

PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA CON
ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES RURALES

REPORTE TÉCNICO



**PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA
CON ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES
RURALES**

PRIMERA ETAPA: MARZO-NOVIEMBRE DEL 2022



Planta Comunitaria de Secado Solar

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SECADO DE PESCADO - ESTUDIOS
BIOQUÍMICOS DEL PRODUCTO DESHIDRATADO**

1 TABLA DE CONTENIDO

Introducción	3
Secado solar de pescado	7
Materiales y Métodos.....	7
Equipo Experimental.....	7
Descripción de la Cámara de Secado.....	8
Sistema de calentamiento solar de aire.	9
Sistema de calentamiento solar de agua.....	10
Sistema de paneles fotovoltaicos.....	10
Instrumentación	11
Temperaturas en el SST	11
Variables climatológicas.....	11
Control del Proceso de Secado.....	13
Muestra	13
Determinación de humedad	14
Determinación de Actividad de agua (Aw).....	15
Determinación de la pérdida de peso.....	16
Estudio de Colorimetría.....	17
Resultados experimentales.....	17
Cinética de secado solar de pescado Bosch.....	17
Cinética de secado solar de pescado Armado	19
Cinética de secado solar de pescado Chac-Chi	21
Colorimetría	23
Extracción de lípidos totales en muestras de pescado	27
Materiales y Métodos.....	27
Materiales	27
Equipo experimental	27
Muestra	28
Extracción y Análisis de Lípidos Totales.....	29
Metodología	29
Resultados	31
Referencias.....	34



2 INTRODUCCIÓN

México presenta un gran potencial para el desarrollo de la pesca y la acuicultura, su extenso litoral de 11,00 km, de los cuales 8,400 pertenecen al Pacífico y 3,100 al Golfo de México y el Caribe y con una extensión de 12,500 km² de lagunas costeras y esteros y 6500 km² de aguas interiores (lagos, lagunas, ríos, presas). El país contribuye a nivel mundial con el 12% de la diversidad y más de 12,000 especies endémicas. La ictiofauna en México cuenta con 2,763 especies, siendo el 9.8 % de las especies conocidas, 505 de peces dulceacuícolas, 224 marinas y 563 estuarios y vicarias (H. Espinoza, 2017), México 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.

En 2017 se produjeron 1.2 millones de toneladas, de las cuales el 85% corresponden a captura y 15% a acuicultura. Se cuenta con 21,829 empresas pesqueras y 9,230 unidades de producción acuícola, con una infraestructura de captura de 2,041 de alta mar y 74,055 embarcaciones menores, con 272,533 personas vinculadas en la producción pesquera y acuícola (CONAPESCA, 2017).

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.

La pesca y la acuicultura reguladas son unas de las actividades que mejor contribuyen al desarrollo y crecimiento económico, con una importante contribución a la salud de la sociedad, con productos de alto contenido de proteína muy asimilable, aceites omegas, y nutrientes, (calcio, hierro, fosforo y muchas vitaminas).

En México el consumo hidrobiológico (pescado fresco, congelado, enlatado y mariscos) per cápita anual es menor comparado con el consumo mundial aparente de 20.5 kg (FAO, 2018) y en otros países como el Perú con 17.4 kg en 2019, quienes proyectan 27.6 kg para 2025. A finales de 2017 se consumían en México 13.2 kg de productos marinos y acuícolas. Si se aumentara a 1 kg el consumo per cápita, se incrementará en 120,000 toneladas al año que se consumirían en el país. Es prioritario fomentar el consumo de productos pesqueros, principalmente en la población infantil, debido a que su consumo ordinario, mejora la salud y el desarrollo sustentable del sector pesquero.

El Estado de Campeche tiene una extensión litoral de 425 km, lo que representa el 3.8 % del total, cuenta con 12,135 embarcaciones de pesa en alta mar y 3,401



embarcaciones ribereñas, con 26 plantas pesqueras, ocupando el 7° lugar nacional en producción pesquera con 72,266 ton de pesca de captura, con 38,855 ton en esteros, lagunas y bahías y 33,512 en mar abierto y 158,014 de cultivo. Siendo un total de 230,280 ton. Dentro de las especies de captura de pescado están: la sardina, atún, mojarra tiburón, Lisa, Mero cazón, sierra, barrilete, guachinango, bandera, robalo, corvina, Jue y Pargo y de agua dulce, carpa, charal, bagre, pescado blanco tilapia y trucha. En cuanto al camarón se produjeron 5,122 ton, representando el 2.2 % de la captura total. Cabe mencionar que el secado de camarón a pesar de ser un beneficio económico por su alto valor agregado se produce muy poco.

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).

