

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**SECADO DE FILETES DE GAMITANA (*Colossoma macropomum*)  
POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
CARLOS ALEJANDRO PRENTICE PÉREZ**

**Tarapoto - Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**

**SECADO DE FILETES DE GAMITANA (*Colossoma macropomum*)**

**POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**CARLOS ALEJANDRO PRENTICE PÉREZ**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO**



---

**Ing. M.Sc. EPIFANIO E. MARTINEZ MENA**  
Presidente



---

**Ing. M.Sc. ENRIQUE TERLEIRA GARCÍA**  
Secretario



---

**Ing. M.Sc. WILSON E. SANTANDER RUIZ**  
Miembro



---

**Dr. OSCAR W. MENDIETA TABOADA**  
Asesor



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el repositorio de tesis digital

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	<i>Carlos Alejandro Prentice Pérez</i>		
Código de alumno :	<i>012051</i>	Teléfono:	<i>978 995971</i>
Correo electrónico:	<i>Carlos.prentice.7@gmail.com</i>	DNI:	<i>42043740</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	<i>Ingeniería Agroindustrial</i>
Escuela Académico Profesional de:	<i>Ingeniería Agroindustrial</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	<i>Secado de filetes de gamitana 'colossoma macropomum por flujo de aire caliente</i>
Año de publicación:	<i>2017</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia **Creative Commons** que garantiza que cualquier usuario pueda acceder a la obra bajo



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

  
\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca central o especializada

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

22 / 11 / 2017  
  
  
Prof. Alicia Martínez Grande Chávez  
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL  
\_\_\_\_\_  
Firma de Biblioteca

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## DEDICATORIA

- ✓ Al todopoderoso que de una u otra forma se encuentra presente en cada paso de mi vida que doy y cuida de mí y de los seres que se encuentran a mí alrededor.
  - ✓ De forma muy especial a mis queridos padres Carlos Prentice Hernández y Herminia Pérez de Prentice por el apoyo incondicional valido para la formación como persona y profesional.
  
- ✓ A mi hermano Paulo Renato, con inmensa gratitud por su constante e invaluable apoyo, comprensión y sobre todo su cariño eterno.
  - ✓ A Katherine Danitza Vera C, una persona maravillosa que está conmigo apoyándome en todo momento brindándome su apoyo moral para la realización de mis metas trazadas
  
- ✓ A mis Tíos y Primos en general por su colaboración, eterna confianza y aliento desinteresado en todo momento de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

- ✓ A todas los docentes de la universidad a quienes les debo una eterna gratitud por la formación académica durante mi paso por la universidad.
- ✓ Al Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada, por su apoyo brindado incondicionalmente en el asesoramiento durante la realización de este trabajo de investigación.
- ✓ A la Sra. Dolly Flores Dávila y el Tec. Guido Saavedra Vela por el apoyo y las facilidades brindadas en los laboratorios durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- ✓ Al Sr. Porfirio Guerrero Soto por las facilidades prestadas en la información en el desarrollo del trabajo de investigación.
- ✓ A los compañeros de toda la vida, Carmelino Almestar V, David Fachin R, Max X. Ushiñahua C, Saida Usca C, Percy A. Ugarte M y Ruth C. Núñez T, por su apoyo en el desarrollo del proyecto y sobre todo su amistad incondicional.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
1. OBJETIVOS .....	2
1.1. Generales.....	2
1.2. Específicos.....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
2. GENERALIDADES SOBRE LA MATERIA PRIMA.....	3
2.1. Materia prima (Gamitana). .....	3
2.1.1. Características generales.....	3
2.1.2. Nombre común .....	4
2.1.3. Biotopo.....	4
2.1.4. Distribución .....	4
2.1.5. Forma.....	5
2.1.6. Coloración.....	5
2.1.7. Tamaño.....	5
2.1.8. Diferencias sexuales .....	5
2.1.9. Temperatura .....	6
2.1.10. Agua.....	6
2.1.11. Alimentación .....	6
2.1.12. Comportamiento.....	6
2.1.13. Producción .....	6
2.1.14. Sistema de Cultivo .....	7
2.1.15. Alevinos .....	8
2.1.16. Ventajas de la especie como cultivo .....	9
2.1.17. Características Bromatológicas del Músculo .....	9
2.1.18. Taxonomía .....	10
2.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	11
2.3. PROCESO DE SECADO .....	13
2.3.1. Secado de los alimentos .....	14

