacia dentro del material y el transporte de agua hacia el exterior del material). Existen muchos mecanismos posibles de secado, pero aquellos que controlan el secado de una partícula dependen de su estructura y de los parámetros de secado-condiciones de secado (temperatura, velocidad y humedad relativa del aire), contenido de humedad, dimensiones, superficie expuesta, y contenido de humedad de equilibrio de la partícula. (Millán, 2015).

Los secadores solares son una alternativa para locaciones donde se encuentra una alta radiación solar (Pangavhane, Sawhney, & Sarsavadia, 2002). La tecnología de secado solar ayuda a superar los principales problemas, como el rápido aumento de precios de los combustibles fósiles y la contaminación ambiental. Los secadores solares utilizan la energía del sol para eliminar la humedad excesiva de los productos y ofrecen una amplia gama de ventajas como calidad superior de los productos secos, proceso rápido, pérdidas reducidas, control sobre el proceso y bajos requisitos de espacio en el piso.

En los alimentos al reducir el contenido de humedad se previene el crecimiento de microorganismos y se minimizan otras reacciones de deterioro (Doymaz & Pala, 2003). Por otra parte, se reducen su volumen y su peso, lo cual disminuye los costos de empaque y transporte, además el almacenamiento puede ser a temperatura ambiente por largos períodos de tiempo (Jayaraman & Das Gupta, 1995). Estos fenómenos se producen al secar los alimentos, el cual es un proceso que implica fundamentalmente los conceptos de contenido de humedad y contenido de humedad en el equilibrio.

El sector pesquero y acuícola es fundamental para la generación de alimentos y su contribución a la economía nacional es muy relevante ya que sus actividades fortalecen la soberanía alimentaria y territorial. Los productos pesqueros son alimentos de muy alta calidad y accesibles para satisfacer la demanda nacional y promueven una mayor oferta a los mercados nacionales e internacionales.

En México, se pierde el 54% de pescados y mariscos capturados por diversas razones como procesos de distribución obsoletos, falta de infraestructura en la cadena de suministros, carencia de vehículos apropiados, malas prácticas de comercialización, falta de capacitación del personal para la conservación y manejo de productos (FAO, 2009; SEDESOL, 2018).

En el presente artículo se presenta el estudio del secado solar de pescado en un secador solar tipo invernadero, en apego a la fundamentación del proyecto de creación de una Planta Comunitaria de Secado Solar de productos marinos para su integración en las zonas

Rurales pesqueras.

Agradecimientos:

Los autores agradecen al CONAHCyT por el apoyo al proyecto PRONAH 319524: "Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales"

Materiales y métodos

El pescado fresco se compró en el puerto de abrigo de Lerma, Campeche, lugar donde arriban los pescadores al regresar del mar. Para iniciar el proceso de secado el pescado se lavó, descamó y fileteó, esto con fin de poder iniciar el proceso de deshidratado, teniendo en cuenta los factores físicos que influyen en el secado solar tales como el tamaño y el grosor del filete. Se controló el porcentaje de humedad, actividad del agua (A_w) y colorimetría en fresco y seco. Se deshidrató filete de pescado y residuo de pescado, este último pasó primero a un proceso de cocción antes de introducirlo al secador. Finalmente se procedió a introducir las muestras al secador solar tipo invernadero como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Disposición del filete de pescado en el secador solar tipo invernadero. Foto de autor.

Secador solar tipo invernadero

El deshidratador solar es del tipo invernadero y se diseñó y construyó para deshidratar productos pesqueros y está conformado por una nave curva con dimensiones de 9m de largo x 6m de ancho y 2.5 m en la parte más alta del domo, contando con un área en su base de aproximadamente 54 m². Se le acopló un sistema de inyección de aire proveniente de 15 colectores solares de aire y un termotanque con resistencias eléctricas. Todos los sistemas eléctricos están alimentados por un campo de paneles fotovoltaicos. En la figura 2 se muestra la planta de secado solar con los sistemas de apoyo integrados.



Figura 2. Planta de secado solar tipo invernadero. Foto de autor.

Monitoreo del proceso de secado

Analizador de Humedad

Para la determinación de la humedad se utilizó un analizador de humedad, marca Boeco modelo BMA 150, con una precisión de $\pm 0.01\%$ mg. Se tomó una pequeña muestra del filete de pescado, se dividió en pequeñas partes y se colocó una muestra de aproximadamente 3.0 g dentro del equipo.

Medidor de actividad de agua (aw)

Se determinó la actividad de agua para el filete de pescado y posteriormente para la seca. Se utilizó un equipo marca Rotronic Hygropalm de tipo portátil, con una precisión de $\pm 0.01\%$ mg.

Balanza de precisión

El seguimiento de la pérdida de peso en las muestras analizadas es importante para determinar la cinética de secado. Se utilizó una balanza digital de alta precisión marca Boeco modelo BPS 40 plus.

Estación meteorológica

Se tomaron parámetros climatológicos de la estación meteorológica instalada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche.

Monitoreo de temperaturas

El monitoreo se toma mediante sensores de temperatura y pesaje conectados a un Arduino, el cual recolectara datos durante todo el proceso de secado de manera autónoma, como se ve a continuación en la Figura 3.



Figura 3. Caja de instrumentación del sistema autónomo. Foto de autor.

Resultados experimentales

Influencia del clima en el proceso de secado

La gráfica de la figura 4, corresponde al 21 de septiembre del 2024. Se muestra los datos de irradiancia y temperatura ambiente registradas durante el primer día de secado solar, se puede apreciar que se obtuvo una irradiancia solar máxima de 950 W/m^2 , cabe mencionar que durante el tiempo transcurrido se presentó una leve precipitación entre las 9:40 am a 10:20 am y una nubosidad intermitente durante las 3:00 pm, con esto podemos apreciar que el secado solar depende mucho de la intermitencia solar.



Figura 4. Irradiación y temperatura durante el proceso de secado solar

Cinética de secado

Contenido de humedad y velocidad de secado de residuos de pescado

En la figura 5 se puede observar que el secado de residuos de pescado se llevó a cabo durante 780 minutos. La prueba experimental comenzó a las 9:30 h y terminó a las 16:30 del primer día y el segundo día comenzó a las 10:20 y el experimento concluyó a las 15:00 h, lo que representa 13 horas de secado continuo. El contenido de humedad inicial fue de 1.17 g agua/g materia seca, en contraste la humedad final fue de 0.16 g agua/ m seca.

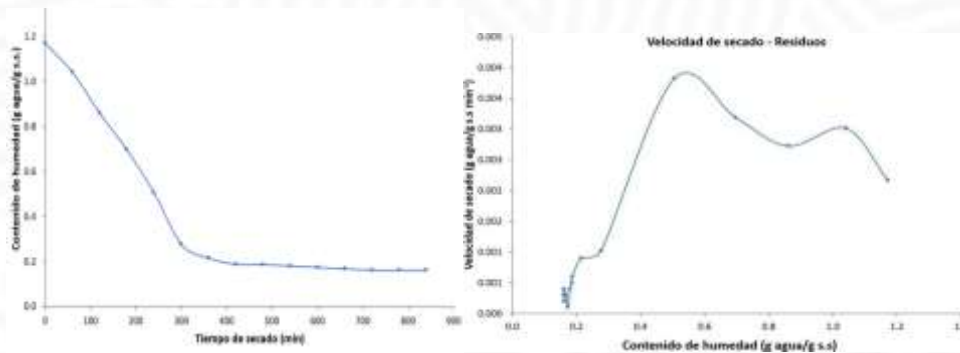


Figura 5 Contenido de humedad y Velocidad de secado solar de residuos de pescado

Cinética de secado de filete de pescado

Se experimentó con tres especies de pescado de bajo valor comercial y nativos del estado de Campeche: Armado, Chac-chi y Bosh. La figura 6 presenta la gráfica del contenido de humedad y velocidad de secado del Armado, que se tomó como ejemplo para el presente artículo, en cuanto a la velocidad de secado se observa que al inicio del proceso de secado tuvo una velocidad de 0.20 g agua/g m seca min⁻¹ y después un incremento hasta 0.0025 g agua/g m seca min⁻¹, manteniéndose esta velocidad por 90 minutos aproximadamente, por lo que puede deducir que este fue el periodo de velocidad constante. A continuación, se puede observar un primer periodo de velocidad decreciente con valores oscilantes entre 0.004 y 0.002 g agua/g m seca min⁻¹ y finalmente se observan las velocidades mínimas a partir del minuto 400 min con

valores cercanos a 0.001 g agua/g m seca min⁻¹. El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 840 minutos continuos.

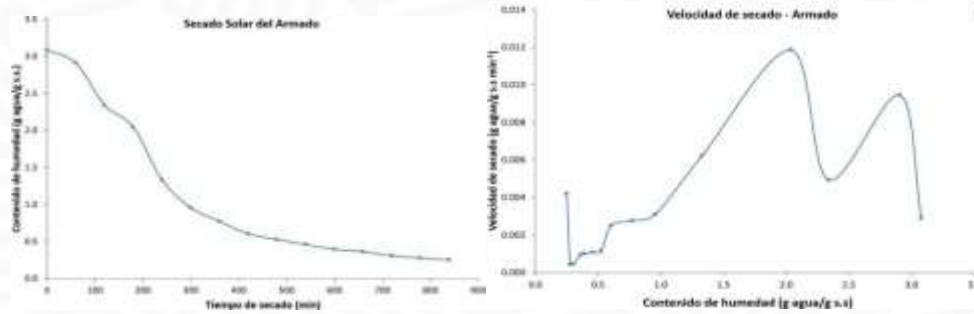


Figura 6 Contenido de humedad y Velocidad de secado solar de la especie de pescado Armado.