El secado solar a cielo abierto es uno de los métodos más antiguos empleado en la conservación de alimentos. Esta técnica es económica y sencilla, no requiere de mano de obra calificada; sin embargo, presenta como inconvenientes largos periodos de tiempos de secado y los alimentos están expuestos a una diversidad de factores que pueden

PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA CON
ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES RURALES



mermar su calidad e higiene, como roedores o moscas, polvo, lluvia, insectos, radiación solar o viento (Grados & Cruz, 2015; Prakash & Kumar, 2013). Por otro lado, los secadores industriales eliminan estos inconvenientes y les permiten ser eficientes a través de diseños adecuados, mejorando así las propiedades nutricionales y organolépticas de los alimentos en comparación con el secado tradicional.

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, generadora de empresas de transformación y producción de bio-energéticos, en el propósito nacional de la mitigación del hambre con un alimentación rica en nutrientes y accesible, con un ahorro sistemático en el consumo de energía convencional al utilizar la energía renovables 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 y análisis de nutrientes, extracción de lípidos y extracción de proteínas, en apego a la fundamentación del proyecto de creación de una Planta Comunitaria de Secado Solar de productos pesqueros para su integración en las zonas rurales.



3 SECADO SOLAR DE PESCADO

Para experimentar se seleccionó el pescado de las especies Chacc-chi, Armado y Boox, debido a que estas especies son nativas del estado de Campeche, son capturadas por pescadores, pero se comercializan a un bajo costo debido a que generalmente son adquiridas por personas de escasos recursos y no tienen periodos establecidos de veda.

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

El pescado fresco se compró en el mercado municipal local de la ciudad de Campeche, ya fileteado y posteriormente se procedió a lavarse y se cortarse en piezas homogéneas, se pesaron los filetes, se midió porcentaje de humedad, actividad del agua (A_w) y colorimetría en fresco y seco; finalmente se procedió a introducirlo al secador solar tipo túnel que se muestra en la Figura 1.

3.2 EQUIPO EXPERIMENTAL

El Secador solar tipo túnel (SST), está constituido por un túnel o cámara, un sistema de calentamiento solar de aire, calentamiento solar de agua, un moto-ventilador para inducir el aire a través del túnel, un variador de voltaje para obtener diferentes velocidades del



aire, dentro un dominio establecido entre 2 m/ y 12 m/s, soporte para mantener inclinación adecuada del captador, así como ductos de entrada y salida de aire y un sistema de paneles fotovoltaicos para soporte del movimiento de bombas de agua y ventiladores. La figura 1, muestra una vista del túnel horizontal con el sistema de calentamiento solar de aire integrado, así como el sistema fotovoltaico.



Figura 1. Secador solar con hibridación de tecnologías solares

3.2.1 Descripción de la Cámara de Secado

La cámara de secado consiste en un túnel rectangular colocado horizontalmente, con una longitud total de 4 m y con una sección transversal de 0.30 m² (Figura 2). La estructura es metálica y está aislada térmicamente. Se pueden tratar hasta 1000 m³ h⁻¹, para obtener una velocidad máxima de 12.5 m s⁻¹. El túnel cuenta con un intercambiador de



calor agua-aire y un filtro de aire a la entrada. A la salida se tiene una chimenea con una altura de 1.0 m. El túnel de secado está dividido en 3 secciones y en cada sección se encuentran 6 charolas a diferentes niveles para contener el producto a secar.



Figura 2. Secador solar tipo túnel.

3.2.2 Sistema de calentamiento solar de aire.

Los calentadores solares de aire consisten en 6 placas absorbedoras formadas en su interior por secciones tubulares rectangulares recubierta con superficie selectiva BLUE de alta temperatura y absortividad a la radiación solar, el absorbedor es 100 % cobre de vidrio templado solar. Y aislamiento de poliuretano. El aire fluye al interior por medio de los canales de la estructura. La superficie absorbedora es de 9.0 m². Los colectores de aire están montados sobre soportes que les permiten tener una inclinación de 20° sobre la horizontal con orientación hacia el sur.



3.2.3 Sistema de calentamiento solar de agua

Se instalaron 4 colectores solares de agua modelo hipertinox vidrio blue, Cuenta con 1.78m² de área, superficie selectiva BLUE, cobre-cobre, DOBLE vidrio templado solar, aislamiento de poliuretano. El sistema cuenta con dos bombas de circulación para sistema solar circuito primario y secundario (0.18 HP cada una).

Se cuenta con un tanque termo vertical de 450 litros de acero al carbón porcelanizado para una presión de operación de 5 kg/cm², dicho tanque termo tiene integrada una resistencia eléctrica de 3 kW como energía de respaldo para garantizar el funcionamiento durante las 24 horas del sistema de secado solar. Finalmente, se tiene un sistema de Control diferencial digital modelo D-SOL BS-PLUS con conteo de energía integrado, escalable a monitoreo del sistema vía web.

