



**UACAM**  
Universidad Autónoma de Campeche



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



Centro de Investigación en  
Materiales Avanzados, S.C.



**UNIVERSIDAD DE  
GUADALAJARA**

# Secado solar de pescado y sus residuos

## Reporte Técnico

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



# ÍNDICE

## CONTENIDO

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PRESENTACIÓN</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>7</b>  |
| 2.1      | 2 ESPECIES NATIVAS MARINAS SUSCEPTIBLES AL APROVECHAMIENTO EN EL DESHIDRATADO. .... | 8         |
| 2.2      | SECADO SOLAR.....   | 16        |
| 2.2.1    | <i>Factores ambientales que influyen en el secado solar.</i> .....                  | 16        |
| 2.2.2    | <i>Factores Físicos que Influyen en el Secado Solar</i> .....                       | 17        |
| <b>3</b> | <b>INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA</b> .....  | <b>18</b> |
| 3.1.1    | <i>Equipo de Laboratorio.</i> .....   | 18        |

## INDICE DE FIGURAS

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Haemulon plumierii “Chac-Chí”, Ronco Arará (VARIEDAD 1) .....  | 8  |
| <b>Figura 2</b> Ariopsis felis “Boox”, Bagre boca chica (VARIEDAD 2) .....   | 8  |
| <b>Figura 3</b> Orthopristis chryoptera “Armado”, Pigfish (VARIEDAD 3) .....   | 8  |
| <b>Figura 4</b> Medidor de Humedad.....  | 18 |
| <b>Figura 5</b> Actividad de Agua.....   | 19 |
| <b>Figura 6</b> Balanza de precisión BOECO.....  | 19 |
| <b>Figura 7</b> Termómetros.....   | 20 |
| <b>Figura 8</b> Estación Meteorológica, Facultad de ingeniería UAC.....  | 21 |
| <b>Figura 9</b> Fileteado de pescado (Hernández, 2020) .....   | 21 |
| <b>Figura 10</b> Lavado de filete de pescado.....  | 22 |
| <b>Figura 11</b> Proceso de cocción de residuos de pescado. ....   | 22 |
| <b>Figura 12</b> Pesado de filete de pescado. ....   | 23 |
| <b>Figura 13</b> Secador solar tipo invernadero para filete de pescado, instalado en la Facultad de ingeniería UAC. ....                   | 23 |
| <b>Figura 14</b> Puesta de filete de pescado dentro del secador solar tipo invernadero. ....   | 24 |
| <b>Figura 15</b> Secador solar tipo invernadero para residuos de pescado del laboratorio de secado solar, Facultad de Ingeniería UAC ..... | 24 |
| <b>Figura 16</b> Puesta de residuo de pescado dentro del secador solar tipo invernadero. ....  | 25 |
| <b>Figura 17</b> Caja de instrumentación del sistema autónomo. ....  | 25 |
| <b>Figura 18</b> Recolección de pescado y residuos ya deshidratados. ....  | 26 |
| <b>Figura 19</b> Toma de datos finales el deshidratado de pescado y residuos. ....   | 26 |
| <b>Figura 20</b> Sellado al vacío de filete de pescado.....  | 27 |
| <b>Figura 21</b> Irradiancia y temperatura durante el secado solar .....   | 27 |
| <b>Figura 22</b> Irradiancia y temperatura ambiente 22 de septiembre .....   | 28 |
| <b>Figura 23</b> Secado solar de residuos de pescado.....  | 30 |
| <b>Figura 24</b> Secado solar de filete de pescado Armado. ....  | 30 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 25</b> Secado solar de filete de pescado Chac-chi. ....                                     | 31 |
| <b>Figura 26</b> Velocidad de secado solar de residuos de pescado.....                                | 32 |
| <b>Figura 27</b> Velocidad de secado solar de filete de pescado armado .....                          | 33 |
| <b>Figura 28</b> Velocidad de secado solar de filete de pescado Chac-chí.....                         | 33 |
| <b>Figura 29</b> Cinética de luminosidad respecto al tiempo de secado en el pescado Chac-Chi<br>..... | 36 |
| <b>Figura 30</b> Cinética de luminosidad respecto al tiempo de secado en el pescado Chac-Chi<br>..... | 37 |
| <b>Figura 31</b> Cinética parámetro a Chac-chi .....  | 38 |
| <b>Figura 32</b> Cinética parámetro a del Armado .....  | 38 |
| <b>Figura 33</b> Filete de pescado antes del proceso de secado .....                                  | 39 |
| <b>Figura 34</b> Residuo de pescado antes del proceso de secado .....                                 | 39 |
| <b>Figura 35</b> Filete de pescado después del proceso de secado.....                                 | 39 |
| <b>Figura 36</b> Residuo de pescado después de secado.....  | 40 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Características físicas promedio del Chac-chi.....   | 9  |
| <b>Tabla 2</b> Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 1).....                                    | 10 |
| <b>Tabla 3</b> Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 2).....                                    | 10 |
| <b>Tabla 4</b> Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 3).....                                    | 10 |
| <b>Tabla 5</b> Características del filete fresco.....   | 11 |
| <b>Tabla 6</b> características promedio del Boox.....   | 11 |
| <b>Tabla 7</b> Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 1).....                                     | 12 |
| <b>Tabla 8</b> Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 2).....                                     | 12 |
| <b>Tabla 9</b> Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 3).....                                     | 12 |
| <b>Tabla 10</b> Características del filete en fresco.....   | 12 |
| <b>Tabla 11</b> Características físicas del pescado Armado.....   | 13 |
| <b>Tabla 12</b> Porcentaje de desperdicios armado (muestra 1).....  | 14 |
| <b>Tabla 13</b> Porcentaje de desperdicios armado (muestra 2).....  | 14 |
| <b>Tabla 14</b> Características de filete de armado fresco .....  | 14 |
| <b>Tabla 15</b> Características y descripción de los instrumentos de medición de la estación meteorológica..... | 20 |
| <b>Tabla 16</b> Actividad de agua y contenido de humedad inicial del filete de pescado y residuos.<br>.....     | 29 |
| <b>Tabla 17</b> $a_w$ y contenido de humedad final obtenidos después del secado solar .....                     | 34 |
| <b>Tabla 18</b> Datos de colorimetría en muestras de filete deshidratado .....                                  | 35 |

## 1 PRESENTACIÓN

---

Se sabe que la mayor parte de la pesca de todo el mundo se destina al consumo humano directo. Pero el procesado de los alimentos pesqueros implica una gran cantidad de descartes la cual se piensa aprovechar mediante el proceso de secado solar.

Por lo que el secado solar de pescado representa una gran oportunidad de conservación además de reducir la pérdida pudiendo aprovechar por los pescadores de la región.

El presente reporte técnico considera las diversas actividades en torno a la puesta en operación y el secado solar de residuos y filete de pescado en dos variedades: Chac-chí y Armado con el objetivo de explorar la elaboración de subproductos derivados de pescado seco. Para cumplir esto es necesario realizar distintos experimentos con la posibilidad de variar las condiciones de operación del secador y validar las condiciones óptimas de operación.

En este reporte, se presentan los secadores solares que se diseñaron y simularon, los cuales fueron construidos e instalados en la plataforma solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. Esto nos permitirá conocer la factibilidad práctica del sistema de secado solar tipo invernadero.

## 2 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).

Una de las técnicas de conservación más difundidas por la humanidad ha sido el secado solar a cielo abierto que consiste en exponer a la radiación solar los productos que se pretenden conservar con diversas desventajas. 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, más control sobre el proceso y bajos requisitos de espacio en el piso, en comparación con el método de secado a cielo abierto.

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 os alimentos, el cual es un proceso que implica fundamentalmente los conceptos de contenido de humedad y contenido de humedad en el equilibrio.

## 2.1 ESPECIES NATIVAS MARINAS SUSCEPTIBLES AL APROVECHAMIENTO EN EL DESHIDRATADO.

A continuación, se presentan las especies nativas del estado de Campeche con las que se obtuvieron los productos deshidratados en esta segunda etapa. Dichas especies fueron elegidas por su bajo valor comercial.