En las figuras 7 y 8 se presenta una muestra de filete de pescado y residuo de pescado fresca y seca, respectivamente, como resultado del secado en el secador solar tipo invernadero.



Figura 7 Filete de pescado fresco y después del proceso de secado



Figura 8 Residuo de pescado fresco y después del proceso de secado

Bibliografía

Doymaz, I., & Pala, M. (Noviembre de 2003). *Las características de secado en capa fina del maíz*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877403000256?via%3Dihub>

Jayaraman, K., & Das Gupta, D. (1995). *Drying of fruits and vegetables*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000400013

Millán, J. A. (5 de Julio de 2015). *Dpto. Máquinas y Motores Térmicos*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/nmwmgaj/SECADERO.htm>

Pangavhane, D., Sawhney, R., & Sarsavadia, P. (2002). *Diseño, desarrollo y pruebas de rendimiento de un nuevo secador solar de convección natural*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544202000051?via%3Dihub>

El secado solar como solución a la problemática ambiental de las comunidades pesqueras de Campeche, agravadas por el cambio climático.

Alfonso Lorenzo-Flores ^{a*}, Juan Percino-Picazo ^a, Carlos J. Hernández Estrella ^a,
Margarita Castillo-Téllez ^a

^aUniversidad Autónoma de Campeche, Facultad de ingeniería, Campeche, México.

*Autor de correspondencia: Alfonso Lorenzo-Flores (alorenzo@uacam.mx)

Resumen.

La contaminación antropogénica global y local deteriora el ambiente y exacerba los efectos del cambio climático que, en conjunto, impactan negativamente la salud de la población y su infraestructura. Los efectos nocivos del cambio climático son habituales en las comunidades costeras marginadas, que se manifiestan en el incremento de las enfermedades bacterianas por la ingesta de agua y alimentos contaminados, por el deterioro de su entorno a causa de tormentas y temperaturas extremas. Los municipios costeros del estado de Campeche adicionalmente enfrentan dificultades con el manejo de los residuos sólidos urbanos, lo que representa un riesgo para el acuífero, principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano. En particular, las partes no aprovechadas del pescado, sin un manejo adecuado, se pueden convertir en fuente de contaminación ambiental y un peligro para la salud de la población. En el escenario actual del cambio climático, la planta de secado comunitaria ofrece una solución a la contaminación y los efectos adversos a la salud de la población, al mitigar la generación de gases de efecto invernadero, mediante el uso de la energía solar y el aprovechamiento de los residuos de pescado. El diseño y operación de la planta de secado solar comunitaria se fundamenta en los criterios de la sustentabilidad, como única vía para mitigar los graves problemas del cambio climático, con el objetivo de que las futuras generaciones puedan disfrutar de los recursos de un planeta habitable y sano.

Palabras clave: secado solar; cambio climático; Campeche.

Introducción

El cambio climático ha estado presente en nuestro planeta desde hace miles de años, sin embargo, en las últimas décadas, este fenómeno se ha visto influenciado por la contaminación ambiental generada por las actividades humanas [1], convirtiéndose actualmente en una de las mayores amenazas y retos que enfrenta el ser humano y en particular las comunidades costeras cuya actividad principal es la pesca artesanal.

Uno de los efectos del cambio climático es el calentamiento global, generado por la excesiva emisión de gases de efecto invernadero, que favorecen el incremento de la capacidad atmosférica del planeta para absorber radiación infrarroja del sol, con lo que se rompe el delicado equilibrio existente entre la energía incidente y la irradiada [2]. Otro efecto del cambio climático son las alteraciones al ciclo del agua, que han modificado la temporalidad de la lluvia, incrementando su presencia en forma de nevadas, heladas, tormentas y huracanes; provocando inundaciones, desplazamiento de poblaciones, pérdida de patrimonios y daño a los ecosistemas. El cambio climático también ha generado sequías prolongadas, pérdida de cultivos y daño económico, ambiental y social en la región. Muchos estados de la república mexicana han sufrido daños económicos, ambientales y sociales debido al cambio climático, como la pérdida de cultivos por sequía o inundaciones por exceso de lluvia e incluso por nevadas [3].

De acuerdo con la ONU [4], en los últimos 24 años, 152 millones de latinoamericanos y caribeños han sido afectados por desastres naturales, entre las que destacan las inundaciones, con 548 eventos en los últimos 20 años, afectando a 53 millones de personas y generando quebrantos económicos del orden de 1000 millones de dólares por daños a viviendas, ecosistemas, infraestructura y la pérdida de vidas humanas. Los desastres naturales exacerbados por el cambio climático y el calentamiento global, no solamente afectan el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) local durante el año del desastre, sino que también afectan el crecimiento de los años subsecuentes, revirtiendo así los logros económicos y sociales que las comunidades han alcanzado, situación que impacta negativamente desarrollo en el largo plazo [5]. En México las emisiones de gases de efecto invernadero se han incrementado un 33.4% con respecto a 1990, situándolo en la doceava posición de países con mayores emisiones a nivel mundial. Durante la última década, las emisiones provenientes del sector transporte y de la gestión de los residuos sólidos fueron las que más se incrementaron con tasas medias de crecimiento anual de 4.1% y 5.1%, respectivamente, debido a la acelerada urbanización y al crecimiento del parque vehicular [5]. Se estima que el 15% del territorio del país, el 68% de su población y 71% de su Producto Interno Bruto (PIB) se encuentran expuestos a los impactos adversos del cambio climático. Los daños económicos relacionados a estos eventos han pasado de un promedio anual de 730 millones de pesos en el periodo de 1980 a 1999 a 21,950 millones para el periodo 2000-2012. Este incremento, además de estar asociado a la mayor ocurrencia de eventos, obedece a un aumento en la exposición, el cual es consecuencia de, entre otros factores, la creciente urbanización [5].

Por su ubicación geográfica, el estado de Campeche, localizado en el sureste de México es vulnerable a desastres naturales como ciclones tropicales, lluvias e inundaciones. Según cálculos del Instituto de Información Estadística, Geográfica y Catastral del Estado de Campeche (INFO CAM), el 43% de la infraestructura es susceptible a impactos climáticos y 20% de los hogares se encuentran en zonas de riesgo. De acuerdo al Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, los municipios de Calkiní, Campeche, Candelaria, Carmen, Hecelchakán, Palizada y Tenabo se encuentran en la categoría de municipios rurales y urbanos vulnerables con atención prioritaria [6]. En este escenario, las comunidades pesqueras requieren de alternativas productivas que permitan atenuar los efectos del cambio climático y desarrollar acciones de adaptación a las nuevas condiciones ambientales. El presente trabajo tiene como objetivo la divulgar las oportunidades que ofrece la planta comunitaria de secado solar, como una alternativa sustentable para los pescadores de campeche, que se puede replicar en otros estados costeros, ante el escenario del cambio climático.

Problemática de las comunidades pesqueras ante el cambio climático

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el nivel de los océanos podría aumentar entre 18 y 60 cm en los próximos 90 años, afectando de manera drástica a las comunidades aledañas al mar, provocando pérdida de hogares y desplazamientos humanos [7]. Debido a sus características geográficas, el estado de Campeche es una de las entidades con mayor vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. En Campeche, más de la mitad de su población se encuentra emplazada en zonas vulnerables, por lo que es considerada como una de las entidades con mayor riesgo a los efectos del cambio climático con alto riesgo a las inundaciones por el incremento del nivel del mar. Estas inundaciones pueden provocar la pérdida de hogares, desplazamientos humanos y afectaciones a los ecosistemas costeros por la erosión de las playas, lo que puede propiciar la desaparición de sitios de anidación de especies amenazadas, como las tortugas marinas [8]. También genera impactos negativos a la pesca y la industria petrolera.

El incremento de la temperatura en la entidad es un factor que incluso en la actualidad ha convertido a la entidad en uno de los más cálidos del país, con temperaturas que han sobrepasado los 45 °C. Las elevadas temperaturas y la presencia de tiraderos no autorizados ponen en riesgo a comunidades rurales y constituyen una amenaza permanente de incendios que afectan directamente la biodiversidad y ecosistemas de la entidad [3].

De acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (2021), en el periodo 1985–2020 se registró un aumento en las temperaturas promedio máximas y mínimas, lo que podría reducir la precipitación en Campeche un 15% por ciento en los próximos años. Así, el cambio climático puede generar desnutrición por escases de alimentos y el desplazamiento de poblaciones afectadas por los fenómenos hidro climatológicos extraordinarios, en donde las

poblaciones de escasos recursos, en condiciones de marginación resultan las más afectadas [9].

Por otro lado, el cambio climático altera las condiciones naturales de los factores epidemiológicos y vectores infecciosos afectando negativamente los ecosistemas y la salud humana. Según se prevé, entre 2030 y 2050 el cambio climático causará unas 250,000 defunciones adicionales cada año, debido a la malnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés calórico. El costo de los daños a la salud puede alcanzar los 4,000 millones de dólares en 2030 [6].