3.2.4 Sistema de paneles fotovoltaicos

Se tiene instalado un sistema fotovoltaico autónomo-aislado con una potencia eléctrica pico: 1500 W, con autonomía de 8 horas, 3 paneles fotovoltaicos de 500 W a 45 VCD, de 2.25m x 1.15 m. 4 baterías de carga profunda con salida de 12 VCA a 115 A, 1 controlador de carga de 12V/24V a 60 A y 1 inversor de carga regulada con capacidad de 6000 W.



3.3 INSTRUMENTACIÓN

3.3.1 Temperaturas en el SST

Se utilizó un sistema de adquisición de datos para medir parámetros fundamentales en secadores. El sistema es portable, con baterías, y mide 4 irradiancias de (0,1400) W/m², 4 humedades relativas (0,100) %, 4 temperaturas de (0,100) C, 10 temperaturas (-40,125) C, y una masa (0.5) kg (Figura 3).



Figura 3. Sistema de monitoreo del secador solar

3.3.2 Variables climatológicas

Durante el período de pruebas se registraron los parámetros climatológicos en la estación meteorológica instalada en la Facultad de Ingeniería de la UAC. Las características (datos del fabricante) son los mostrados en la Tabla 1. En la figura 4, se muestra una imagen de la estación meteorológica.



Tabla 1. Características de los equipos de medición de la estación meteorológica.

Datos del fabricante.

Variable	Descripción	Modelo	Error Máximo
Radiación global	Piranómetro o marca LI- COR	LI-200R	Azimet: $< \pm$ 1% sobre 360° a 45° de elevación
Humedad relativa	NRG Systems	RH-5X	\pm 3%
Temperatura Ambiente	NRG Systems	110S	\pm 1.1°C
Dirección del viento	NRG Systems	Series #200P	\pm 3°
Anemómetro	Windsenso r	P2546C- OPR	\pm 0.3 m/s



Figura 4. Estación meteorológica instalada en la facultad de ingeniería



3.4 CONTROL DEL PROCESO DE SECADO

3.4.1 Muestra

Se adquirieron las muestras de pescado a secar en el Mercado Municipal de la población de Lerma, Campeche; se fileteó el pescado y se seleccionaron las muestras procurando considerar las que tenían color, tamaño y espesor más uniformes. Se trabajó con tres tipos de pescado: Chac-chi, Boox y Armado, se definió considerar estas especies debido a su bajo valor comercial en los mercados municipales de la región. Se midió porcentaje de humedad y Actividad del agua en fresco y en seco (al final del proceso de secado), la colorimetría se estuvo monitoreando en fresco y cada hora durante todo el proceso de secado. en la Tabla 2 se pueden apreciar los valores de inicio y fin mencionados. Se puede observar en esta tabla que las muestras secas tienen un porcentaje de humedad final y A_w que garantiza que no habrá proliferación de microorganismos ni tendrán afectación negativa en dichas muestras las condiciones medio ambientales.

En la Figura 5 se puede observar la disposición de los filetes de pescado en el interior del secador solar, se procuró colocarlos con suficiente espacio entre cada una de las muestras, evitando que se superpongan, con la finalidad de lograr un secado uniforme.



Tabla 2. Porcentaje de humedad y A_w en muestras frescas y secas

Parámetro →	Porcentaje de humedad		Actividad del agua (A_w)	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Muestra ↓				
Chac-chi	78.06	12.41	0.93	0.46
Boox	73.71	10.19	0.89	0.41
Armado	75.48	10.86	0.91	0.43



Figura 5. Disposición de muestras en el interior del secador solar

3.4.2 Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se utilizó un analizador de humedad, marca Velab, con una precisión de $\pm 0.01\%$ mg. Se sustrajo una porción del filete y se cortó en



fracciones diminutas, se colocó una muestra de aproximadamente 2.5 g, procediéndose a su deshidratación. Este procedimiento se realizó antes y después de realizar las diferentes cinéticas de secado (Figura 5).



Figura 5 Medición de porcentaje de humedad

3.4.3 Determinación de Actividad de agua (A_w).

La actividad de agua es un parámetro que determina la estabilidad de los alimentos con respecto a la humedad ambiental. Se determinó la actividad de agua para el filete fresco y posteriormente para el seco. Se utilizó un equipo marca Rotronic Hygropalm de tipo portátil, con una precisión de $\pm 0.01\%$ mg (figura 6).



Figura 6 Actividad de agua Aw

3.4.4 Determinación de la pérdida de peso.

Se utilizó una balanza digital de alta precisión marca Boeco modelo BPS 40 plus. Se midió la pérdida de peso cada 30 minutos del día (figura 7).

**Figura 7. Monitoreo de la pérdida de peso en filetes
frescos y secos**





3.4.5 Estudio de Colorimetría

Para realizar las pruebas de medición de color en muestras frescas y deshidratadas se utilizó un colorímetro digital marca Huanyu, modelo SC-10, repetibilidad $\leq 0.03 \Delta E^*$ ab (Figura 8).