*Figura 1 Haemulon plumierii “Chac-Chi”, Ronco Arará (VARIEDAD 1)*



*Figura 2 Ariopsis felis “Boox”, Bagre boca chica (VARIEDAD 2)*



*Figura 3 Orthopristis chrysoptera “Armado”, Pigfish (VARIEDAD 3)*

Con base a esta elección se realizaron pruebas para analizar el potencial de aprovechamiento de estas especies que son capturadas por los pescadores pero que se comercializan con un bajo costo debido a que generalmente son adquiridas por personas de escasos recursos y en comparación a los filetes de otras especies más comerciales, estos resultan ser más pequeños y tienen tonalidades más oscuras que no resultan atractivas para



muchos de los comensales; sin embargo su aporte nutrimental es igual de provechoso que el de aquellos pescados mayor consumidos.

Para su estudio, se realizó la caracterización física de cada una de las especies seleccionadas tomando tres muestras para la variedad 1 (chac-chi) y 2 (boox) y en el caso de la variedad 3 (armado) solo se tomaron muestras.

En la Tabla 1, de la primera variedad (chac-chi) se presentan las medidas del pescado entero: peso, largo, ancho, grueso; con sus tres muestras respectivamente.

*Tabla 1 Características físicas promedio del Chac-chi*

| <b>Características físicas promedio del pescado entero</b> |             |              |              |               |
|--|-------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>CHAC-CHI MEDIDAS</b>                                    |             |              |              |               |
| <b>muestra</b>   | <b>peso</b> | <b>largo</b> | <b>ancho</b> | <b>grueso</b> |
| I  | 464.7 g     | 32 cm        | 11 cm        | 2 cm          |
| II   | 210.5 g     | 20 cm        | 7.5 cm       | 1.6 cm        |
| III  | 218.1 g     | 25 cm        | 9 cm         | 2.5 cm        |

En las tablas 2, 3 y 4 se obtuvieron los porcentajes de desperdicios a partir de tres muestras diferentes donde se desglosaron las pérdidas de escama, filete, piel, aletas, cabeza, vísceras el esqueleto; aquí se logra apreciar el porcentaje total de desperdicios y de aprovechamiento de la especie.

**Tabla 2** Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 1)

| Determinación del porcentaje de desperdicios |        |           |          |
|--|--------|-----------|----------|
| CHAC-CHI PESAJE (g)                          |        |           |          |
| PESCADO MUESTRA #1                           |        |           |          |
|  | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL                                      | 464.7  | ESCAMA    | 11.9     |
| SIN ESCAMAS                                  | 452.8  | FILETE    | 117.3    |
| SIN FILETE                                   | 335.5  | PIEL      | 14.5     |
| SIN PIEL                                     | 321    | ALETAS    | 7.5      |
| SIN ALETAS                                   | 313.5  | CABEZA    | 152      |
| SIN CABEZA                                   | 161.5  | VÍSCERAS  | 97.2     |
| SIN VÍSCERAS                                 | 64.3   | ESQUELETO | 64.3     |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 347.4 | 75%  |
| FILETE      | 117.3 | 25%  |
| TOTAL       | 464.7 | 100% |

**Tabla 3** Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 2)

**Porcentaje de desperdicios de la muestra 2**

| CHAC-CHI PESAJE (g) |        |           |          |
|---------------------|--------|-----------|----------|
| PESCADO MUESTRA #2  |        |           |          |
|                     | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL             | 210.5  | ESCAMA    | 6.4      |
| SIN ESCAMAS         | 204.1  | FILETE    | 51.9     |
| SIN FILETE          | 152.2  | PIEL      | 6.7      |
| SIN PIEL            | 145.5  | ALETAS    | 7.3      |
| SIN ALETAS          | 138.2  | CABEZA    | 63.1     |
| SIN CABEZA          | 75.1   | VÍSCERAS  | 41.6     |
| SIN VÍSCERAS        | 33.5   | ESQUELETO | 33.5     |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 158.6 | 75%  |
| FILETE      | 51.9  | 25%  |
| TOTAL       | 210.5 | 100% |

**Tabla 4** Determinación del porcentaje de desperdicios (muestra 3)

**Porcentaje de desperdicios de la muestra 3**

| CHAC-CHI PESAJE (g) |        |           |          |
|---------------------|--------|-----------|----------|
| PESCADO MUESTRA #3  |        |           |          |
|                     | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL             | 218.1  | ESCAMA    | 8.9      |
| SIN ESCAMAS         | 209.2  | FILETE    | 56.1     |
| SIN FILETE          | 153.1  | PIEL      | 11.4     |
| SIN PIEL            | 141.7  | ALETAS    | 5.2      |
| SIN ALETAS          | 136.5  | CABEZA    | 60.2     |
| SIN CABEZA          | 76.3   | VÍSCERAS  | 50.3     |
| SIN VÍSCERAS        | 26     | ESQUELETO | 26       |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 162   | 74%  |
| FILETE      | 56.1  | 26%  |
| TOTAL       | 218.1 | 100% |

En la Tabla 5 se observan las características del filete fresco; de cada muestra se obtuvieron dos filetes.

*Tabla 5 Características del filete fresco.*

| <b>Características del filete fresco</b> |        |       |         |         |        |
|--|--------|-------|---------|---------|--------|
| <b>CHAC-CHI FILETES</b>                  |        |       |         |         |        |
| muestra                                  | filete | peso  | largo   | ancho   | grueso |
| I  | FI1    | 117.3 | 15 cm   | 10.2 cm | 7 mm   |
|  | FI2    |       | 14 cm   | 10 cm   | 5 mm   |
| II                                       | FII1   | 51.9  | 10.2 cm | 6.5 cm  | 6 mm   |
|  | FII2   |       | 12.2cm  | 4 cm    | 3 mm   |
| III                                      | FIII1  | 56.1  | 11cm    | 6.5 cm  | 5 mm   |
|  | FIII2  |       | 11.5cm  | 6 cm    | 5 mm   |

En la tabla 6, se presentan las medidas del pescado entero (peso, largo, ancho, grueso) de la segunda variedad (Boox), con sus tres muestras respectivamente.

*Tabla 6 características promedio del Boox*

| <b>Características físicas promedio del pescado entero</b> |         |       |        |        |
|--|---------|-------|--------|--------|
| <b>BOOX MEDIDAS</b>  |         |       |        |        |
| muestra  | peso    | largo | ancho  | grueso |
| I  | 310.2 g | 35 cm | 4.5 cm | 5 cm   |
| II   | 284.2 g | 32 cm | 4.1 cm | 4.5 cm |
| III  | 283.1 g | 33 cm | 4.5 cm | 5.5 cm |

En las tablas 7, 8 y 9 se obtuvieron los porcentajes de desperdicios a partir de tres muestras diferentes, aquí también se desglosaron las pérdidas de filete, piel, aletas, cabeza, vísceras y esqueleto. En esta tabla se logra apreciar el porcentaje total de desperdicios y el aprovechamiento final.

**Tabla 7** Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 1)

| Determinación del porcentaje de desperdicios |        |           |          |
|--|--------|-----------|----------|
| BOOK PESAJE (g)                              |        |           |          |
| PESCADO MUESTRA #1                           |        |           |          |
|  | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL                                      | 310.2  | FILETE    | 71.6     |
| SIN FILETE                                   | 238.6  | PIEL      | 17.6     |
| SIN PIEL                                     | 221    | ALETAS    | 1.7      |
| SIN ALETAS                                   | 219.3  | CABEZA    | 118      |
| SIN CABEZA                                   | 101.3  | VÍSCERAS  | 74.7     |
| SIN VÍSCERAS                                 | 26.6   | ESQUELETO | 26.6     |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 238.6 | 77%  |
| FILETE      | 71.6  | 23%  |
| TOTAL       | 310.2 | 100% |

**Tabla 8** Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 2)

| BOOK PESAJE (g)    |        |           |          |
|--------------------|--------|-----------|----------|
| PESCADO MUESTRA #2 |        |           |          |
|                    | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL            | 284.2  | FILETE    | 46.4     |
| SIN FILETE         | 237.8  | PIEL      | 13       |
| SIN PIEL           | 224.8  | ALETAS    | 5.2      |
| SIN ALETAS         | 219.6  | CABEZA    | 108.8    |
| SIN CABEZA         | 110.8  | VÍSCERAS  | 82.6     |
| SIN VÍSCERAS       | 28.2   | ESQUELETO | 28.2     |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 237.8 | 84%  |
| FILETE      | 46.4  | 16%  |
| TOTAL       | 284.2 | 100% |

**Tabla 9** Determinación de porcentajes de desperdicio (muestra 3)

| BOOK PESAJE (g)    |        |           |          |
|--------------------|--------|-----------|----------|
| PESCADO MUESTRA #3 |        |           |          |
|                    | PESAJE |           | PÉRDIDAS |
| INICIAL            | 283.1  | FILETE    | 64.2     |
| SIN FILETE         | 218.9  | PIEL      | 9.8      |
| SIN PIEL           | 209.1  | ALETAS    | 4.7      |
| SIN ALETAS         | 204.4  | CABEZA    | 92.5     |
| SIN CABEZA         | 111.9  | VÍSCERAS  | 83.5     |
| SIN VÍSCERAS       | 28.4   | ESQUELETO | 28.4     |

| GRAMOS      |       |      |
|-------------|-------|------|
| DESPERDICIO | 218.9 | 77%  |
| FILETE      | 64.2  | 23%  |
| TOTAL       | 283.1 | 100% |

En la tabla 10 podemos notar las características del filete fresco y que de cada muestra se obtuvieron dos filetes.