El cambio climático también afecta negativamente a las poblaciones de peces. Los cambios en la temperatura de la superficie del mar alteran la disponibilidad de alimentos y hábitats de los peces y otras variedades marinas. Para 2050, se calcula en los trópicos un decremento de la captura de hasta el 40%. Por otro lado, en zonas como el norte del Atlántico y del Pacífico, existen poblaciones de peces que están creciendo [7].

La pesca artesanal es una de las actividades económicas que predomina en la zona costera del Estado de Campeche, donde se enlaza la problemática ambiental del ambiente marino y continental. En la última década, las comunidades pesqueras han visto presentado un deterioro de su economía, debido a la sobreexplotación de especies de alta demanda comercial y la contaminación global. En este escenario, el incremento del volumen de capturas no es alternativa viable para el desarrollo socioeconómico de las comunidades pesqueras de Campeche. Esta situación requiere de plantear opciones productivas sostenibles, como la implementación de una planta de secado solar comunitaria, para el aprovechamiento de los productos pesqueros de bajo valor comercial, que actualmente no se aprovechan, en favor del bienestar socioeconómico de las comunidades pesqueras marginadas del Estado de Campeche.

Descripción de la Planta de secado solar

El prototipo de la planta de secado solar tipo invernadero fue desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la UACAM y consta de los siguientes componentes: Cámara de secado tipo invernadero, un campo de colectores solares aire de MS 1.75 HVA AIRE de la empresa MODULO SOLAR conectados en paralelo y en superficie inclinada, un tanque de almacenamiento térmico y un sistema auxiliar basado en energía fotovoltaica y banco de baterías para la operación sin conexión a la red eléctrica del inyector de aire. El diseño y la implementación de la planta de secado solar tiene como eje rector el concepto de desarrollo sostenible y los 17 objetivos del desarrollo sostenible de la agenda 2030 [4]. Hace compatible las actividades humanas y la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas. Procura evitar el agotamiento de los recursos no renovables y la generación de residuos y emisiones contaminantes. Cuida el mantenimiento del tejido social, mediante de la construcción de una conciencia colectiva, donde la gente se preocupe por la educación, la salud, la paz y la

tranquilidad de la comunidad actual y venidera. Una de las metas de la planta de secado solar es generar riqueza económica a nivel local, que influya regional y globalmente, sin detrimento de los recursos naturales y su conservación.

Aportaciones de la planta de secado solar en la mitigación del cambio climático

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [4], incluye un conjunto de 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible ante el cambio climático [5]. La planta comunitaria de secado solar ofrece los siguientes beneficios para la mitigación de los efectos del cambio climático:

- Mediante el proceso de secado solar de la planta, se transforman en materia prima las partes del pescado que no se aprovechan, contaminan y pueden afectar la salud de la población. Coadyuva en mantener una vida saludable y el bienestar, al reducir la carga orgánica del pescado no aprovechable, que actualmente tiene como destino final, en el mejor de los casos, el relleno sanitario o las playas, en menoscabo de la calidad de vida de la población.
- Promueve el cuidado del agua que utiliza la planta de secado en sus procesos al reutilizarla en riego de árboles frutales y jardines. Promueve la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia encaminada a garantizar la disponibilidad de agua, su saneamiento y gestión sostenible para las comunidades pesqueras de Campeche.
- Promueve el uso de energía solar (renovable, limpia, gratuita y amigable con ambiente), para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el uso y la promoción del acceso a energía moderna, sostenible, asequible y segura. Promueve la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación.
- Promueve el cambio en los hábitos de consumo y producción sostenibles. La planta comunitaria de secado solar tiene como meta hacer más con menos, reducir el desperdicio de alimentos a través del secado solar del pescado, y al mismo tiempo promueve la producción de alimentos sanos.
- Adopta e implementa acciones urgentes para mitigar las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) al no utiliza combustibles fósiles.

La planta comunitaria de secado solar ofrece los siguientes beneficios para la adaptación a las nuevas condiciones socioambientales generadas por el efecto del cambio climático:

- Plantea una opción (oportunidad económica) de ingresos para mujeres, adultos mayores y personas con capacidades diferentes, para abatir la pobreza ante el deterioro de la economía de los pescadores.
- Incide en la eliminación del hambre en las comunidades pesqueras con la

transformación de los sistemas alimentarios, al promover el cuidado y la preservación de alimentos, como el pescado y sus derivados, que se descomponen rápidamente. Representa una alternativa para fortalecer la resiliencia de los sistemas alimentarios pesqueros, al contribuir en la seguridad alimentaria y la nutrición a través de la producción de insumos para la acuicultura sostenible.

- Promueve la construcción de infraestructura resiliente, la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Con el aprovechamiento de la energía solar incide en la reducción de las emisiones de carbono, la eficiencia energética y la adición de valor agregado a los productos básicos como es el pescado que actualmente no se aprovecha.
- Coadyuva en la construcción de ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Promueve la protección y salvaguarda del patrimonio cultural y natural de la comunidad pesquera, a través del uso de energías renovables que mitigan el cambio climático por el uso de combustibles fósiles.
- Promueve el uso de buenas prácticas pesqueras y previene la contaminación y la acidificación de los océanos que deterioran las aguas costeras, con lo que busca conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.

Conclusiones

La planta de secado solar representa una alternativa para la mitigación y adaptación al cambio climático actual. Las comunidades de pescadores requieren de adoptar actividades y acciones preventivas que coadyuve a la conservación de los recursos pesqueros en el futuro, mediante el trabajo conjunto con la academia y las autoridades gubernamentales. Las acciones locales son importantes, sin embargo, se requiere de la suma de esfuerzos ante la magnitud del problema del cambio climático que no respeta fronteras. En particular se requiere trabajar en la búsqueda del equilibrio entre los intereses económicos y la preservación del ambiente y sus recursos en beneficio de la generación actual y las futuras.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo en la elaboración de este trabajo a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche, a través del Proyecto PRONACE FOP04-2021-03-319524 "Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales" y al CONAHCYT por la beca de estancia posdoctoral otorgada.

Referencias

- [1] Padilla, N. (2020). Reflexiones sobre Calentamiento Global y Turismo. Principales riesgos ambientales y regiones turísticas afectadas. Entorno Geográfico, (20), 1-22. doi: 10.25100/eg.v0i20.10557. Disponible en <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3445/1/padilla-2020.pdf>
- [2] Torres, V., Márquez, A. Z., Bolongaro, A., Chavarria, J., Expósito, G., y Márquez, E. (2010). Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debidos a efectos del cambio climático, p. 325-344. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnat-ine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
- [3] Botello A.V., Villanueva S., Gutiérrez J., Rojas Galaviz J. (2017). Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático. UJAT, UNAM, UAC. 476 p. <https://www.redicomar.com/wp-content/uploads/2018/10/Vulnerabilidad-de-las-Zonas-Costeras-de-Latinoame%CC%81rica-al-Cambio-Clima%CC%81tico.pdf>.
- [4] ONU. (2015). Asamblea General de las Naciones Unidas, " Desarrollo sostenible" (Consulta octubre, 2023), [En línea]. Disponible en <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- [5] SEMARNAT (2013). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- [6] PEDDEC (2022). Plan Estatal De Desarrollo Del Estado De Campeche 2021-2027. Periódico Oficial Del Estado San Francisco De Campeche, Cam., Tercera Sección, enero 14 de 2022. <https://campeche.gob.mx/wp-content/pedelectronico/index.html>
- [7] FAO. 2024. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>.
- [8] INECC. (2019). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México. 1ª. Edición. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. Disponible en: https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf
- [9] Shindell D., J. K., Vignati, E., Van Dingenen, R. (2012). "Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security". Science. Vol. 335: pp. 183-189. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/content/335/6065/183.full>

Las tecnologías termosolares como estrategia para la producción sostenible de harina de pescado inocua y segura a partir de descartes pesqueros

Saúl Alonso Herrera Aguayo^a, Luis Daniel Miramontes Castañeda^a, Beatriz Castillo Téllez^c, Juan Carlos Percino Picazo^d y Martha Fabiola Martín del Campo Solís^{b*}

^aMaestría en Estudios Transdisciplinarios en Ciencia y Tecnología, Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, C.P. 46200, México.

^bLaboratorio de Investigación en Biotecnología, Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jalisco, C.P. 46200, México

^cCentro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara, Tonalá, Jalisco, C.P. 45425, México

^dFacultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Campeche, C.P. 24039, México

* mfmartindelcampo@cunorte.udg.mx

Resumen

Este estudio evalúa el uso de tecnologías termosolares en la producción de harina de pescado a partir de subproductos de tilapia (*Oreochromis sp.*), con el objetivo de desarrollar un proceso más sostenible y eficiente energéticamente. La producción de harina de pescado implica cocción y secado, etapas que generalmente demandan altos costos energéticos. En esta investigación, se implementaron dispositivos de cocina y secado solar para procesar desechos pesqueros, reduciendo el consumo de combustibles fósiles. Los resultados mostraron que las condiciones meteorológicas locales (Colotlán, Jalisco) permiten alcanzar las temperaturas necesarias para un procesamiento eficiente y seguro. Se obtuvo una harina con una humedad final inferior al 10% y sin presencia de microorganismos patógenos (*Salmonella spp.*), cumpliendo con las normativas microbiológicas mexicanas. El uso de estas tecnologías permite no solo reducir la generación de desechos, sino también obtener un producto seguro que contribuye a la seguridad alimentaria. Esta propuesta demuestra el potencial de las energías renovables en la industria agroalimentaria, especialmente en comunidades rurales con acceso limitado a fuentes convencionales de energía.