Figura 8. Monitoreo de colorimetría en muestras frescas y secas

3.5 RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.5.1 Cinética de secado solar de pescado Bosch

De acuerdo con la Figura 9 se puede observar que el secado de filete de pescado Bosch se llevó a cabo durante dos días de experimentación. 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 12:00 h, lo que representa 11 horas de secado continuo. El contenido de humedad inicial fue de 90% o bien 9.0 g agua/g materia seca, en contraste la humedad final fue de 22.3 % o bien 1.3 g agua/ m seca.

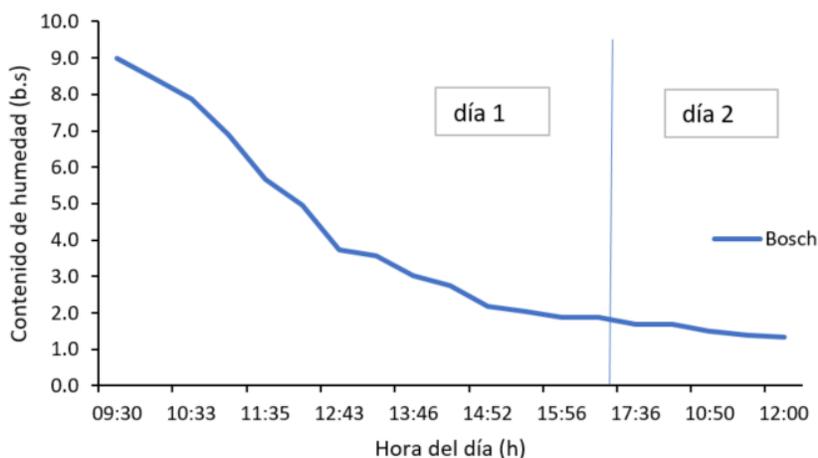


Figura 9. Cinética de secado de filete de pescado bosch

De acuerdo con la Figura 10, la velocidad de secado de filete de pescado Bosch al inicio del proceso de secado tuvo una velocidad ($0.20 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$) y después un incremento hasta $0.42 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$, 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 0.015 y $0.009 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ y finalmente se observan las velocidades mínimas a partir del minuto 400 min con valores cercanos a $0.003 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$. El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 650 minutos continuos.

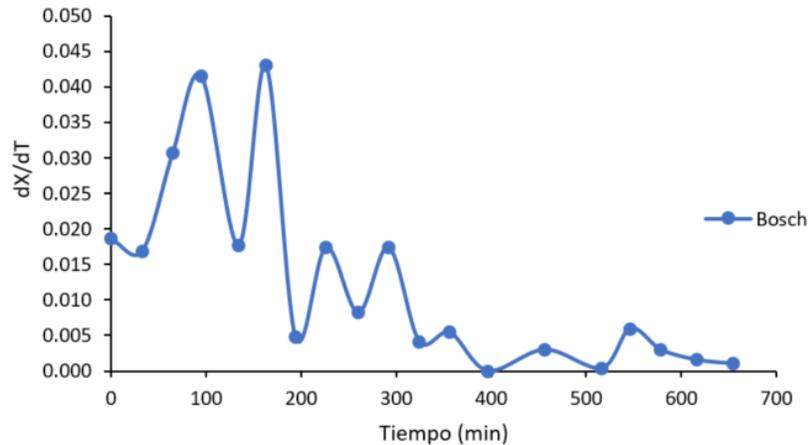


Figura 10. Velocidad de secado de filete de pescado armado

3.5.2 Cinética de secado solar de pescado Armado

De acuerdo con la Figura 11 se puede observar que el secado de filete de pescado armado se llevó a cabo durante un día. La prueba experimental comenzó a las 9:30 h y terminó a las 16:30, lo que representa 7 horas de secado continuo. El contenido de humedad inicial fue de 92% o bien 11.5 g agua/g materia seca, en contraste la humedad final fue de 26.7 % o bien 2 g agua/m seca.