**Tabla 10** Características del filete en fresco

| <b>Características del filete fresco</b> |        |      |         |        |        |
|--|--------|------|---------|--------|--------|
| <b>BOOX FILETES</b>                      |        |      |         |        |        |
| muestra                                  | filete | peso | largo   | ancho  | grueso |
| I  | FI1    | 71.6 | 12 cm   | 7 cm   | 5 mm   |
|  | FI2    |      | 11.5 cm | 7.3 cm | 4 mm   |
| II                                       | FII1   | 46.4 | 10.5 cm | 4.5 cm | 4 mm   |
|  | FII2   |      | 10 cm   | 6 cm   | 7 mm   |
| III                                      | FIII1  | 64.2 | 11 cm   | 7 cm   | 1 cm   |
|  | FIII2  |      | 10.5 cm | 7 cm   | 5 mm   |

En la tabla 11 se presentan las dimensiones del pescado entero (peso, largo, ancho, grueso) de la tercera variedad (armado), con sus dos muestras respectivamente.

*Tabla 11 Características físicas del pescado Armado.*

| <b>Características físicas promedio del pescado entero</b> |         |         |        |        |
|--|---------|---------|--------|--------|
| <b>ARMADO MEDIDAS</b>                                      |         |         |        |        |
| muestra  | peso    | largo   | ancho  | grueso |
| I  | 137.8 g | 21.5 cm | 8.5 cm | 1.7 cm |
| II   | 193.2 g | 24.5 cm | 9 cm   | 2 cm   |

En las tablas 12 y 13 se obtuvieron los porcentajes de desperdicios, a partir de tres muestras diferentes donde se desglosaron las pérdidas de escama, filete, piel, aletas, cabeza, vísceras y esqueleto.

**Tabla 12** Porcentaje de desperdicios armado (muestra 1)

| <b>Determinación del porcentaje de desperdicios</b> |       |                 |      |
|---|-------|-----------------|------|
| <b>ARMADO PESAJE (g)</b>                            |       |                 |      |
| <b>PESCADO MUESTRA #1</b>                           |       |                 |      |
| <b>PESAJE</b>                                       |       | <b>PÉRDIDAS</b> |      |
| INICIAL   | 137.8 | ESCAMA          | 2.6  |
| SIN ESCAMAS   | 135.2 | FILETE          | 44.1 |
| SIN FILETE  | 91.1  | PIEL            | 9.8  |
| SIN PIEL  | 81.3  | ALETAS          | 1.5  |
| SIN ALETAS  | 79.8  | CABEZA          | 32   |
| SIN CABEZA  | 47.8  | VÍSCERAS        | 29.4 |
| SIN VÍSCERAS  | 18.4  | ESQUELETO       | 18.4 |

| <b>GRAMOS</b> |       |      |
|---------------|-------|------|
| DESPERDICIO   | 93.7  | 68%  |
| FILETE        | 44.1  | 32%  |
| TOTAL         | 137.8 | 100% |

**Tabla 13** Porcentaje de desperdicios armado (muestra 2)

| <b>ARMADO PESAJE (g)</b>  |       |                 |      |
|---------------------------|-------|-----------------|------|
| <b>PESCADO MUESTRA #2</b> |       |                 |      |
| <b>PESAJE</b>             |       | <b>PÉRDIDAS</b> |      |
| INICIAL                   | 193.2 | ESCAMA          | 5.9  |
| SIN ESCAMAS               | 187.3 | FILETE          | 59.7 |
| SIN FILETE                | 127.6 | PIEL            | 12.7 |
| SIN PIEL                  | 114.9 | ALETAS          | 3.5  |
| SIN ALETAS                | 111.4 | CABEZA          | 46.1 |
| SIN CABEZA                | 65.3  | VÍSCERAS        | 38.6 |
| SIN VÍSCERAS              | 26.7  | ESQUELETO       | 26.7 |

| <b>GRAMOS</b> |       |      |
|---------------|-------|------|
| DESPERDICIO   | 133.5 | 69%  |
| FILETE        | 59.7  | 31%  |
| TOTAL         | 193.2 | 100% |

En la Tabla 14 se pueden observar las características del filete fresco y que de cada muestra se obtienen dos filetes.

**Tabla 14** Características de filete de armado fresco

| <b>Características del filete fresco</b> |        |      |         |        |        |
|--|--------|------|---------|--------|--------|
| <b>ARMADO FILETES</b>                    |        |      |         |        |        |
| muestra                                  | filete | peso | largo   | ancho  | grueso |
| I  | FI1    | 44.1 | 10.4 cm | 6.4 cm | 5 mm   |
|  | FI2    |      | 9.6 cm  | 6.8 cm | 2 mm   |
| II                                       | FII1   | 59.7 | 11.2 cm | 6.5 cm | 4 mm   |
|  | FII2   |      | 12.5 cm | 7      | 6 mm   |



En conclusión, del pescado de chac-chi se aprovecha el 26% de filete y el 74% equivale a su desperdicio. El filete de esta especie es grande, de una tonalidad rosada a rojiza; de las tres especies elegidas es la que mayor demanda tiene.

Del pescado de boox se aprovecha el 21% de filete y el 79% equivale a su desperdicio, es importante mencionar que esta especie es la más económica porque sus filetes son de tonalidades más oscuras que resultan poco atractivas visualmente a los comensales. Sin embargo, la ventaja de trabajar con esta especie es que se llegan a capturar ejemplares de hasta 30 cm de largo que además, no cuentan con escamas.

Con el pescado armado se logra aprovechar el 31% de filete y el 69% equivale al desperdicio, se pudo observar que esta especie fue la que mayor cantidad de filete otorgó.

Al mencionar desperdicio nos referimos a todos los residuos que no llegan a consumirse como son las escamas, piel, vísceras y el esqueleto y concluimos que, de toda la especie, solo se llega a consumir una pequeña parte.

## 3 SECADO SOLAR

---

El secado solar a cielo abierto se ha utilizado desde tiempos inmemorables para secar una gran variedad de productos. Entre las ventajas que presenta el secador solar, las más destacada se basa en la energía que se utiliza, es decir, una fuente no contaminante, renovable y que puede utilizarse a escala local, sin embargo, presenta un gran inconveniente: el carácter periódico de la radiación solar y la variación de la intensidad de la radiación incidente en función del tiempo, siendo esta una circunstancia que requiere una estrategia de diseño y control adecuado para posibilitar el secado efectivo o adecuado.

### ***3.1.1 Factores ambientales que influyen en el secado solar.***

El secado solar es la deshidratación de los alimentos en el cual se remueve casi la totalidad del agua de un producto aprovechando la energía calorífica que nos otorga el sol, dando como resultado un producto prácticamente sólido y seco con un contenido de humedad significativamente bajo.

Para lograr este resultado el secado solar tiene algunos factores medioambientales importantes que se tienen en cuenta, estos factores son:

#### ***3.1.1.1 Temperatura***

La temperatura es la fuente de energía térmica necesaria para que las moléculas de agua se evaporen. La velocidad para que estas se evaporen dependerá de la cantidad de energía suministrada y la capacidad del aire transportarla humedad liberada. El secado depende de la temperatura, siendo ajustada de acuerdo con el producto a secar y su estado de humedad inicial.