2.3.1.1. Movimiento de solutos .....	14
2.3.1.2. Retracción.....	15
2.3.1.3. Formación de costras.....	15
2.3.2. Secado por aire caliente .....	16
2.3.3. Secado durante el periodo de velocidad constante .....	17
2.3.4. Método para calcular el periodo de secado de velocidad constante .....	18
2.3.5. Secado durante el periodo de velocidad decreciente.....	19
2.3.6. Método de Integración gráfica de coeficientes de transferencia para el periodo de velocidad constante .....	19
2.4. CINÉTICA DE SECADO .....	20
2.5. VELOCIDAD DE SECADO.....	21
2.6. DIFUSIÓN DE LA HUMEDAD .....	22
2.7. PRUEBAS DE SECADO .....	23
2.8. ACTIVIDAD DE AGUA .....	24
2.9. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN.....	25
2.10. REHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS DESECADOS. ....	26
2.11. ANÁLISIS SENSORIAL .....	26
2.11.1. Evaluación sensorial .....	27
2.11.2. Los sentidos en el control de la calidad .....	27
2.11.2.1. Color.....	28
2.11.2.1. El olor.....	28
2.11.2.2. El gusto o sabor .....	28
2.11.2.3. La textura .....	29
2.11.2.4. Apariencia general .....	30
2.12. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	31
2.13. SUPERFICIE DE RESPUESTA .....	32
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCION.....	33
3.2. MATERIA PRIMA .....	33
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO .....	34
3.3.1. Equipos .....	34
3.3.2. Materiales .....	35



3.3.3. Reactivos.....	35
3.4. MÉTODOS DE CONTROL .....	35
3.4.1. Controles en la Gamitana en fresco.....	35
3.4.1.1. Biometría.....	35
3.4.2. Análisis Proximal .....	36
3.4.2.1. Humedad .....	36
3.4.2.2. Proteína total .....	36
3.4.2.3. Grasa total .....	36
3.4.2.4. Ceniza total.....	36
3.4.2.5. Carbohidratos .....	36
3.4.3. Controles Durante el proceso de deshidratado.....	36
3.4.4. Controles del producto terminado .....	37
3.4.4.1. Análisis físico .....	37
3.4.4.2. Análisis químico proximal.....	37
3.4.4. Análisis sensorial.....	37
3.4.5. Análisis microbiológico .....	37
3.5. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SECADO.....	38
3.6. DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD.....	38
3.7. ACTIVIDAD DE AGUA .....	39
3.8. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN.....	39
3.9. CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN.....	40
3.10. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	40
3.11. DESCRIPCION DEL FLUJO DE DESHIDRATADO DE FILETE DE GAMITANA .....	42
3.11.1. Obtención de la materia prima .....	43
3.11.2. Recepción de la materia prima .....	43
3.11.3. Selección y Clasificación .....	43
3.11.4. Eviscerado y descamado .....	44
3.11.5. Fileteado .....	44
3.11.6. Lavado .....	45
3.11.7. Congelamiento.....	45
3.11.8. Pre tratamiento osmótico .....	45

3.11.9. Deshidratado convectivo .....	46
3.11.10. Enfriado.....	47
3.11.11. Envasado .....	47
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>48</b>
4.1. BIOMETRÍA DE LOS FILETES DE GAMITANA. ....	48
4.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL .....	49
4.3. SECADO.....	50
4.3.1. Efecto de la temperatura del aire y concentración de NaCl .....	50
4.3.2. Velocidad de secado.....	52
4.4. DIFUSIVIDAD .....	54
4.5. ACTIVIDAD DE AGUA .....	56
4.6. ISOTERMAS DE ADSORCION.....	57
4.7. CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN.....	60
4.8. ANALISIS SENSORIAL PARA FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADOS ..	61
4.8.1. Apariencia general .....	62
4.8.2. Textura.....	63
4.8.3. Olor .....	64
4.7.4. Color .....	65
4.9. SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE FILETE DE GAMITANA DESHIDRATADA.....	66
4.9.1. Apariencia general. ....	66
4.9.2. Textura.....	67
4.9.3. Olor .....	68
4.9.4. Color .....	69
4.10. FLUJOGRAMA Y BALANCE DE MATERIALES PARA LA OBTENCION DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADOS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE.....	70
4.11. ANALISIS MICROBIOLÓGICO .....	74
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VII. REVISIONES BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>VIII. ANEXO .....</b>	<b>84</b>