Palabras clave: tecnologías termosolares, harina de pescado, sostenibilidad, subproductos pesqueros, seguridad alimentaria.

Introducción

El pescado es un producto alimenticio de gran valor nutricional, considerado una fuente de proteínas de alto valor biológico y de fácil digestión. También es una fuente importante de vitaminas, minerales y ácidos grasos poliinsaturados del grupo de los Omega-3, específicamente DHA y EPA [1].

Se estima que el consumo mundial aparente per cápita de alimentos acuáticos de origen animal fue de 20.6 kilogramos en el año 2021 [2], sin embargo, en México, el consumo per cápita de animales acuáticos fue significativamente inferior, llegando únicamente a 12.37 kilogramos por persona [3].

El procesamiento de pescado destinado al consumo humano genera pérdidas importantes, produciendo grandes cantidades de subproductos de desecho, como espinas, cabezas, piel, escamas y vísceras. Estos subproductos representan entre el 30% y el 70% del peso total del pescado (dependiendo de la especie y de la técnica de procesamiento utilizada). En el caso de la tilapia (especies *Oreochromis spp.* y *Tilapia sp.*), un filete representa aproximadamente el 30% del peso vivo del pescado entero, dejando el 70% restante sin ningún uso para consumo humano directo [2]. El procesamiento del pescado abarca etapas como el desangrado, la evisceración, la decapitación, el fileteado, el desollado y el recorte, que se llevan a cabo antes de que los filetes lleguen a manos de los consumidores [4].

Tradicionalmente se ha considerado a estos descartes como subproductos de bajo valor y se les ha tratado como desechos. La gestión inadecuada de estos descartes provoca múltiples efectos adversos en el medio ambiente y en la salud pública. Sin embargo, los subproductos pesqueros pueden representar una oportunidad para la industria agroalimentaria. Las estrategias para su aprovechamiento pueden resultar importantes por cuestiones ecológicas, económicas y sociales en los entornos donde las actividades pesqueras y acuícolas tienen presencia, y podrían permitir la salvaguarda de la seguridad alimentaria y la salud de los consumidores.

Así mismo, los subproductos generados durante el procesamiento del pescado son una excelente fuente de macro y micronutrientes, y pueden transformarse en diversos productos con valor añadido, como harina y aceite de pescado. La transformación de estos subproductos en harina de pescado se considera la opción más eficiente para aprovechar íntegramente todos los residuos, ya que reduce significativamente la cantidad de desechos generados [4]. En 2022, el 34% de la producción global de harina de pescado fue realizada a partir de subproductos pesqueros [2].

La harina de pescado es un producto rico en proteínas, y es obtenido mediante un procesamiento que implica cocción del pescado entero y/o fraccionado, prensado, secado y molienda. Durante el procesado de la harina es posible distinguir tres fracciones diferenciadas: sólidos sin grasa, aceite y agua. La cocción se realiza

generalmente a $>90^{\circ}\text{C}$ y el secado a $>60^{\circ}\text{C}$, siendo los costos energéticos, los valores más altos dentro de esta industria [5]. El porcentaje de humedad final debe ser máximo del 10% para ser considerado un producto seguro. En promedio, la harina de pescado contiene 70% de proteína bruta y 9.5% de aceite. Además, cuenta con un perfil de minerales que incluye P, Se, Zn, Cu, Fe y Zn y vitaminas del grupo B [6].

El valor nutritivo de la harina depende del tipo de pescado empleado [5], también es importante señalar que la harina derivada de subproductos tiene un perfil nutritivo diferente al de la harina fabricada con pescado entero, ya que posee un menor porcentaje de proteína, sin embargo, tiene un perfil de minerales mayor [2]. De igual manera, las altas temperaturas y los tiempos prolongados de secado pueden disminuir la disponibilidad de aminoácidos debido a la formación de compuestos de Maillard. En consecuencia, el proceso de producción de la harina incide de forma directa en su valor nutricional [5].

Debido a la amplia distribución de los sistemas de captura y producción de tilapia, la producción de harina a partir de especies del género *Oreochromis* está bastante extendida. Si bien, se ha reportado que la harina fabricada a partir de subproductos de tilapia puede presentar variaciones en su contenido nutricional, no se han observado diferencias en sus valores biológicos [7].

El cultivo de tilapia es uno de los más difundidos en México, la presencia de su cría se puede encontrar en todo el territorio nacional, con excepción de la Ciudad de México. El cultivo se caracteriza por ser altamente productivo, siendo los principales productores los estados de Jalisco, Chiapas y Sinaloa y se realiza en aguas templadas ($24^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$), tanto dulceacuícolas como salobres [8].

Los costos energéticos son los de mayor preponderancia durante el proceso de producción de harina de pescado, debido a que para alcanzar las altas temperaturas de cocción y secado es necesario emplear combustibles fósiles, como gas LP y electricidad, también se requieren de tecnologías sofisticadas para su producción, sin embargo, esto implica inversiones elevadas de capital, lo cual vendría a excluir del mercado a los pequeños productores, afectando directamente la sostenibilidad de esta práctica. No obstante, la transformación de subproductos en harina de pescado puede llevarse a cabo empleando tecnologías simples, a nivel artesanal que no requieren una gran inversión inicial, como los dispositivos termosolares, permitiendo así el aprovechamiento integral de la mayoría de estos subproductos.

La deshidratación solar es una técnica ancestral de conservación de alimentos que extrae gran parte de la humedad para evitar su descomposición. Este proceso utiliza el calor del aire en una cámara de secado para evaporar y eliminar la humedad del producto [9]. Por otro lado, la cocina solar utiliza dispositivos como hornos y estufas que convierten la energía solar en calor mediante el efecto invernadero, permitiendo cocinar y pasteurizar alimentos, así como esterilizar instrumentos, contribuyendo a la seguridad en la industria agroalimentaria [10].

Materiales y métodos

El presente estudio se centró en el desarrollo de un método para la producción de harina de pescado inocua a partir de desechos pesqueros, utilizando tecnologías termosolares en el proceso de cocción y secado. El objetivo principal fue garantizar la seguridad alimentaria del producto final, optimizando el uso de fuentes de energía renovable para lograr un procesamiento eficiente y sostenible que cumpla con las normativas de calidad e inocuidad.

Materia prima

Se procesaron cabezas, aletas, espinas, vísceras, escamas, piel, agallas y musculo oscuro de *Tilapia sp.* La muestra fue donada por un pescador de la Sociedad Cooperativa de Pesca "Pesquera El Jagüey SC DE RL DE CV", del municipio de Villanueva, Zacatecas. La materia prima se recibió congelada en el mes de abril de 2024, previo al inicio de la veda pesquera en el embalse Julio Ruelas (El Jagüey), y se mantuvo en este estado dentro de un ultra congelador a -26°C hasta su procesamiento mediante tecnologías termosolares en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Universitario del Norte.



Figura 1. Desechos de pescado antes de su cocción en horno solar

El embalse Julio Ruelas está ubicado en la localidad de El Jagüey, Villanueva, Zacatecas, en las coordenadas $22.272201^{\circ}\text{ N}$, $-103.017905^{\circ}\text{ O}$, a 1,889.50 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una capacidad total de almacenamiento de 3.0000 hm³ [11]. El clima predominante es semiseco templado, con una temperatura media anual de 20°C y una precipitación media de 500-800 mm al año [12].

Cocción solar

Los experimentos con tecnologías termosolares fueron realizados en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Colotlán, Jalisco, en el mes de septiembre de 2024. El clima de esta zona se caracteriza por ser semicálido y semihúmedo, con una temperatura media anual de 18.3°C , una precipitación anual de 717 mm [13] y una radiación solar promedio de $5.9\text{kWh/m}^2\text{día}$ [14].

Se utilizó un kit de cocina solar y horno holandés marca Haines, modelo 2.0 "SunUp" Solar Cooker, que incluye una olla especialmente diseñada para cocinar con energía solar. El reflector de este equipo está compuesto de Mylar reflectante adherido a espuma de polietileno, lo que le proporciona resistencia y flexibilidad. La olla, por su parte, es de acero inoxidable con una tapa de cristal, tiene una capacidad de 4.26 litros y presenta un acabado negro en el exterior para optimizar la absorción del calor solar.

La muestra de desechos de pescado se descongeló durante 24 horas a 4 °C antes de ser colocada en la olla, distribuyéndola uniformemente por todo el recipiente. Posteriormente, se armó el reflector en su primer nivel (uniendo únicamente los



Figura 2. Kit de cocina y horno solar

botones blancos y azules) y se ubicó la olla en el centro del reflector Mylar, sobre su base redonda de acetato, de manera que quedara ligeramente elevada con respecto al punto de incidencia de la luz solar. Se colocó la funda protectora de acetato sobre la olla para mantenerla aislada y se posicionó el equipo en un espacio abierto, garantizando la exposición directa a la radiación solar sin obstrucciones. Durante la cocción, la olla se rotó cada 1 a 2 horas para asegurar que la base permaneciera orientada hacia el sol a medida que este se desplazaba a lo largo del día.