### ***3.1.1.2 Velocidad del Aire***

El aire transporta la humedad liberada del producto, mayor velocidad significa mayor arrastre, y por lo tanto mayor tasa de secado. El exceso de la velocidad de aire puede llegar a extender el tiempo en el proceso de secado, en el peor de los casos detener el secado.

## ***3.1.2 Factores Físicos que Influyen en el Secado Solar***

### ***3.1.2.1 Tamaño del producto.***

El tamaño es un factor importante que se debe tomar en cuenta a la hora desecar. Mientras más grande sea la pieza a secar más masa de agua se encontrará

en ella. Si el material a secar es un producto rico en agua, esto afectará significativamente el tiempo que se necesita para secar con totalidad el producto.

### ***3.1.2.2 Espesor del producto***

El grosor tiene una importancia igual al tamaño del producto mencionado anteriormente. De la misma forma, mientras más gruesa se la pieza a secar más contenido de humedad habrá en ella y por lo tanto se requerirá más tiempo para secar el producto.

## 4 INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

---

### 4.1.1 *Equipo de Laboratorio.*

En este apartado se presentan los equipos con los que se tomaron mediciones durante el proceso de secado de pescado.

#### 4.1.1.1 *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 para la determinación del contenido de humedad. Este procedimiento se realizó antes y después de realizar el secado solar.



*Figura 4 Medidor de Humedad.*

#### 4.1.1.2 *Medidor de actividad de agua ( $a_w$ )*

La actividad del agua ( $a_w$ ) se define formalmente como la presión parcial de vapor de agua en equilibrio con el alimento dividido por la presión parcial de vapor de agua en condiciones estándar (presión de vapor parcial del agua pura a la misma temperatura). 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.



Figura 5 Actividad de Agua.

#### **4.1.1.3 Balanza digital**

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 (Figura 6).



*Figura 6 Balanza de precisión BOECO*

#### 4.1.1.4 Termómetros

Se utilizaron termómetros de mercurio, marca Brannan (precisión  $\pm 1.0$  °C) y digitales, marca OEM (precisión  $\pm 1.0$  °C), con los cuales se midieron las temperaturas dentro de las cámaras de secado (Figura 7).



Figura 7 Termómetros.

#### 4.1.1.5 Estación meteorológica

Se tomaron parámetros climatológicos de la estación meteorológica instalada en la Facultad de Ingeniería de la UAC. Las características (ficha técnica) son los mostrados en la Tabla 15:

Tabla 15 Características y descripción de los instrumentos de medición de la estación meteorológica.

| Medición             | Rango   | Exactitud  | resolución |
|----------------------|---|--|------------|
| Temperatura interior | 14 a 140 °F   | $\pm 2^{\circ}\text{F}$                                  | 0.1°F      |
| Temperatura exterior | -40 A 149 °F (BATERIAS DE LITIO)<br>-23 a 14°F (BATERIAS ALCALINAS) | $\pm 2^{\circ}\text{F}$                                  | 0.1°F      |
| Humedad interior     | 10 a 99%  | $\pm 5\%$  | 1%         |
| Humedad exterior     | 10 a 99%  | $\pm 5\%$  | 1%         |
| Presión barométrica  | 8.85 a 32.5 inHg  | $\pm 0.08$ inHg (dentro del rango de 27.13 a 32.50 inHg) | 0.01 inHg  |
| Luz                  | 0 a 200,000 Lux   | $\pm 15\%$   | 1 Lux      |
| Lluvia               | 0 a 394 in  | $\pm 5\%$  | 0.01 in    |
| dirección del viento | 0-360°  | $\pm 10^{\circ}$   | 1°         |
| Velocidad del viento | 0 a 100 mph   | $\pm 2.2$ mph o 10% (Lo que sea mayor)                   | 1.4 mph    |



*Figura 8 Estación Meteorológica, Facultad de ingeniería UAC*

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, como se muestra en la figura 4.6.



*Figura 9 Fileteado de pescado (Hernández, 2020)*

Una vez realizado este proceso, se procede a lavar repetidas veces para poder descartar la presencia de alguna espina o escama en el filete de pescado, como se muestra en la Figura 10.



*Figura 10 Lavado de filete de pescado.*

Durante este proceso, en conjunto, los residuos de pescado tales como huesos, cabezas, escamas, vísceras y colas, pasarán por un proceso de cocción dentro de una vaporera con agua corriente, con la finalidad de que el residuo se ablande y facilite la molienda de los residuos una vez deshidratado, como se puede apreciar en la Figura 11.



*Figura 11 Proceso de cocción de residuos de pescado.*

A continuación, se le toma parámetros de medición iniciales como el peso, contenido de humedad, aw y colorimetría como se muestra en la figura 12.



*Figura 12* Pesado de filete de pescado.

Una vez realizada la toma de parámetros iniciales tanto del filete de pescado como del residuo, se procede a colocar el filete de pescado dentro del secador solar tipo invernadero (figura 12) sobre las parrillas de acero inoxidable tal y como se muestra en la figura 13.



**Figura 13** Secador solar tipo invernadero para filete de pescado, instalado en la Facultad de ingeniería UAC.



*Figura 14 Puesta de filete de pescado dentro del secador solar tipo invernadero.*

En la Figura 15 se muestra el secador solar tipo invernadero para residuos de pescado, el cual está sobre las parrillas de acero inoxidable como se muestra en la Figura 13.



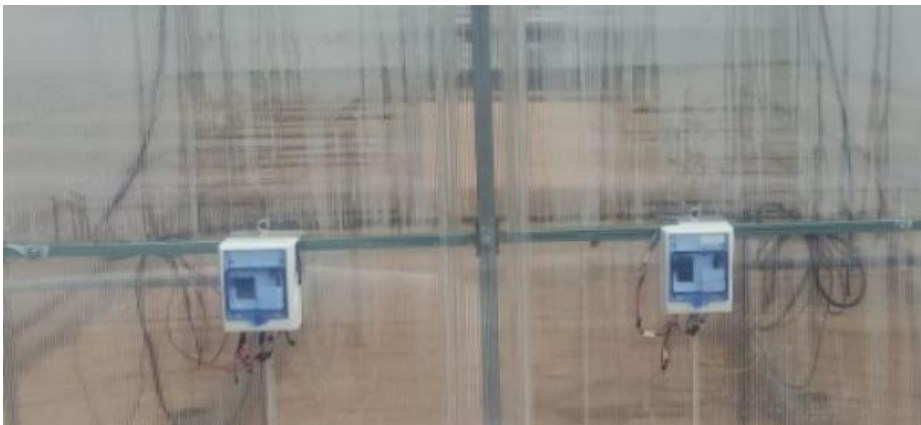
*Figura 15 Secador solar tipo invernadero para residuos de pescado del laboratorio de secado solar, Facultad de Ingeniería UAC*





*Figura 16* Puesta de residuo de pescado dentro del secador solar tipo invernadero.

El monitoreo se toma mediante sensores de temperatura y pesaje conectados a Arduino mega, el cual recolectara datos durante todo el proceso de secado de manera autónoma, como se ve a continuación en la Figura 17.



*Figura 17* Caja de instrumentación del sistema autónomo.

#### **4.1.2 Recolección del material deshidratado**

De acuerdo con el equipo de instrumentación se procede a recolectar datos de temperaturas y pesos, posteriormente se recolecta el filete de pescado dentro del invernadero debidamente con la higiene adecuada para no contaminarlos al manipularlos para el traslado al laboratorio como se muestra en la figura 18.



*Figura 18* Recolección de pescado y residuos ya deshidratados.

#### **4.1.3 Toma de datos finales**

Dentro del laboratorio se realiza el proceso de recolección de datos finales tales como % de humedad, peso,  $a_w$  y colorimetría. Esto con el fin de tener control de calidad y evitar que estos alimentos desarrollen crecimiento de actividad microbiana por una mala deshidratación, en la figura 4.13 se muestra el equipo utilizado.



*Figura 19* Toma de datos finales el deshidratado de pescado y residuos.

#### 4.1.4 Sellado

Una vez realizado las pruebas finales de  $a_w$  y contenido de humedad final, las muestras se sellan al vacío para evitar que se hidrate con la humedad ambiental y así poder preservar el producto final por más tiempo, así como se muestra en la figura 20.



Figura 20 Sellado al vacío de filete de pescado.