<b>Anexo 01:</b> DATOS QUE SON REPRESENTADOS EN LAS GRÁFICAS DE EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y CONCENTRACIÓN DE NA <sub>CL</sub> , VELOCIDAD DE SECADO, ACTIVIDAD DE AGUA, ISOTERMAS DE ADSORCIÓN Y CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN.....	84
<b>Anexo 2:</b> FICHA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADO POR FLUJO AIRE CALIENTE .....	89
<b>Anexo 3:</b> CÁLCULOS DEL ANVA Y PRUEBA DE TUCKEY PARA LOS ATRIBUTOS DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADO. ....	92
<b>Anexo 4:</b> TABLA QIM PARA DETERMINAR LA FRESCURA Y CALIDAD DEL PESCADO .....	106
<b>Anexo 5:</b> RM N° 591-2008 "NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS DE CALIDAD SANITARIA" .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fotografía de gamitana, paco e híbrido de cruce pacotana.....	7
<b>Figura 2:</b> Fotografía del sistema de cultivo de la gamitan utilizada con especies como boquichico, paco y tilapia. ....	8
<b>Figura 3:</b> Nombre Común: "Gamitana" (Perú), "cachama negra" (Colombia y Venezuela), "tambaqui" (Brasil), "Pacu" (Bolivia). ....	9
<b>Figura 4:</b> Curva típica de velocidad de secado .....	17
<b>Figura 5:</b> Curva general de secado.....	20
<b>Figura 6:</b> Curva característica de secado .....	22
<b>Figura 7:</b> Propiedades sensoriales asociadas a los cinco sentidos. ....	30
<b>Figura 8:</b> Muestra de gamitanas utilizadas en la investigación. ....	34
<b>Figura 9:</b> Equipo de secado con flujo de aire caliente. ....	35
<b>Figura 10:</b> Diagrama de flujo de deshidratado de filetes de gamitana.....	42
<b>Figura 11:</b> poza de crianza de gamitana. ....	43
<b>Figura 12:</b> Muestra de las gamitanas seleccionadas y clasificadas.....	44
<b>Figura 13:</b> Muestra de gamitana sin escamas y eviscerada.....	44
<b>Figura 14:</b> Muestra de gamitana fileteada y sin piel. ....	45
<b>Figura 15:</b> Muestra de filetes de gamitana sin piel en solución osmótica.....	46
<b>Figura 16:</b> Muestra de gamitana en secado convectivo. ....	47
<b>Figura 17:</b> Muestra de las gamitana secado y almacenado en polietileno de alta densidad. ....	48
<b>Figura 18:</b> Curvas de secado que relaciona Humedad libre versus tiempo de secado.....	52
<b>Figura 19:</b> Velocidad de secado para los nueve tratamientos.....	53
<b>Figura 20:</b> Comportamiento de la difusividad de los nueve tratamientos.....	54
<b>Figura 21:</b> Comportamiento de actividad de agua para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente.....	57
<b>Figura 23:</b> Capacidad de rehidratación de filetes de gamitana. ....	61
<b>Figura 24:</b> Superficie de Respuesta para el atributo apariencia general, según el análisis sensorial realizado por los jueces.....	67
<b>Figura 25:</b> Superficie de Respuesta para el atributo Textura, según el análisis sensorial realizado por los jueces.....	68
<b>Figura 26:</b> Superficie de Respuesta para el atributo olor, según el análisis sensorial realizado por los jueces.....	69

**Figura 27:** Superficie de Respuesta para el atributo color según el análisis sensorial realizado por los jueces..... 70

**Figura 28:** Flujograma para la obtención y balance de materiales para filetes de Gamitana..... 71

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Características bromatológicas del músculo de gamitana.....	10
<b>Cuadro 2:</b> Clasificación taxonómica de la gamitana.....	10
<b>Cuadro 3:</b> Condiciones del secador que fue utilizadas en el desarrollo de la investigación. ....	34
<b>Cuadro 4:</b> Actividad de agua de las soluciones salinas utilizadas para las Isotermas de adsorción a temperatura ambiente de 25 - 30°C. ....	39
<b>Cuadro 5:</b> Diseño estadístico Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial completo de 3 x 3, con 3 repeticiones (temperatura y concentración de NaCl).....	41
<b>Cuadro 6:</b> Medidas Biométricas de filetes de gamitana.....	48
<b>Cuadro 7:</b> Composición proximal del filete de gamitana fresco y deshidratado. ...	49
<b>Cuadro 8:</b> Valores de difusividad calculados con la ecuación de Fick para placa plana. ....	55
<b>Cuadro 9:</b> Constantes de la ecuación GAB evaluadas para filetes deshidratados de gamitana. ....	59
<b>Cuadro 10:</b> Promedios ordenados en forma ascendentes, obtenidos del análisis sensorial para el atributo de apariencia general. ....	62
<b>Cuadro 11:</b> Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo color. ....	64
<b>Cuadro 12:</b> Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo olor. ....	65
<b>Cuadro 13:</b> Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los Promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo color. ....	65
<b>Cuadro 14:</b> Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial de los atributos. Olor, Color, Textura y Apariencia general. ....	73
<b>Cuadro 15:</b> Resultado del análisis microbiológico de filete de gamitana deshidratado..	74