El proceso de cocción solar de los desechos de pescado se realizó por triplicado. Cada cocción tuvo una duración promedio de 4 horas, comenzando a las 10:00 y finalizando a las 14:00 horas. Buscando lograr mantener una temperatura interna mínima de 80 °C durante al menos 20 minutos, para asegurar una reducción significativa de la población bacteriana presente en la muestra. La temperatura dentro de la olla se monitoreó constantemente mediante un controlador y registrador de temperatura y energía construido con un sistema ESP32.

La cocción solar de desechos de pescado permite obtener un estofado rico en nutrientes, ya que el calor ayuda a que la matriz alimentaria libere los jugos lixiviados, los cuales pueden ser extraídos eficientemente mediante prensado. Para llevar a cabo este proceso, se utilizó una prensa manual de doble barril de la marca VEVOR, con capacidades de 3.5 y 2 litros, respectivamente. Esta prensa está fabricada en acero inoxidable y cuenta con un mango de bola en forma de T y una placa de 0.1 pulgadas de grosor. El estofado de pescado se depositó en el barril interior de 2 litros, el cual se colocó dentro del barril externo más grande. La extracción de los jugos lixiviados se realizó aplicando presión manual sobre los desechos. Este proceso permitió obtener una torta prensada con un contenido de humedad significativamente menor.

Secado solar

El secado solar de desechos de pescado se llevó a cabo por triplicado en un deshidratador solar mixto tipo gabinete con colector solar sin convección forzada. La cámara de secado está construida en acrílico transparente, tiene una superficie de

secado de 0.5 m². Cuenta con las paredes laterales e inferior perforadas y con una chimenea para la extracción del aire húmedo y caliente [14].

Se realizó la cinética de secado de camas de 3 cm, 2 cm y 1 cm de espesor, respectivamente, midiendo la pérdida de peso empleando una balanza marca Ohaus, modelo PA3202, con precisión de ±0.01 g y capacidad máxima de 3,200 g cada 15 minutos hasta alcanzar la humedad de equilibrio. La temperatura de la cámara de secado se midió con un controlador y registrador de temperatura y energía construido con un sistema ESP32. La humedad interna, por su parte, se midió con un termómetro digital con sensor de humedad ThermoPro, modelo TP-50. En lo que respecta a las variables meteorológicas de temperatura, humedad, radiación e



Figura 3. Secador solar tipo gabinete con colector solar



Figura 4. Vista interior de la cámara de secado

índice UV se obtuvieron mediante una estación meteorológica marca VEVOR, modelo YT60234. El porcentaje de humedad de las muestras se determinó con una termobalanza marca Ohaus, modelo MB23, con precisión de ±0.01 g y capacidad mínima de 0.2 g. Se determinó que el porcentaje de humedad máximo de la harina de pescado sería del 10%. Los residuos de pescados deshidratados se trituraron en un molino eléctrico multifunción de alta velocidad y se añadió solución BHT en etanol al 2% para prevenir la oxidación de las grasas y prolongar la vida útil de la harina.

Cuantificación de microorganismos mesófilos en placa

El conteo de microorganismos aerobios en placa se llevó cabo de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994, que especifica el método para cuantificar los microorganismos viables en un alimento, estimando la cifra realmente presente. La cantidad de bacterias refleja la calidad de las prácticas en el manejo del producto durante su procesamiento [15].

La preparación y dilución de las muestras analizadas se realizó de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994. La muestra se preparó utilizando 25g del producto a analizar en una dilución 1:10 en agua peptonada. Se prepararon 6 diluciones decimales seriadas que consistían en 1ml de la preparación homogeneizada en 9ml de agua peptonada [16].

Para el ensayo de cuantificación de mesófilos, se empleó el medio de cultivo Agar Triptona-Extracto de Levadura, como lo especifica NOM-092-SSA1-1994. Las placas sembradas se incubaron a 35 ± 2°C durante 48 ± 2 horas. Al final, se realizó el conteo de $UFC/g = (Cantidad\ de\ colonias / FD) / Volumen\ de\ la\ muestra\ sembrada$ [15].

Cuantificación de microorganismos coliformes totales en placa

La determinación de la cantidad de coliformes presentes en el producto alimenticio se realizó conforme a la NOM-113-SSA1-1994, utilizando el medio de cultivo selectivo Agar rojo violeta bilis, con la finalidad de detectar posibles practicas higiénicas inadecuadas durante el proceso de fabricación de la harina [17].

La preparación y dilución de las muestras analizadas se realizó de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994 [16]. Las placas se incubaron durante 24 ± 2 horas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. El conteo se llevó a mediante la formula estipulada en la NOM-092-SSA1-1994 [15].

Determinación de microorganismos patógenos: Salmonella

Los miembros del género *Salmonella spp.* son microorganismos patógenos para el ser humano y para algunas especies animales. *Salmonella spp.* se puede encontrar en los productos para el consumo humano, así como también en las áreas de producción y manejo de alimentos.

La determinación de la presencia de *Salmonella* se llevó a cabo de acuerdo con lo estipulado en la NOM-210-SSA1-2014 Apéndice A Normativo. Método de referencia para el aislamiento de *Salmonella spp.*

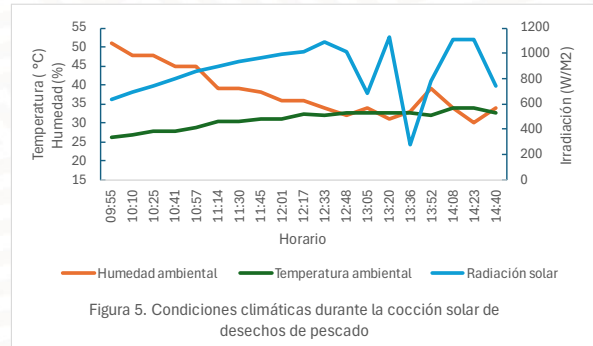
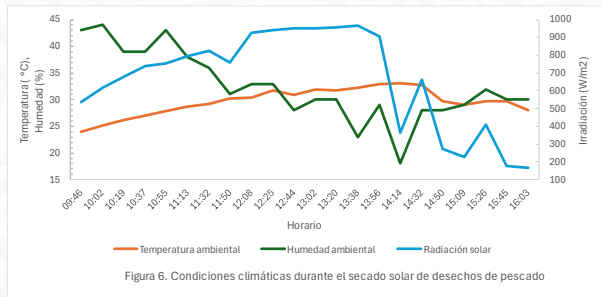
La determinación de la presencia o ausencia de este patógeno se realiza sobre un volumen específico de producto, para lo cual se requieren 4 etapas consecutivas: en la etapa de pre-enriquecimiento se prepara una suspensión en dilución 1:10 en agua peptonada amortiguada, empleando 25g de muestra, la cual se incuba a $36^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ por $18\text{h} \pm 2\text{h}$. Le sucede la etapa de enriquecimiento selectivo, en la cual se utiliza Caldo verde brillante (RVS) para incubar 0.1ml de la suspensión anterior en 10ml de RVS en una dilución 1:10 a $41.5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ por $24\text{h} \pm 3\text{h}$. La tercera y cuarta etapas, aislamiento e identificación, implica sembrar por duplicado mediante estriado en por lo menos 2 medios selectivos: Agar Medio Salmonella y Shigella y Agar Medio de MacConkey, incubando a $36^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ por $24\text{h} \pm 3\text{h}$ [18].

Resultados y discusión

La medición de las condiciones meteorológicas durante los procesos de cocción y secado solar se presentan en las Figuras 5 y 6, respectivamente. Durante el proceso de cocción solar, la temperatura promedio ascendió a 30.95°C , con un porcentaje de humedad medio de 38% y una irradiación promedio de 868.6 M/W^2 . En el caso del secado, la temperatura media fue de 29.68°C , la humedad promedio fue de 32.4% y la irradiación de 663 W/M^2 .

Se observa un aumento casi constante de la radiación solar desde el comienzo de las pruebas hasta aproximadamente entre las 13:00 y 14:00 horas, lo cual es un rasgo

bastante típico en la región en donde fueron realizados los experimentos solares, con mañanas generalmente soleadas y tardes parcialmente nubladas al finalizar el verano.



En la Figura 7 se presenta la cinética de deshidratación de desechos de pescado en cama de 1 cm de espesor. Se observa una curva típica de secado con tres etapas: durante las primeras 3 horas y media, la velocidad de secado es rápida y constante, ya que el agua de la superficie del alimento se evapora fácilmente; luego, en la siguiente hora, se observa una disminución gradual en la velocidad de secado; en la última hora, la curva se aproxima a un valor constante, lo que indica que el alimento ha alcanzado la humedad de equilibrio. Al finalizar el secado, se realizó una prueba rápida de determinación de humedad, la cual indicó 9.6% de humedad en base seca, en donde el valor máximo permitido para la harina de pescado es $\leq 10\%$.

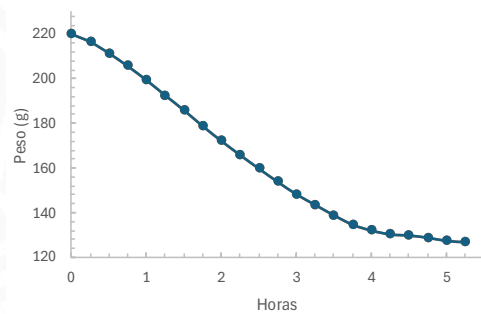


Figura 7. Cinética de secado solar de desechos de pescado en cama de 1 cm de espesor.