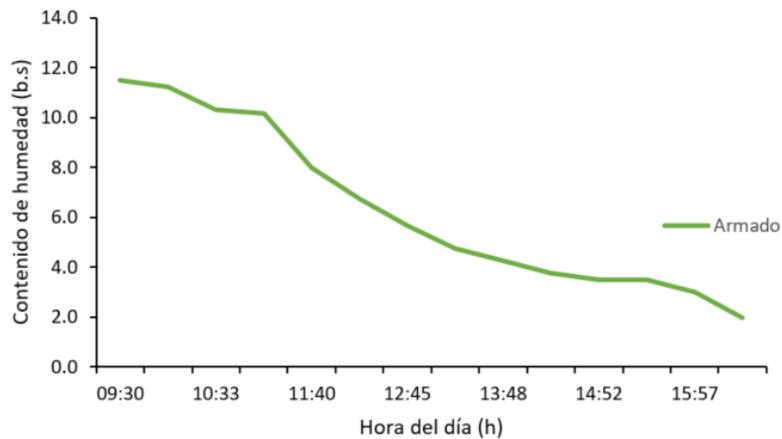


Figura 11. Cinética de secado solar de filete de pescado armado

De acuerdo con la Figura 12, que muestra la velocidad de secado de filete de pescado armado, se observó al inicio del proceso de secado una velocidad baja ($0.10 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$) y después un incremento hasta su punto máximo ($0.62 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$). Posteriormente se observa una velocidad mínima hacia el minuto 300, y después la velocidad de secado se incrementa nuevamente, esto puede deberse a nubosidad intermitente. Cabe señalar que no se observó un periodo de velocidad constante. El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 420 minutos continuos.

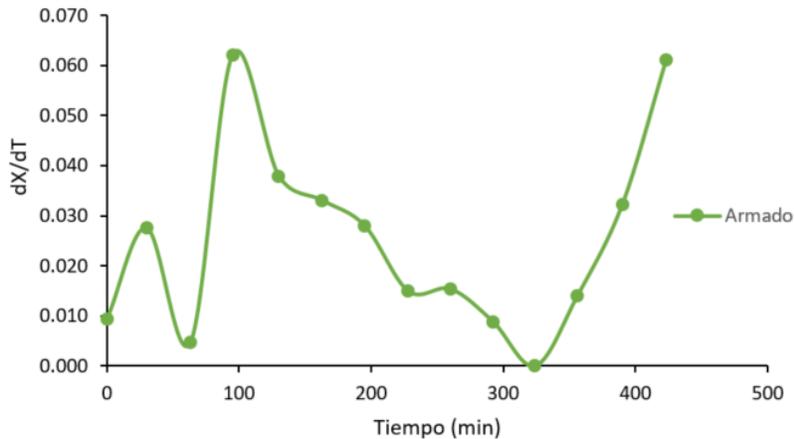


Figura 12. Velocidad de secado de filete de pescado armado

3.5.3 Cinética de secado solar de pescado Chac-Chi

La Figura 13 muestra la cinética de secado solar de filete de pescado Chac-Chi. Se puede observar que el secado se llevó a cabo durante dos días de procesamiento. La prueba experimental comenzó a las 9:30 h y terminó a las 17:36 del primer día; en el segundo día el experimento continuó a partir de las 10:20, lo que representa más de 10 horas de secado continuo. El contenido de humedad inicial fue de 89% o bien 8.1 g agua/g materia seca, en contraste la humedad final fue de 29 % o bien 1.7 g agua/ m seca.

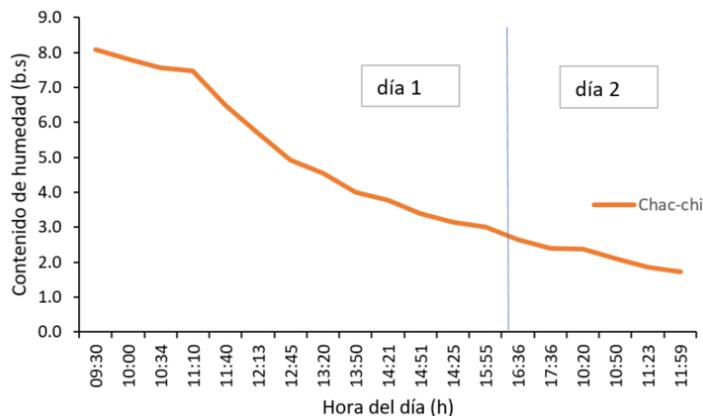


Figura 13. Cinética de secado solar de filete de pescado Chac-chi

De acuerdo con la Figura 14, que muestra la velocidad de secado de filete de pescado armado, se observó al inicio del proceso de secado una velocidad baja ($0.10 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$) y después un incremento hasta $0.28 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$, esta velocidad se mantuvo por 1.5 h por lo que puede deducir que este fue el periodo de velocidad constante. Posteriormente se observa que a partir del minuto 200 la velocidad fue decreciendo hasta valores cercanos a $0.010 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$. El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 620 minutos continuos.