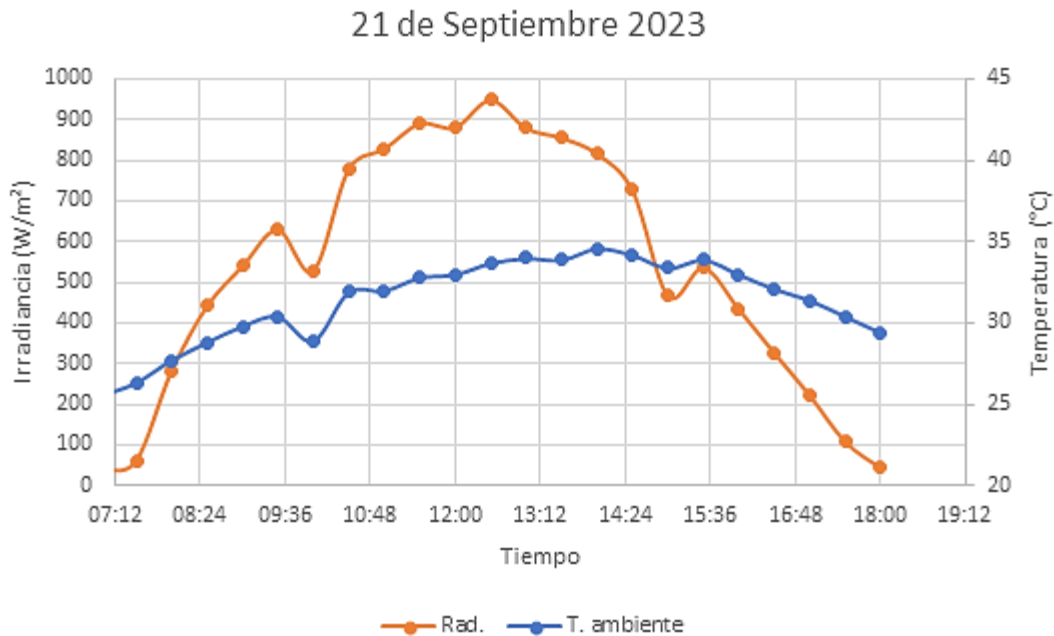
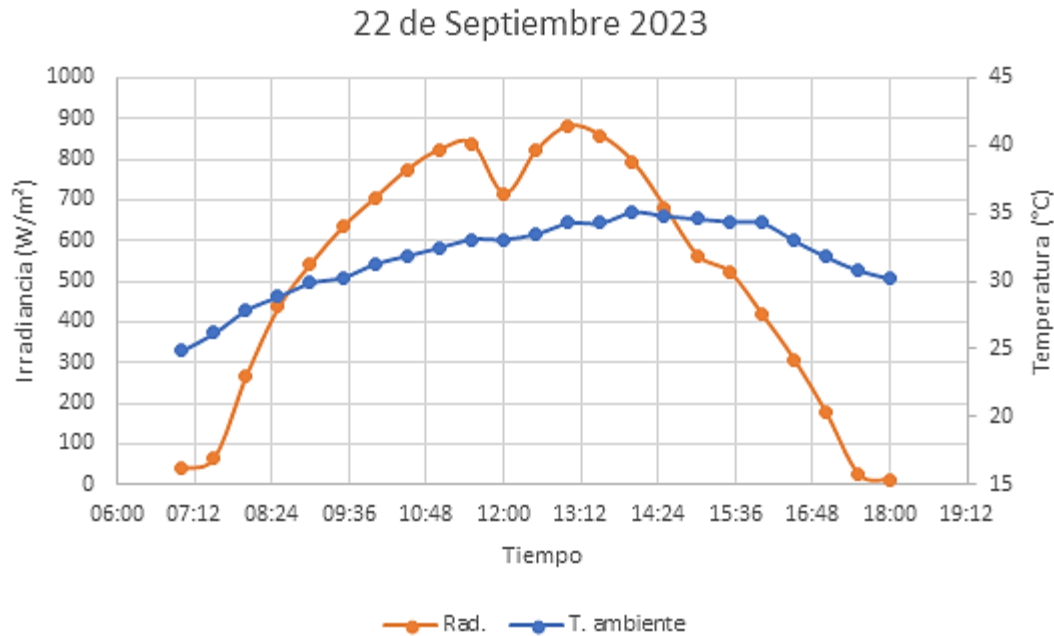


Figura 21 Irradiancia y temperatura durante el secado solar

En la gráfica del 21 de septiembre, se muestra los datos de irradiancia y temperatura ambientes registradas durante el primer día de secado solar, se puede apreciar que se obtuvo una irradiancia solar máxima de  $950 \text{ w/m}^2$ , cabe mencionar que durante el tiempo transcurrido se presentó una leve precipitación entre las 9:40am 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 22** Irradiancia y temperatura ambiente 22 de septiembre

En la gráfica del 22 de septiembre, se muestra los datos de irradiancia y temperatura ambientes registradas durante el segundo día de secado solar, se puede apreciar que se obtuvo una irradiancia solar máxima de 881 w/m<sup>2</sup> con una temperatura máxima registrada de 35°C a las 2:00pm, de igual modo los datos recolectados de la estación meteorológica nos permiten conocer el comportamiento de la irradiación solar durante el día.

## 5 RESULTADOS EXPERIEMETALES Y DISCUSIÓN

---

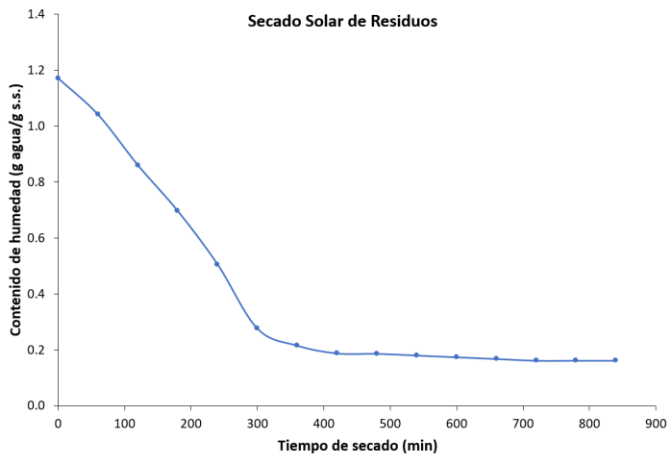
### 5.1 CINÉTICAS DE SECADO SOLAR

Los parámetros iniciales que se obtuvieron antes del proceso de secado del filete de pescado Armado, Chac-chí y Residuos se presentan en la Tabla 16 siendo estos los parámetros iniciales del pescado en fresco.

*Tabla 16* Actividad de agua y contenido de humedad inicial del filete de pescado y residuos.

| Parámetro              | Valor  |
|------------------------|--------|
| $a_w$ residuos Inicial | 0.98   |
| % de humedad inicial   | 53.943 |
| $a_w$ armado Inicial   | 0.91   |
| % humedad inicial      | 75.48  |
| $a_w$ chac-chi inicial | 0.93   |
| % humedad inicial      | 78.06  |

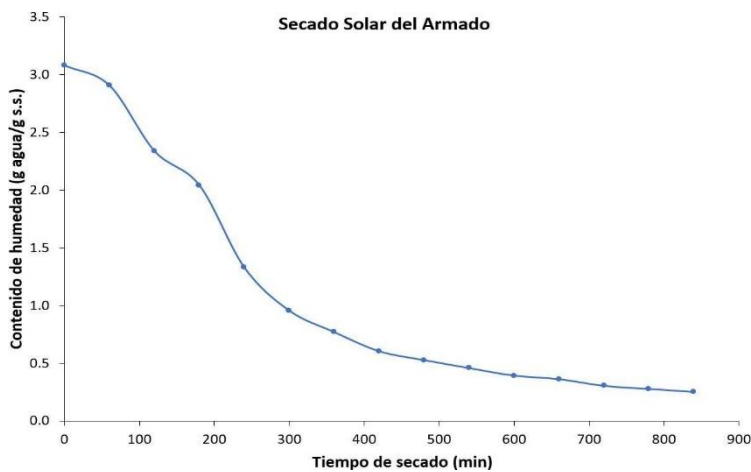
A continuación, en la gráfica 23 se muestra la pérdida de peso (g) respecto al tiempo de secado en minutos del residuo de pescado.