Las Figuras 8 y 9 presentan el comparativo entre las temperaturas alcanzadas dentro de los equipos termosolares (cocina y secador, respectivamente) con las variables ambientales de humedad, temperatura y radiación solar. Se observa que la temperatura interna alcanzada en ambos equipos termosolares podría ser inversamente proporcional con el porcentaje de humedad ambiental. En cuanto a las temperaturas ambiental e interna de los equipos, estas son directamente proporcionales entre sí. En lo que se refiere a la radiación solar en relación con la temperatura interna de los equipos, no parece existir una relación clara entre ambos parámetros.

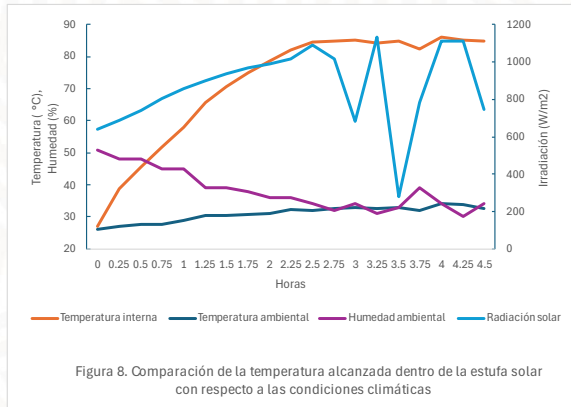


Figura 8. Comparación de la temperatura alcanzada dentro de la estufa solar con respecto a las condiciones climáticas

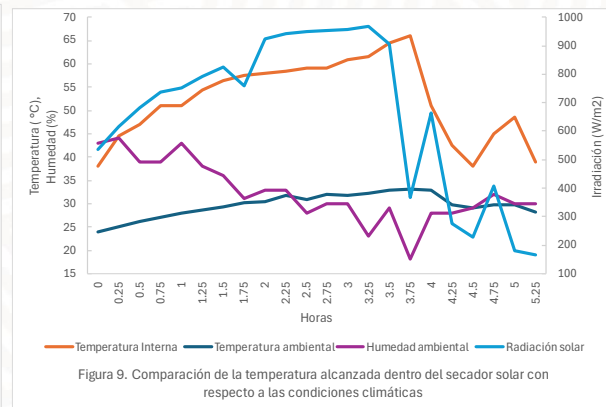


Figura 9. Comparación de la temperatura alcanzada dentro del secador solar con respecto a las condiciones climáticas

La Figura 10. muestra la velocidad de secado con relación a la reducción del contenido de humedad (masa de agua entre la masa de sólido seco) por minuto. Se trata de una velocidad típica, en donde comenzamos con una pérdida constante del contenido de humedad, generalmente la humedad disminuye de forma rápida y uniforme, después, se observa un decrecimiento en el ratio de humedad (MR) debido a la resistencia interna a la transferencia de humedad, por último, esta la fase de equilibrio, en donde la matriz alimentaria ha perdido la mayor parte del agua libre.

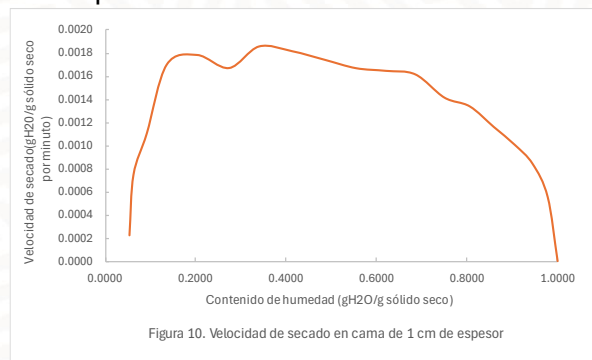


Figura 10. Velocidad de secado en cama de 1 cm de espesor



Figura 11. Siembra de *Salmonella spp.* en medios de cultivo selectivos. I. Parte superior, de izquierda a derecha, controles negativos en medios de cultivo para *Salmonella* y *Shigella* y en Ágar de MacConkey. II. Parte inferior, en el mismo orden, muestras de pescado cocido analizadas, en donde se observa la ausencia de *Salmonella spp.*

En el Cuadro 1 se representan los resultados de la determinación de la calidad microbiológica de los desechos de pescado cocinados en estufa solar. No se observó desarrollo de coliformes totales ni tampoco de *Salmonella spp.* para 25g de muestra, por último, en el recuento de aerobios mesófilos, se determinó la presencia de 700 UFC/ml.

Muestra	Aerobios Mesófilos (UFC/ml)	Coliformes Totales (UFC/g)	Salmonella
Estofado de desechos de pescado	7×10 ² UFC/ml	No desarrollo de coliformes por ml	Salmonella spp. en 25g: AUSENCIA

Harina de pescado	No desarrollo de mesófilos por ml	No desarrollo de coliformes por ml	Salmonella spp. en 25g: AUSENCIA
-------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

Conclusiones

El presente estudio demostró que el uso de tecnologías termosolares para el procesamiento de desechos de tilapia es una alternativa viable y sostenible para la obtención de harina de pescado inocua y de alta calidad microbiológica. Los resultados indicaron que el doble tratamiento térmico mediante cocción y secado solar no solo garantiza la reducción significativa de microorganismos patógenos, como *Salmonella* spp., sino que también cumple con los estándares de inocuidad alimentaria establecidos por las normativas mexicanas. Además, las condiciones climatológicas de Colotlán, Jalisco, resultaron adecuadas para implementar estas tecnologías, logrando temperaturas óptimas para los procesos de cocción y secado sin necesidad de recurrir a fuentes de energía no renovables. Esto subraya el potencial de las energías renovables, particularmente en zonas rurales y con recursos limitados, para fomentar una producción alimentaria más eficiente y sostenible. El aprovechamiento de subproductos pesqueros no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también permite generar valor añadido en la industria agroalimentaria, fortaleciendo la seguridad alimentaria y favoreciendo a los pequeños productores que buscan alternativas energéticas asequibles. Este enfoque innovador puede ser replicado en otras regiones con condiciones climatológicas similares, ampliando el impacto positivo en la economía local y el medio ambiente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, al "Proyecto Nacional Estratégico 319524 Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros con tecnología termosolar: Modelo energético en Campeche", a la Universidad Autónoma de Campeche, a la Universidad de Guadalajara y a la Sociedad Cooperativa de Pesca "Pesquera El Jaguey SC DE RL DE CV" por su valiosa aportación para la realización de este proyecto.

Referencias

- [1] Procuraduría Federal del Consumidor, "Pescados y mariscos", PROFECO. Consultado: el 6 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/pescados-y-mariscos?state=published>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024 La transformación azul en acción", Roma, 2024. doi: <https://doi.org/10.4060/cd0683es>.

- [3] Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, "Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2023", Ciudad de México, 2024.
- [4] O. Peñarubia, J. Toppe, M. Ahern, A. Ward, y M. Griffin, "How value addition by utilization of tilapia processing by-products can improve human nutrition and livelihood", *Rev Aquac*, vol. 15, pp. 32–40, 2023.
- [5] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, "Harina de pescado, 70/9/13", FEDNA.
- [6] D. Solà-Oriol, "Harina de pescado", 3tres3.
- [7] M. dos S. Cardoso *et al.*, "Tilapia processing waste meal: nutritional composition and apparent digestibility", *Journal of Applied Aquaculture*, vol. 35, núm. 1, pp. 186–200, 2023.
- [8] Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable, "Acuicultura Tilapia", INAPESCA.
- [9] J. L. P. Martínez, R. V. Herrera, y J. A. G. Fernández, "Deshidratación de alimentos utilizando energía solar térmica", *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, vol. 10, núm. 50, pp. 99–107, 2013.
- [10] J. Castilblanco, H. Villamil, E. Martínez, P. D. Bonaveri, y L. E. Mealla Sánchez, "Cocción solar: una alternativa para comunidades emergentes de Barranquilla", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 14, 2010.
- [11] Comisión Nacional del Agua, "Inventario Nacional de Presas".
- [12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Compendio de información geográfica municipal 2010 Villanueva Zacatecas", 2010.
- [13] Instituto de Información Estadística y Geográfica, "Colotlán Diagnóstico del Municipio", Guadalajara, ago. 2022.
- [14] B. Castillo-Téllez, C. J. Vega-Gómez, R. Marzoug, y M. C. Téllez, "Secado con tecnología solar: Una opción para conservación de la carne", *Energías Renovables*, vol. 10, núm. 51, 2023, doi: <https://doi.org/10.59730/rer.v10n51a3>.
- [15] Diario Oficial de la Federación, "NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.", *DOF*, 1995.
- [16] Diario Oficial de la Federación, *NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. México: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0, 1995.
- [17] Diario Oficial de la Federación, *NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. México:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0, 1995.

- [18] Diario Oficial de la Federación, *NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos*. México: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0, 2015.