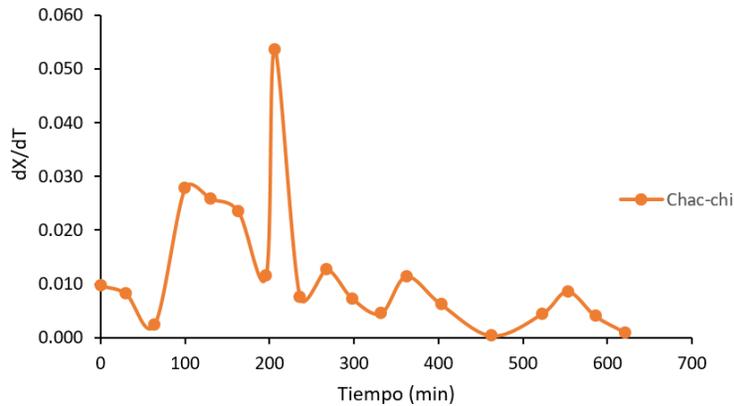


Figura 14. Velocidad de secado de filete de pescado Chac-Chi

3.5.4 Colorimetría

La diferencia de color es un parámetro que ha sido utilizado ampliamente para evaluar la variación de color entre el alimento fresco y deshidratado y es afectada generalmente por la temperatura de secado. La Tabla 3 muestra los parámetros de luminosidad (L) y cromaticidad (a, b) de 3 variedades de pescado fresco. El análisis colorimétrico se realizó en dos zonas del pescado fresco, una zona clara y la otra oscura. Los resultados mostraron que el pescado chac-chi presentó una luminosidad menor (39.1) en comparación con la especie armado (47.91) y Boox (46.04) para la zona clara; mientras que para la zona oscura el pescado Boox resultó con el valor más bajo en luminosidad (39.72). Una baja luminosidad nos indica que la variedad de pescado es más oscura. De acuerdo con el diagrama de hunter los valores de luminosidad van de 0 a 100, siendo el valor de cero



(negro) y 100 (blanco). Por otra parte, los valores negativos o positivos del parámetro a indican que el alimento tiende hacia el verde o hacia el rojo; mientras que los valores negativos o positivos del parámetro b indican que el alimento tiende hacia azul o amarillo, respectivamente.

Los parámetros de color se vieron afectados por el proceso de secado solar, la Tabla 4 muestra los valores de Luminosidad (L), cromaticidad (a y b). Se observa claramente que la luminosidad tiende a disminuir en el proceso de secado por lo que el alimento se torna oscuro, siendo más evidente en la zona oscura del pescado deshidratado. Por otra parte, los valores negativos o positivos del parámetro a indican que el alimento tiende hacia el verde o hacia el rojo; mientras que los valores negativos o positivos del parámetro b indican que el alimento tiende hacia azul o amarillo, respectivamente.

Tabla 3. Parámetros colorimétricos de pescado fresco

Especie	Luminosidad (L)		Cromaticidad (a)		Cromaticidad (b)	
	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro
Chac-chi	39.1	39.92	-5.86	0.16	3.4	7.87
Armado	47.91	50.6	-3.48	-0.55	-1.52	0.77



Especie	Luminosidad (L)		Cromaticidad (a)		Cromaticidad (b)	
	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro
Boox	46.04	39.72	0.77	2.21	0.01	0.18

Tabla 4. Parámetros colorimétricos de pescado seco

Especie	Luminosidad (L)		Cromaticidad (a)		Cromaticidad (b)	
	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro	Lado claro	Lado oscuro
Chac-chi	25.55	14.48	25.55	-13.89	3.62	1.79
Armado	33.95	9.44	0.85	15.37	13.09	13.9
Boox	24.71	13.27	-0.15	19.51	10.59	19.92

El análisis de la diferencia de color se presenta en la Tabla 5. De acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia una gran diferencia de color del pescado deshidratado con respecto al alimento fresco. De acuerdo con los niveles descriptivos de color, cuando los productos presentan niveles de 0 a 1.5 la diferencia con respecto al estándar es ligeramente diferente; cuando los niveles van de 1.5 a 3 la diferencia de color es notoria y los valores por arriba de 12 unidades presentan una diferencia de color muy obvia. En



este caso, los valores obtenidos durante la experimentación se encontraron por arriba de las 5 unidades por lo cual la diferencia de color es alta.

El análisis de la diferencia de color se presenta en la Tabla 5. De acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia una gran diferencia de color del pescado deshidratado con respecto al alimento fresco. De acuerdo con los niveles descriptivos de color, cuando los productos presentan niveles de 0 a 1.5 la diferencia con respecto al estándar es ligeramente diferente; cuando los niveles van de 1.5 a 3 la diferencia de color es notoria y los valores por arriba de 12 unidades presentan una diferencia de color muy obvia. En este caso, los valores obtenidos durante la experimentación se encontraron por arriba de las 5 unidades por lo cual la diferencia de color es alta.