*Figura 23* Secado solar de residuos de pescado.

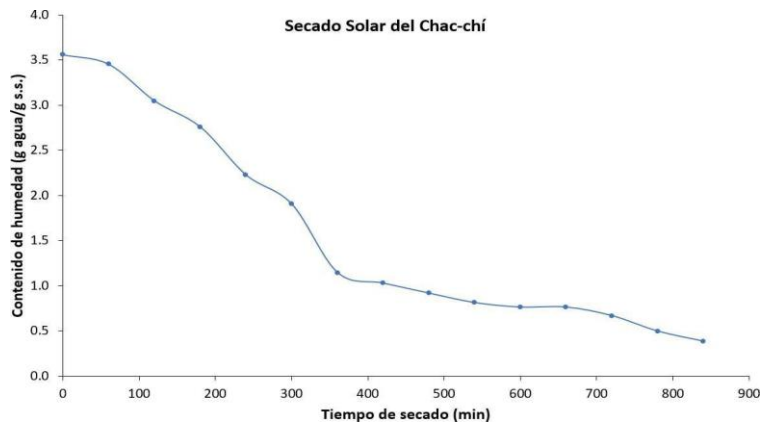
De acuerdo con la Gráfica 23 se puede observar que el secado de residuos de pescado se llevó a cabo durante 780 minutos. La prueba experimental comenzó a las 9:30 h y terminó a las 16:30 del primer día y el segundo día comenzó a las 10:20 y el experimento concluyó a las 15:00 h, lo que representa 13 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.

En la gráfica 23 y 24 se muestra la pérdida de peso (g) respecto al tiempo de secado en minutos del filete de pescado del armado y chac-chí respectivamente. La muestra inicial que se tomó para monitorear durante el proceso de secado fue de 70 g de filete de pescado Armado y 67 g de filete de pescado chac-chí que se tomó para monitorear el proceso de secado.



*Figura 24* Secado solar de filete de pescado Armado.

La Figura 25 muestra la cinética de secado solar de filete de pescado Chac-Chí. 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; el segundo día del proceso de secado, el experimento continuó a partir de las 10:20 h a 18:00 h, lo que representa 14 horas de secado continuo. El contenido de humedad inicial fue de 78.06 % o bien 3.55 g agua/g materia seca, en contraste la humedad final fue de 25 % base húmeda o bien 0.38 g agua/ m seca.

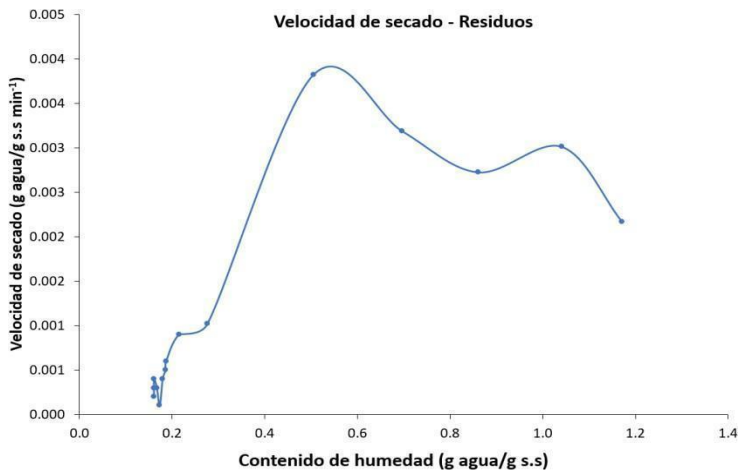


*Figura 25 Secado solar de filete de pescado Chac-chi.*

### **5.1.1 Velocidad de secado**

De acuerdo con la Figura 26 , la velocidad de secado de Residuos al inicio del proceso de secado tuvo una velocidad 0.003 g agua/g m seca min<sup>-1</sup> y después llegó a un máximo de 0.004 g agua/g m seca min<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> y finalmente se observan las velocidades mínimas a partir del minuto 400 min con valores cercanos a 0.001 g agua/g m

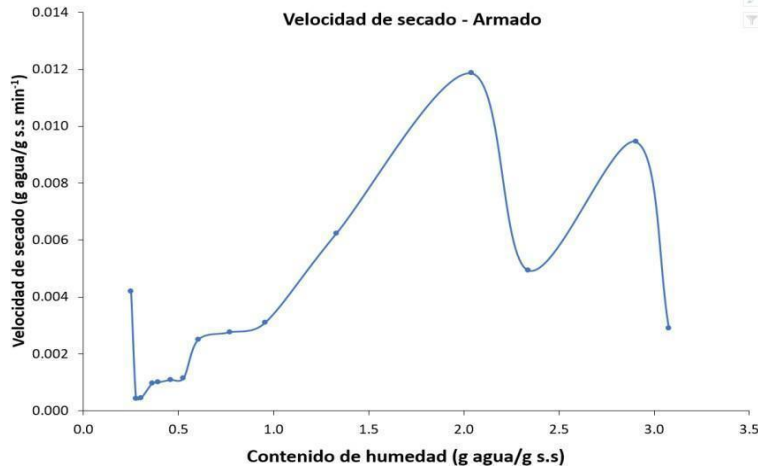
seca  $\text{min}^{-1}$ . El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 840 minutos continuos.



**Figura 26** Velocidad de secado solar de residuos de pescado.

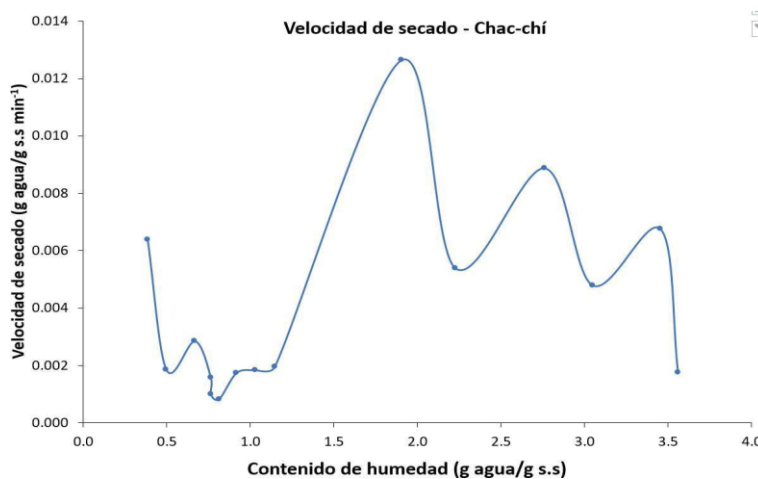
Por otro lado, la Figura 27 , muestra la velocidad de filete de Armado; al inicio del proceso de secado tuvo una velocidad ( $0.20 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ ) y después un incremento hasta  $0.0025 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ , manteniéndose esta velocidad por 90 minutos aproximadamente, 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  $0.004$  y  $0.002 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$  y finalmente se observan las velocidades mínimas a partir del minuto 400 min con valores cercanos a  $0.001 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ . El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 840 minutos continuos.





*Figura 27 Velocidad de secado solar de filete de pescado armado*

De acuerdo con la Figura 28, la velocidad de secado de filete de pescado Chac-Chí al inicio del proceso de secado tuvo una velocidad  $0.0020 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$  y después un incremento hasta una máxima velocidad de  $0.012 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ , 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  $0.006$  y  $0.005 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$  y finalmente se observan las velocidades mínimas a partir del minuto 400 min con valores cercanos a  $0.002 \text{ g agua/g m seca min}^{-1}$ . El proceso de secado tuvo una duración de dos días de procesamiento con energía solar o bien de 480 minutos continuos.



*Figura 28 Velocidad de secado solar de filete de pescado Chac-chí*

En la tabla 17 se muestra los % de humedad final y  $a_w$  final que se obtuvieron al final del secado solar de filete de pescado.