Evaluación Económica de la Planta de Secado Solar Comunitaria en Lerma, Campeche

Percino-Picazo J.C.*¹, Castillo-Téllez M.¹, Castillo-Téllez B.², Hernández-Estrella C. J.¹,
Lorenzo-Flores A.¹

¹Universidad Autónoma de Campeche, ²Universidad de Guadalajara

*jcperc@uacam.mx

Resumen

El secado solar es una técnica ancestral y ecológica que permite la conservación de alimentos, utilizando la energía del sol de manera eficiente y sostenible. En comunidades costeras como Lerma, Campeche, este método no solo representa una solución económica, sino también una vía para reducir el desperdicio de productos pesqueros, minimizando la generación de basura orgánica y contribuyendo a la preservación del medio ambiente. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la viabilidad económica de la planta de secado solar comunitaria tipo invernadero para Lerma, Campeche, tomando en cuenta no solo los beneficios económicos como el aumento de ingresos y la generación de empleo, sino también otros aspectos importantes. Entre estos se encuentran la reducción de desperdicios pesqueros, el fomento de prácticas sustentables y la mejora de la calidad de vida de la comunidad a través de la inclusión de grupos vulnerables. Asimismo, se espera un valor presente neto de 37.65 millones de pesos en un horizonte de 10 años, con un periodo de recuperación de la inversión de 3 años, y una tasa interna de retorno de 52%. La participación activa del gobierno estatal y la colaboración con universidades y centros de investigación resultan esenciales para garantizar que el proyecto sea tecnológicamente viable, socialmente inclusivo y ambientalmente responsable, promoviendo un modelo replicable para otras localidades.

Palabras Clave: Análisis económico, residuo de pescado, secador tipo invernadero.

Introducción

El secado solar es una técnica de conservación de alimentos ancestral que ha sido utilizada a lo largo de la historia. Su principal atractivo reside en la sencillez con la que utiliza la energía solar, sin la necesidad de costosos equipos o energía proveniente de fuentes adicionales. En la actualidad, esta técnica sigue siendo relevante, especialmente en zonas rurales y costeras, donde la infraestructura tecnológica puede ser limitada y las comunidades dependen fuertemente de los recursos naturales disponibles. En particular, las comunidades pesqueras, como Lerma, Campeche, enfrentan desafíos que pueden encontrar soluciones en el uso de esta tecnología.

Lerma, una comunidad cuya economía está estrechamente vinculada al sector pesquero, enfrenta problemas económicos relacionados con la variabilidad de los precios de venta, la sobreexplotación de las regiones pesqueras, y la escasez de pescado por diversos factores. Asimismo, la propia actividad pesquera manejada de una forma no sustentable, genera una cantidad importante de desechos orgánicos que terminan en rellenos sanitarios, tiraderos a cielo abierto o son vertidos en las costas y

puertos de pesca, generado focos de contaminación importantes. Por otra parte, existen problemas de cohesión social, segregación de grupos en cuanto al género y las actividades productivas, y una estratificación de los pescadores asociada a los ingresos económicos. Ante este panorama, la implementación de la planta de secado solar comunitaria ofrece una alternativa viable para enfrentar estos desafíos, al tiempo que fomenta la participación activa de la comunidad y la adopción de prácticas sostenibles.

El objetivo del presente estudio es evaluar la viabilidad económica de esta planta en la comunidad de Lerma, tomando en cuenta no solo los aspectos económicos, sino también el impacto social y ambiental que puede generar. Desde el punto de vista económico, se proyecta un valor presente neto (VPN) de 37.65 millones de pesos a lo largo de un horizonte de 10 años, lo que indica una rentabilidad atractiva. Además, el periodo de recuperación de la inversión se estima en 3 años, con una tasa interna de retorno (TIR) del 52%. Estos indicadores sugieren que la planta de secado solar no solo es factible, sino que también tiene el potencial de generar un retorno económico significativo para replicar en otra comunidad y beneficiar a la comunidad de Lerma.

Descripción de la Planta de Secado

El esquema de la Figura 1 muestra la planta de secado solar tipo invernadero diseñado para deshidratar productos del mar, aprovechando tanto colectores solares térmicos como paneles fotovoltaicos para generar calor y electricidad, respectivamente. Este sistema se compone de varias partes clave que trabajan en conjunto para maximizar la eficiencia en el secado y reducir el consumo de energía.

En primer lugar, el sistema cuenta con colectores solares térmicos que captan la energía del sol para calentar aire. El aire caliente pasa directamente a los secadores solares tipo invernadero por medio de inyección a través del ventilador centrífugo con mayas y filtros, asegurando una mayor higiene y eficiencia en el secado. Para lograr el secado de lotes que requieren más de una jornada solar, se consideró un sistema de almacenamiento térmico con un intercambiador de calor para proveer horas adicionales de inyección de aire caliente. El sistema también cuenta con paneles solares fotovoltaicos, los cuales generan electricidad para alimentar los ventiladores, el sistema de calentamiento en el termotanque, los sensores y otros componentes eléctricos. Finalmente, el sistema de secado solar dispone de dos cámaras de secado tipo invernadero, las cuales están dotadas de bastidores para procesar aproximadamente 800 kg de pescado en fresco.

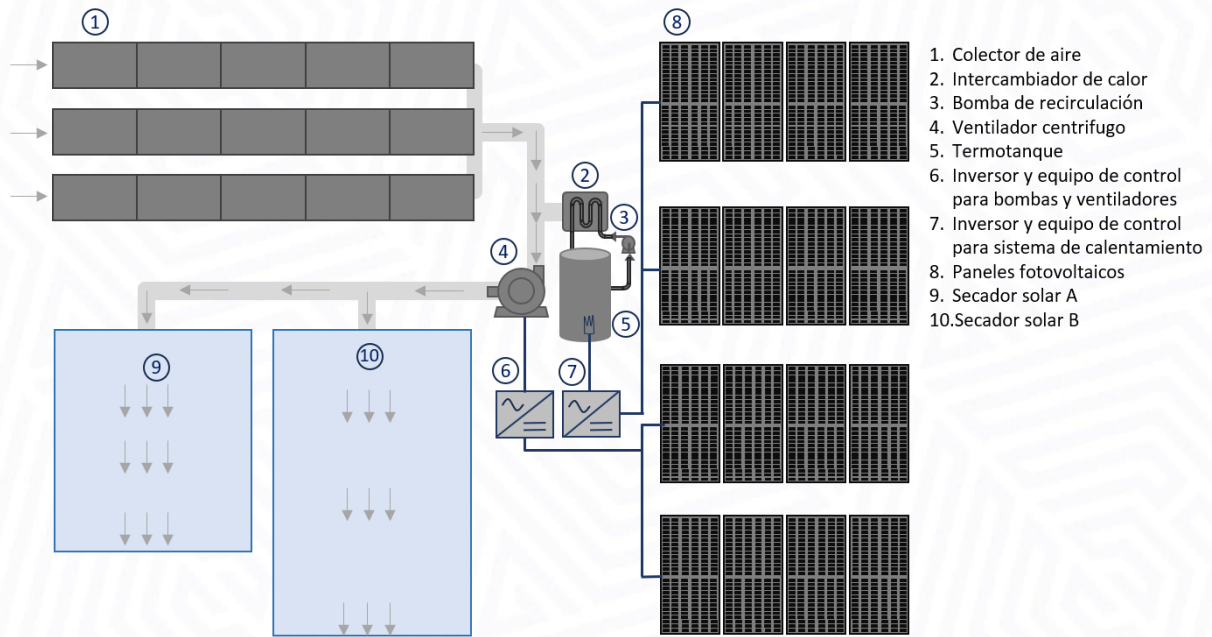


Figura 1. Elementos principales del secador solar tipo invernadero con inyección de aire caliente y respaldo térmico.

Metodología

Para la evaluación económica de la implementación de la planta de secado solar comunitaria se consideraron los siguientes pasos: en primera instancia se realizó una estimación de los costos incurridos en la instalación y puesta en marcha de la planta de secado solar. Posteriormente, se estimaron los beneficios de la venta de productos y se identificaron los beneficios adicionales. Finalmente, se usaron diferentes métodos de evaluación económica, como el Valor Presente Neto (VPN), la tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (Payback).

Los costos considerados asociados a la producción se clasificaron como costos fijos C_f y costos variables C_v , de tal forma que los costos totales $C_t = C_f + C_v$. Los rubros incluidos en las categorías de costos fijos y costos variables se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Clasificación de rubros en costos fijos y costos variables.

Costos Fijos	Costos variables
Telefonía e Internet	Energía Eléctrica
Agua	Salarios
Recolecta de basura	Insumos alimentos balanceados
Mantenimiento equipos	Insumos biofertilizantes
Mantenimiento instalaciones	Combustible vehículo
Mantenimiento vehículo	Insumos de limpieza
Renta inmueble	Equipo de protección Personal
Publicidad	

Derivado del secado de pescado de bajo valor comercial y residuos de pescado, se obtuvo harina de pescado con un alto valor en proteína. Para filete de pescado se obtuvieron valores de 81.4%, mientras que, para el caso de los residuos de pescado, se alcanzaron valores de 62.3%. Con la harina de pescado y otros insumos se pueden generar alimentos balanceados para animales y con los residuos líquidos se produce biofertilizante. La planta de secado se enfocó en producir alimento para tilapia y biofertilizante, de tal forma que, los ingresos por venta de alimento para tilapia y biofertilizante, son los únicos conceptos considerados en la corrida financiera. Los ingresos totales Rt se calculan con la ecuación (1)

$$Rt = PaVa + PbVb \quad (1)$$

Donde Pa y Va es el precio de venta y volumen de producción en kilogramos del alimento para tilapia, respectivamente, y Pb y Vb es el precio de venta y el volumen de producción en litros del biofertilizante, respectivamente. El flujo de efectivo para cada periodo se calculó como

$$F_k = Rt_k - Ct_k - I_k \quad (2)$$

Donde I_k son los impuestos en el periodo k y se calculan como

$$I_k = (Rt_k - Ct_k - D_k)ISR \quad (3)$$

Donde D_k es la depreciación de la maquinaria y equipos y se calcula mediante el método lineal, y el termino ISR es la tasa de impuestos sobre la renta.