Tabla 5. Diferencia de color total del pescado deshidratado

Especie	Diferencia de color total	
	Lado claro	Lado oscuro
Chac-chi	34.20	29.69
Armado	20.66	46.04
Boox	23.82	37.26



4 EXTRACCIÓN DE LÍPIDOS TOTALES EN MUESTRAS DE PESCADO

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1 Materiales

- N-hexano, grado reactivo (CTR Scientific)
- Metanol, grado reactivo (J. T. Baker)
- Cloroformo, grado reactivo (J. T. Baker)
- Agua destilada
- Papel filtro poro grueso

4.1.2 Equipo experimental

- Mortero
- Parilla de calentamiento
- Equipo Soxhlet, 50 mL
- Embudo de separación
- Mezclador vortex
- Baño sonicador
- Evaporador Rotatorio
- Desecador al vacío



4.1.3 Muestra

Las muestras utilizadas en el proyecto fueron filetes de “Boox” o “Bagre boca chica” (*Ariopsis felis*), “Armado” o “Pigfish” (*Orthopristis chrysoptera*) y “Chac-Chí” o “Ronco Arará” (*Haemulon plumieri*), deshidratados por el “Método de Secado Solar”, con un secador tipo túnel y conservados al vacío. Las muestras secas en el secador solar instalado en la Facultad Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche fueron recolectadas en las costas del poblado de Lerma, del municipio de Campeche y procesadas en octubre del presente año. Se puede ver en la Figura 15, la preparación de la muestra en el Laboratorio del Centro de Investigación en Microbiología Ambiental y Biotecnología (CIMAB) ubicado en el Campus Central de la Universidad Autónoma de Campeche.

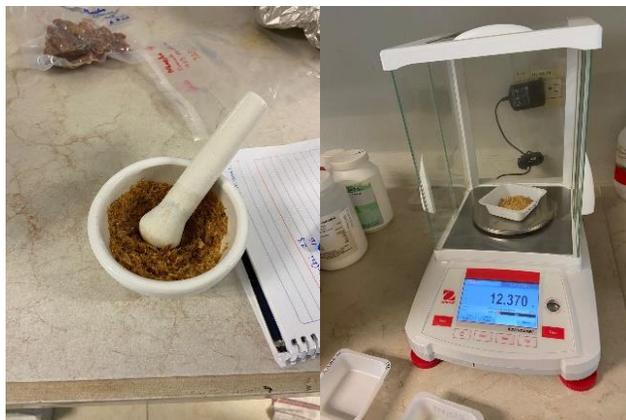


Figura 15. Preparación de muestras



4.2 EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE LÍPIDOS TOTALES

4.2.1 Metodología

Para el análisis de lípidos totales, las muestras fueron trituradas mediante mortero y evaluadas mediante 3 diferentes metodologías:

4.2.1.1 *Extracción por Soxleth*

Para este proyecto, se implementó una modificación de la metodología del trabajo de Ramalhosa y colaboradores, 2012. La extracción por Soxleth se realizó con 2 g de muestra y 250 mL de n-hexano grado reactivo. El solvente se calentó hasta ebullición y se dejó el proceso durante 6 horas. Pasado el tiempo, el extracto hexánico se recuperó y se evaporó el solvente hasta sequedad para determinar el rendimiento.

4.2.1.2 *Extracción por el método Bligh & Dyer*



Figura 16. Extracción con Bligh & Dyer



Se utilizó la metodología propuesta por Bligh y Dyer (1959) con algunas modificaciones. 2 g de muestra se añadieron a 18 ml de Metanol:cloroformo (2:1 v/v). La muestra se separó del extracto por medio de papel filtro poro grueso y se recuperó el cloroformo por medio de un embudo de separación. Este proceso se repite de 2 a 3 veces para la recuperación de los lípidos residuales. El cloroformo recuperado es evaporado, finalizando con el pesado del extracto seco para determinar el rendimiento (Figura 16).

4.2.1.3 Extracción Bligh & Dyer modificado

La metodología utilizada es una variante del método implementado por Bligh y Dyer (1959) y Schlechtriem y colaboradores (2003). 2 g de la muestra se extrajo con 18 mL de metanol:cloroformo (2:1 v/v) y se sonicó durante 5 min. La muestra se separó del extracto por medio de papel filtro poro grueso y se recuperó el cloroformo por medio de un embudo de separación. El cloroformo recuperado es evaporado, finalizando con el pesado del extracto seco para determinar el rendimiento (Figura 17).



Figura 17. Extracción con Bligh & Dyer modificado



4.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este primer análisis fueron con muestras con 15 días posteriores a su colecta y total secado. En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en los diferentes métodos de extracción de lípidos. Al realizar una media entre los



diferentes métodos, se puede apreciar que los lípidos de Boox (*Ariopsis felis*) representan el 3.78% del peso seco, en Armado (*Orthopristis chrysoptera*) el 10.8 % y Chac-Chí (*Haemulon plumieri*) alcanza el 8.6 %. Si comparamos la cantidad de lípidos extraídos entre los diferentes métodos de extracción, como resultado preliminar se puede concluir que el método Soxhlet tiene un menor desempeño en la extracción, y Bligh & Dyer y su modificación presentan valores similares. Se presenta en la Figura 18, evidencia de los análisis de resultados de esta etapa del estudio.