**Tabla 17**  $a_w$  y contenido de humedad final obtenidos después del secado solar

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| $a_w$ final (Residuo)        | 0.36  |
| % de Humedad final (Residuo) | 3.048 |
| $a_w$ final (Armado)         | 0.78  |
| % humedad final (Armado)     | 7.197 |
| $a_w$ final (Chac-chí)       | 0.48  |
| % humedad final (Chac-chí)   | 5.332 |

## 5.2 ANÁLISIS DE COLORIMETRÍA

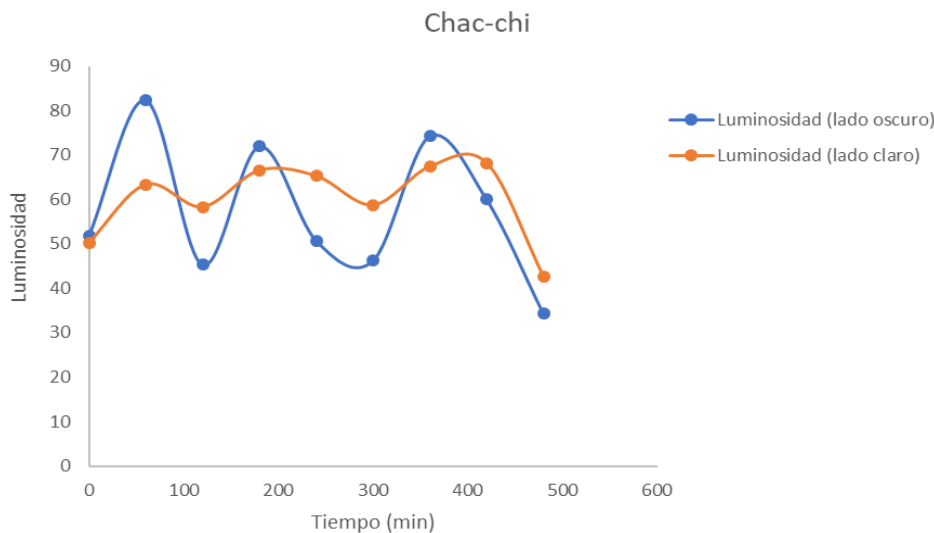
A continuación, en la tabla 18 se muestran los datos de colorimetría tomada durante todo el proceso de secado solar de filete de pescado en intervalos de tiempo de 60 minutos.

*Tabla 18 Datos de colorimetría en muestras de filete deshidratado*

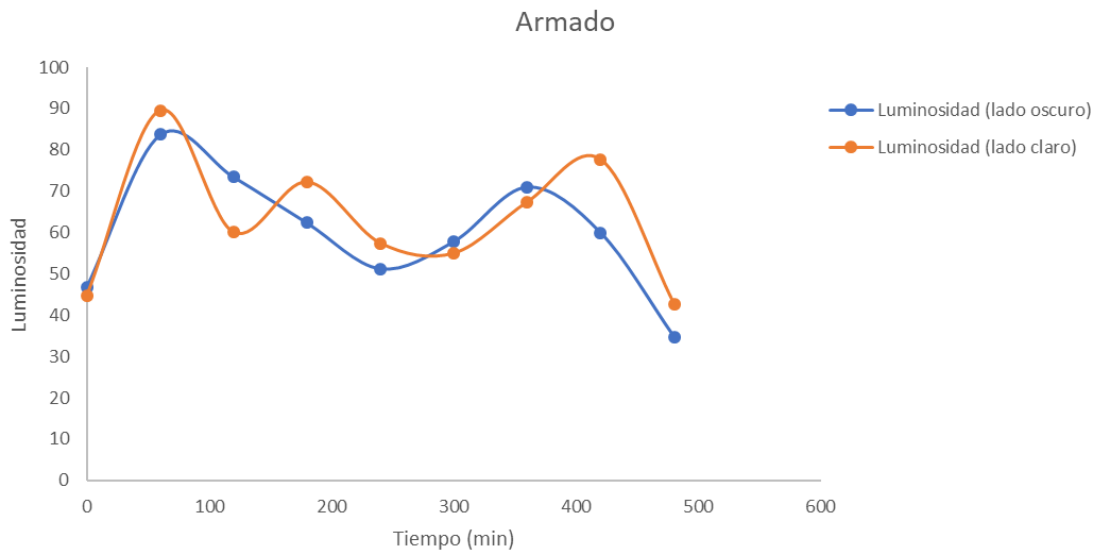
| DATOS DE COLORIMETRIA REGISTRADOS |       |            |        |             |       |            |        |
|-----------------------------------|-------|------------|--------|-------------|-------|------------|--------|
| Colorimetría (cada hora)          |       |            |        |             |       |            |        |
| Chac-chi                          |       |            |        | Armado      |       |            |        |
| Lado oscuro                       |       | Lado claro |        | Lado oscuro |       | Lado claro |        |
| L                                 | 51.82 | L          | 50.27  | L           | 46.66 | L          | 44.65  |
| a                                 | 2.97  | a          | 1.15   | a           | 0.75  | a          | 0.05   |
| b                                 | 6.43  | b          | 3.75   | b           | 1.66  | b          | 0.76   |
| Primera hora                      |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 82.32 | L          | 63.34  | L           | 83.68 | L          | 79.52  |
| a                                 | 63    | a          | 4.89   | a           | 39.58 | a          | 9.38   |
| b                                 | 11.27 | b          | 6.84   | b           | 16.69 | b          | 12.16  |
| segunda hora                      |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 45.28 | L          | 58.32  | L           | 73.47 | L          | 60.05  |
| a                                 | 8.14  | a          | 3.91   | a           | 13.50 | a          | 13.91  |
| b                                 | 8.12  | b          | 8      | b           | 16.06 | b          | 9.41   |
| tercera hora                      |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 71.9  | L          | 66.52  | L           | 62.34 | L          | 72.21  |
| a                                 | 98.81 | a          | 20.65  | a           | 28.13 | a          | -93.07 |
| b                                 | -2.51 | b          | 16.35  | b           | 17.3  | b          | 94.38  |
| cuarta hora                       |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 50.7  | L          | 65.27  | L           | 51.21 | L          | 57.41  |
| a                                 | 18.42 | a          | 21.1   | a           | 20.49 | a          | 19.03  |
| b                                 | 13.66 | b          | 17.99  | b           | 13.41 | b          | 14.8   |
| quinta hora                       |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 46.22 | L          | 58.73  | L           | 57.82 | L          | 54.98  |
| a                                 | 15.18 | a          | 8.05   | a           | 27.33 | a          | 12.32  |
| b                                 | 10.72 | b          | 11.2   | b           | 12.68 | b          | 10.22  |
| sexta hora                        |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 74.21 | L          | 107.37 | L           | 71.06 | L          | 67.37  |
| a                                 | 10.43 | a          | 43.52  | a           | 91.96 | a          | 43.52  |
| b                                 | 1.5   | b          | 12.76  | b           | -0.23 | b          | 12.76  |
| séptima hora                      |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 43.22 | L          | 68.18  | L           | 30.72 | L          | 77.67  |
| a                                 | 17.18 | a          | 14.04  | a           | 27.87 | a          | 11.65  |
| b                                 | 9.72  | b          | 13.71  | b           | 15.48 | b          | 7.08   |
| octava hora                       |       |            |        |             |       |            |        |
| L                                 | 34.25 | L          | 42.72  | L           | 34.72 | L          | 42.72  |
| a                                 | 1.87  | a          | 2.21   | a           | 11.87 | a          | 2.21   |
| b                                 | 5.83  | b          | 11.8   | b           | 5.83  | b          | 11.8   |

Se analizaron las propiedades colorimétricas del pescado Chac-chi durante el proceso de secado solar; los valores iniciales de luminosidad, y cromaticidad *a* y *b*: 51.82, 2.97, y 6.43,

respectivamente, para la parte oscura del filete de pescado; mientras que los valores de color para la zona clara del pescado fueron 50.27, 1.15, y 3.75 para luminosidad,  $a$  y  $b$ , respectivamente. Durante el proceso de secado fueron monitoreadas las propiedades colorimétricas del filete de pescado, se observó que al final del proceso de secado solar, la luminosidad,  $a$  y  $b$ , disminuyen hasta valores de 34.25, 1.87, y 5.83, respectivamente para la parte oscura del filete de pescado; mientras que, para la parte clara del pescado, la luminosidad disminuyó a 42.72 mientras que  $a$  y  $b$ , aumentaron a 2.21 y 11.8, respectivamente. Para ambos casos, la disminución de la luminosidad indicó que el filete de pescado se oscureció por efectos del proceso de secado solar. Para los casos donde se observó un incremento en los parámetros  $a$  y  $b$ , indica una tendencia del color hacia el rojo y amarillo, respectivamente. La diferencia de color para el filete de pescado oscuro fue de 3.59 mientras que para el filete claro la diferencia de color final fue de 11.08. De acuerdo con los niveles descriptivos en diferencia de color, un rango de 0 a 0.5 indica una diferencia de color leve; un nivel de 1.5 a 3.0 indica una diferencia notable, de 3.0 a 6.0 es una diferencia apreciable, de 6.0 a 12 indica una gran diferencia y hasta 12 significa una diferencia evidente respecto al estándar.