El Valor Presente Neto (VPN) Se calculó mediante la expresión (4)

$$VPN = \sum_{k=0}^T \frac{F_k}{(1+i)^k} \quad (4)$$

Donde F_k representan los flujos de efectivo anuales, i es la tasa de interés de evaluación, y k es el tiempo en años.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se calculó como aquel valor para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = \sum_{k=0}^T \frac{F_k}{(1+TIR)^k} \quad (5)$$

Para calcular el Payback, se considera el flujo de efectivo actualizado acumulado del proyecto durante el tiempo de vida del mismo. El Payback será aquel año para el cual el flujo acumulado de efectivo sea positivo. Cuando el flujo acumulado de efectivo no cambia de signo, es decir no se vuelve positivo, entonces se dice que el proyecto no recuperó la inversión inicial.

Para la corrida financiera se consideraron los parámetros mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos de evaluación del proyecto.

Concepto	Valor
Inversión Inicial	\$11,377,986.99

Periodo de evaluación	10 años
Tasa de interés	10%
Precio de venta alimento par tilapia	30 pesos/kg
Precio de venta de biofertilizante	70 pesos/litro
Producción mensual de alimento para tilapia	12,800 kg
Producción mensual de biofertilizante	10,046 l
Aumento de producción anual	10%

Resultados

Los resultados obtenidos son derivados de las pruebas experimentales que se han realizado en la planta piloto instalada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. Los productos pesqueros utilizados en las pruebas se limitaron al producto disponible en los puertos de abrigo, sitios de fileteo de pescado y en el mercado. En la Tabla 3 se muestran las estimaciones del tiempo de secado y el porcentaje de humedad en los productos marinos.

Tabla 3. Tiempo de secado de diferentes productos pesqueros.

Indicador	Especie		
	Filete	Raya	Residuo
Tiempo de secado	8 h	14 h	12
Humedad final	10%	12%	10%

En la Figura 2 se muestran los resultados del flujo de efectivo de la corrida financiera. Se aprecia que, la inversión inicial se realiza en varias etapas, de tal forma que se pueden obtener ingresos desde el momento que se comience a producir y se realizan adecuaciones y mejoras productivas durante los años subsecuentes.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la evaluación económica con dos tasas de evaluación $i = 0\%$ y 10% . Los resultados con $i = 0\%$ son los resultados obtenidos en los talleres de plan de negocios realizados con los pescadores. Es importante mencionar que, todo el contenido de la corrida financiera se desarrolló en conjunto con el grupo de pescadores que tomó las capacitaciones para quedar como responsables de la planta de secado, y debido a la complejidad de los temas abordados y el tiempo disponible, se decidió excluir el tema de valor de dinero en el tiempo, sin embargo, se explicó de forma conceptual y se mostraron los resultados obtenidos en la Tabla 4 con $i = 10\%$.

Tabla 4. Resultados de la evaluación económica con diferentes tasas de evaluación.

	Tasa de evaluación $i = 0\%$	Tasa de evaluación $i = 10\%$
VPN	\$37,700,662.37	\$17,290,278.45
TIR	48%	48%
PAYBACK(años)	2.95	3.35

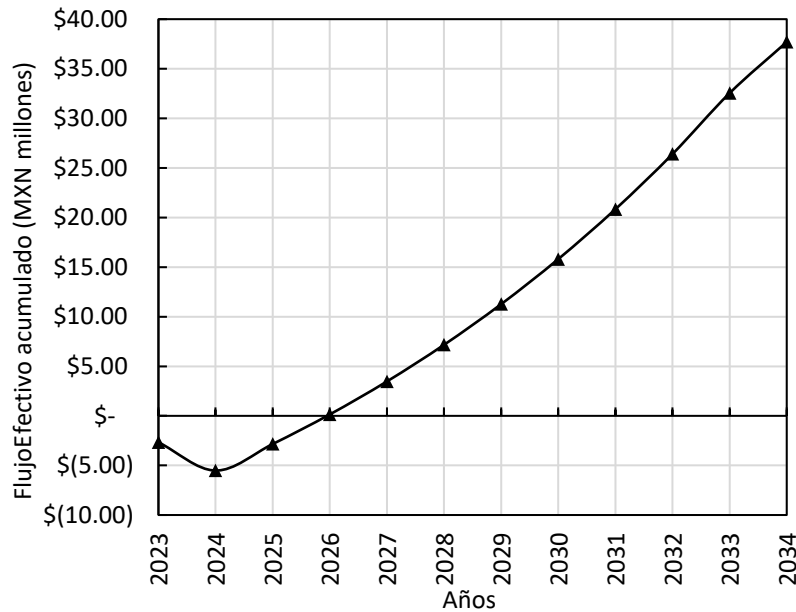


Figura 2. Flujo de efectivo acumulado de la corrida financiera.

En la Figura 3 se muestra el análisis de sensibilidad del VPN, variando el parámetro de la tasa de evaluación i . Este análisis permite observar cómo varía el VPN de un proyecto (expresado en millones de pesos) conforme se ajusta la tasa de descuento, la cual representa la tasa mínima de retorno exigida para considerar que el proyecto es rentable. Un VPN positivo implica que el proyecto generará valor, mientras que un VPN negativo indicaría una pérdida. La tendencia de la gráfica es descendente, lo cual significa que, a medida que la tasa de evaluación aumenta, el VPN disminuye. En términos prácticos, esto refleja que el proyecto se vuelve menos atractivo financieramente a medida que se incrementa la tasa de evaluación. El análisis de sensibilidad revela que el VPN es bastante sensible a los cambios en la tasa de evaluación. A tasas bajas (cercasas al 0%), el VPN es elevado, alcanzando un valor cercano a los \$37 millones de pesos, lo que indica una alta rentabilidad del proyecto en estas condiciones. Sin embargo, conforme la tasa de evaluación se incrementa, el VPN disminuye de manera constante.

Conclusiones

La instalación de la planta de secado solar comunitaria tipo invernadero en Lerma, Campeche, no solo es una oportunidad económica viable, sino también una herramienta clave para el desarrollo territorial. Al abordar los problemas de desperdicio pesquero, exclusión social y sostenibilidad ambiental, este proyecto tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de la comunidad, mientras que proporciona un modelo replicable que puede beneficiar a otras localidades con características similares. Los resultados obtenidos muestran que es posible obtener un beneficio económico del secado de pescado y residuos de pescado. También, el éxito del proyecto depende de la capacidad para articular esfuerzos entre la comunidad, el

gobierno y las instituciones educativas, para garantizar la apropiación de la planta en la comunidad pesquera.

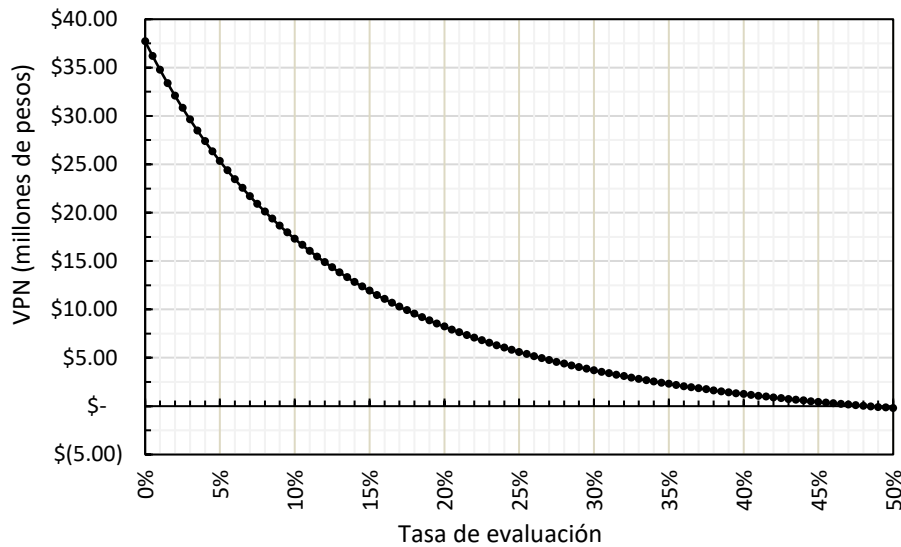


Figura 3. Análisis de sensibilidad para el VPN variando la tasa de evaluación i .

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONAHCyT por el apoyo económico bajo el proyecto PRONAH 319524

Referencias

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Consulado el 15 de mayo del 2024, en: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>

D.V.N. Lakshmi, P. Muthukumar, A. Layek, P.K. Nayak, Performance analyses of mixed mode forced convection solar dryer for drying of stevia leaves, Sol. Energy 188 (2019) 507e518, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.06.009>.

Genice Grande, Jorge Islas, and Mario Rios. Technical and economic analysis of domestic high consumption tariff niche market for photovoltaic systems in the Mexican household sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48:738–748, Aug 2015.

Donald S. Remer and Armando P. Nieto. A compendium and comparison of 25 project evaluation techniques. Part 1: Net present value and rate of return methods, volume 42.1995.

Donald S. Remer and Armando P. Nieto. A compendium and comparison of 25 project evaluation techniques. part 2: Ratio, payback, and accounting methods. International Journal of Production Economics, 42(2):101 – 129, 1995.