Tabla 6. Rendimientos obtenidos en la extracción de lípidos totales en muestras de Boox (*Ariopsis felis*), Armado (*Orthopristis chrysoptera*) y Chac-Chí (*Haemulon plumieri*) mediante tres diferentes métodos de extracción.

Muestra	Soxhlet (mg/g peso seco)	Bligh & Dyer (mg/g peso seco)	Bligh & Dyer modificado (mg/g peso seco)
Boox (<i>Ariopsis felis</i>)	29.55	39.85	43.85
Armado (<i>Orthopristis chrysoptera</i>)	95.25	101.15	109
Chac-Chí (<i>Haemulon plumieri</i>)	77.5	93.65	86.7

PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA CON
ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES RURALES



Figura 18. Análisis de resultados.

En la figura 19 se presentan imágenes de la evaporación y análisis de lípidos totales.

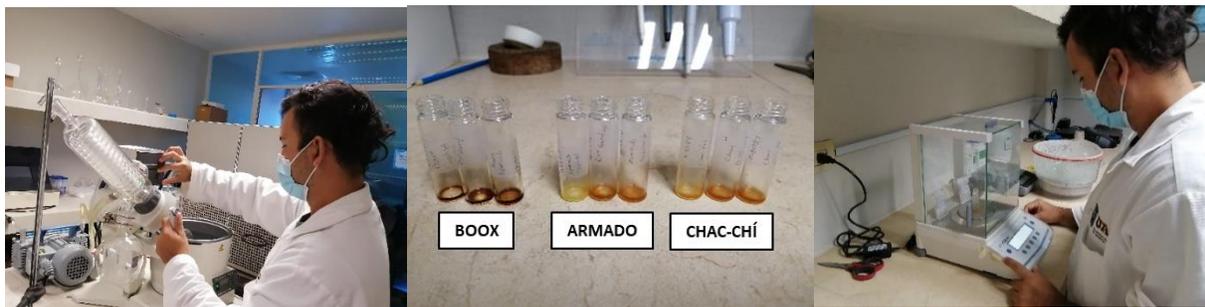


Figura 19. Evaporación y análisis e lípidos totales.



4.4 REFERENCIAS

Catálogo De Especies: Campaña Sonda De Campeche. Leticia Huidobro Campos, Christian Lambarri Martínez, Daniel Hernández Cruz, Juan Roberto Vallarta-Zárata y Ramón Isaac Rojas González. Primera edición, 2021. Instituto Nacional De Pesca Y Acuicultura/Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural. ISBN: 978-607-8274-21-5.

Boletín De Vigilancia Tecnológica: PESCA, No01-2018 “Residuos . de la Pesca: aprovechamiento y valor agregado”. Dirección de Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia

Tecnológica - DIDITT. Coordinador de VTiC: Dandy García Pezo.

PROYECTO: Cuantificación y aprovechamiento de los subproductos pesqueros en el trapecio amazónico colombiano. Informe Final. Preparado Por: Edwin Agudelo Cordoba, Julian Mauricio Alzate Cataño, Olga Lucia Chaparro Africano, Jorge Humberto Arguelles Cárdenas, Clara Patricia Peña Venegas.

Castillo-Téllez, M., Pilatowsky-Figueroa, I., López-Vidaña, E. C., Sarracino-Martínez, O., & Hernández-Galvez, G. (2017). Dehydration of the red chilli (*Capsicum annum* L.,



costeño) using an indirect-type forced convection solar dryer. *Applied Thermal Engineering*, 114, 1137–1144. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.08.114>

Ackman, R. G. 1994. Seafood lipids. In: *Seafood: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Shahidi, F., and Botta, J. R. (Eds.). London: Chapman & Hall. pp. 34–48.

Ahmed, M. K., Ahmed, F., Tian, H., Carne, A., & Bekhit, A. E. D. (2020). Marine omega-3 (n-3) phospholipids: A comprehensive review of their properties, sources, bioavailability, and relation to brain health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 64-123.

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and Purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.

Bogard, J. R., Thilsted, S. H., Marks, G. C., Wahab, M. A., Hossain, M. A., Jakobsen, J., & Stangoulis, J. (2015). Nutrient composition of important fish species in Bangladesh and potential contribution to recommended nutrient intakes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 120-133.

PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA CON
ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES RURALES



Herrera, M. C., y León, S. V., Tolentino, R. G., Fernández, B. G., & González, G. D. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *Revista de educación bioquímica*, 25(3), 72-79.

Mathew, S., Ammu, K., Nair, P. V., & Devadasan, K. (1999). Cholesterol content of Indian fish and shellfish. *Food Chemistry*, 66(4), 455-461.