**Figura 29** Cinética de luminosidad respecto al tiempo de secado en el pescado Chac-Chi

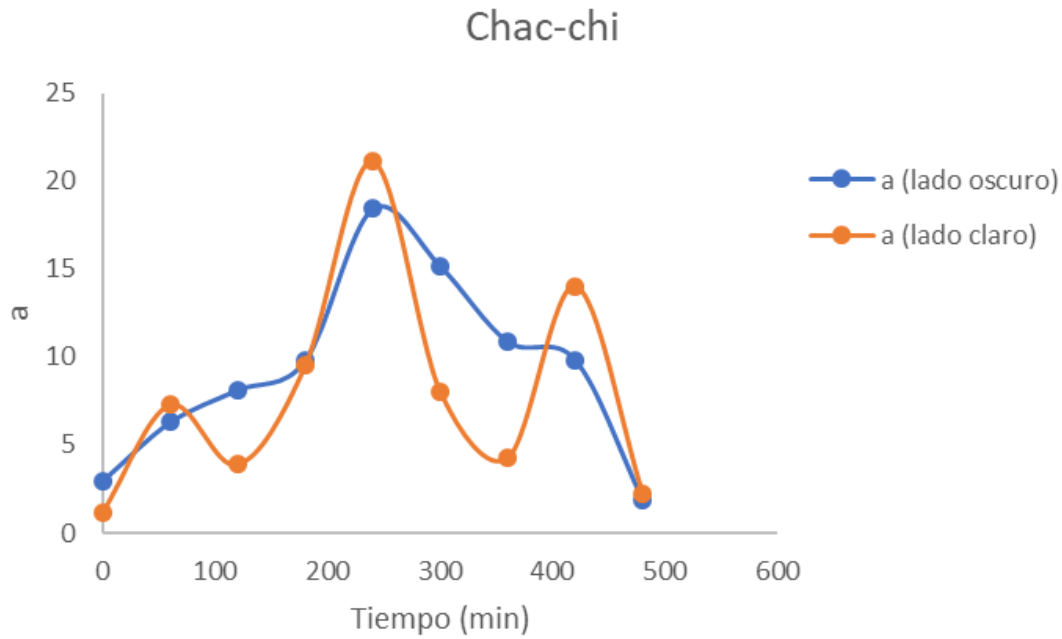


**Figura 30** Cinética de luminosidad respecto al tiempo de secado en el pescado Chac-Chi

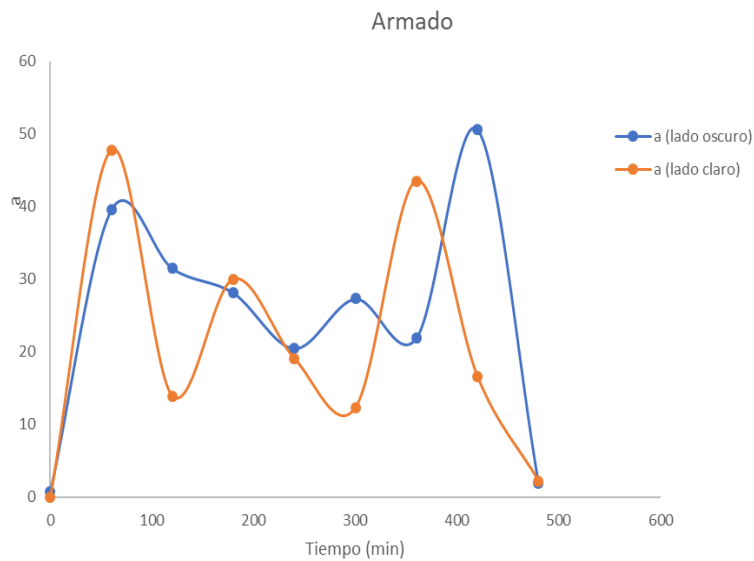
Para el caso del pescado armado se obtuvieron los siguientes valores colorimétricos: para la parte oscura 46.66 de luminosidad,  $a$  y  $b$  de 0.75 y 1.66, respectivamente. Mientras que, para la parte oscura, la luminosidad inicial fue de 44.65,  $a$  y  $b$  de 0.05 y 0.76. Durante el proceso de secado se observó una disminución de la luminosidad lo que indica que el filete de pescado tiende a oscurecerse, este comportamiento se observó cuando la luminosidad disminuyó a valores de 34.72 y 42.72 para el filete oscuro y claro, respectivamente. De igual manera se observó un incremento en los valores de  $a$  y  $b$ , lo que indica que el filete tiende a adquirir un color rojizo-amarillo al final del proceso de secado solar. Los valores finales de  $a$  y  $b$  para el filete armado oscuro fue de 1.87 y 5.83, respectivamente y para el filete claro se observaron valores de 2.21 y 11.8. La diferencia de color del filete de pescado oscuro fue de 12.69 y el filete de pescado claro presentó una diferencia de color de 11.41. De acuerdo con los niveles descriptivos en diferencia de color, un rango de 0 a 0.5 indica una diferencia de color leve; un nivel de 1.5 a 3.0 indica una diferencia notable, de 3.0 a 6.0 es una diferencia apreciable, de 6.0 a 12 indica una gran diferencia y hasta 12 significa una diferencia evidente respecto al estándar.

La luminosidad toma valores de 0 a 100, un valor de cero indica un producto oscuro, mientras que el valor de 100 indica un producto blanco. El incremento en la luminosidad puede verse a la evaporación de la humedad de la muestra; mientras que una disminución en la luminosidad indica que el producto se torna de color oscuro. En la Figura

28 y Figura 30 se observan los cambios de la luminosidad respecto al tiempo, observándose una luminosidad por debajo del valor inicial.



*Figura 31* Cinética parámetro *a* Chac-chi



*Figura 32* Cinética parámetro *a* del Armado

En las Figuras 33 a 36 puede observarse el proceso de secado de los filetes, así como de los residuos de pescado. Es importante notar el cambio de color de los mismos.



*Figura 33 Filete de pescado antes del proceso de secado*



*Figura 34 Residuo de pescado antes del proceso de secado*



*Figura 35 Filete de pescado después del proceso de secado*



*Figura 36 Residuo de pescado después de secado*



## 6 CONCLUSIONES

---

Para el secado solar de filete de pescado, es recomendable obtener el filete de pescado lo más delgado posible, ya que el grosor del filete influye en el tiempo de secado, durante el traslado del producto desde el puerto pesquero al laboratorio de secado solar de alimentos, se recomienda hacerles un lavado total a los filetes de pescado para evitar su descomposición por culpa del agua salada.

Durante el proceso de secado dentro del invernadero es indispensable girar el filete de pescado para evitar que los aceite de pescado se retenga la humedad en la parte de abajo del filete, ya que la convección del aire en esta área es prácticamente nula, de tal manera que el secado no es homogéneo.

Aun así, se comprobó la factibilidad técnica del secado tanto del filete como del residuo de pescado en el secador solar tipo invernadero

Respecto de la colorimetría en el caso de ambos filetes evaluados, filete de pescado Armado y filete de pescado chach-chí, el filete tiende a adquirir un color rojizo-amarillo al final del proceso de secado solar. la disminución de la luminosidad indicó que el filete de pescado se oscureció por efectos del proceso de secado solar y se observó un incremento en los parámetros a y b, indica una tendencia del color hacia el rojo y amarillo, respectivamente. De acuerdo con los valores de la diferencia de color para ambos filetes, en promedio valores que rondan 11 unidades, lo cual indica una diferencia de color notable.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

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>

Hernández, A. (18 de Agosto de 2020). *¿COMO LIMPIAR Y FILETEAR PESCADO?* Obtenido de <https://buenazo.pe/tecnicas-y-tips/2020/08/18/como-limpiar-filetear-pescado-83>

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](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/nmwmigaj/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>