## ÍNDICE DE CUADROS ANEXO

<b>Cuadro 16:</b> Datos que son representados en la gráfica del efecto de la temperatura del aire y concentración de NaCl.....	84
<b>Cuadro 17:</b> Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 40°C y concentraciones (5, 10 y 15%). .....	85
<b>Cuadro 18:</b> Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 50°C y concentración (5, 10 y 15%). .....	86
<b>Cuadro 19:</b> Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 60°C y concentración (5, 10 y 15%). .....	87
<b>Cuadro 20:</b> Datos que son representados en la gráfica de actividad de agua para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente.....	88
<b>Cuadro 21:</b> Datos que son representados en la gráfica de isotermas de adsorción para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente. ....	89
<b>Cuadro 22:</b> Datos que son representados en la gráfica de capacidad de rehidratación para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente .....	90
<b>Cuadro 23:</b> Atributo de apariencia general.....	92
<b>Cuadro 24:</b> Atributo de apariencia general ANOVA.....	93
<b>Cuadro 25:</b> Promedios de Tratamientos para Atributo de apariencia general.....	94
<b>Cuadro 26:</b> Significancia para los atributos de apariencia general.....	95
<b>Cuadro 27:</b> Atributo de textura.....	96
<b>Cuadro 28:</b> Atributo de apariencia general ANOVA.....	96
<b>Cuadro 29:</b> Promedios de Tratamientos.....	97
<b>Cuadro 30:</b> Significancia para el atributo de Textura.....	98
<b>Cuadro 31:</b> Atributo de olor .....	99
<b>Cuadro 32:</b> Atributo de olor ANOVA .....	99
<b>Cuadro 33:</b> Atributo de olor.....	100
<b>Cuadro 34:</b> Significancia para el atributos de Olor.....	101
<b>Cuadro 35:</b> tributo de Color.....	102
<b>Cuadro 36:</b> Atributo de color ANOVA.....	102
<b>Cuadro 37:</b> Atributo de olor.....	103
<b>Cuadro 38:</b> Significancia para el atributos de Color.....	104
<b>Cuadro 39:</b> ANOVA para las características de olor, color, sabor, textura y apariencia general para filetes deshidratados de gamitana .....	105

## RESUMEN

En el presente trabajo se ha estudiado la conservación de filetes de gamitana empleando pre-tratamiento osmótico (soluciones de NaCl al 5, 10 y 15%) y secado convectivo con aire caliente (40, 50 y 60°C), así como determinar la calidad sensorial, física química y microbiológica de músculo de gamitana deshidratado.

Los filetes de gamitana frescos luego de ser limpiados y despellejados fueron sometidos a la acción de una solución osmodeshidratante al 5, 10 y 15% de Cloruro de Sodio, utilizándose un tiempo de 30 minutos filete-solución de 1:5 p/v (40 gramos de filete por 250 ml, de solución osmodeshidratante, para luego ser sometidos a un secado convectivo a través de un flujo de aire caliente a temperatura de 40, 50 y 60°C, con recirculación de aire del 80% y velocidades del aire constante de 1.1m/s empleando un secador convectivo de laboratorio; a cada tratamiento se le realizaron tres réplicas, durante un tiempo de 8 horas, a presión atmosférica.

Durante el secado se verificó el comportamiento cinético del proceso de secado lo que permitió identificar un comportamiento decreciente para los tratamientos a 40°C de NaCl con mayor concentración, presentando una velocidad menor de 2.69 Kg H<sub>2</sub>O / h\*m<sup>2</sup> mientras que los tratamientos de 60°C con menor concentración presenta una velocidad mayor de 3.49 Kg H<sub>2</sub>O / h\*m<sup>2</sup>, teniendo una mayor disminución de actividad de agua, desde 0.9615 a 0.5930 Aw, conjuntamente con la disminución del peso y el incremento del NaCl, para el tratamiento de 5% de NaCl y 60°C. Usando los datos experimentales se construyeron las curvas de pérdida de peso y velocidad de secado.

Utilizando el modelo de la ecuación de Fick fue calculada la difusividad efectiva para los nueve tratamientos evaluados, obteniéndose un valor de difusividad efectiva bajo para el tratamiento de 15% y 40°C ( $1.72 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s) y más elevado para el tratamiento con 5% y 60°C ( $6.75 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s), con valores de r<sup>2</sup> de 0.98778, Asimismo se determinó las isothermas de adsorción, ajustadas con el modelo GAB, obteniéndose un valor de monocapa de 0.10307 a 0.25377 para los tratamientos a



50°C y 15%; 60°C con 5 y 10% de cloruro de sodio respectivamente. Se realizaron experimentos de rehidratación de los filetes deshidratados, lo cual permitió estimar que el tratamiento a 60°C y 5% de NaCl presentó mayor capacidad de rehidratación. Los filetes deshidratados fueron evaluados sensorialmente y microbiológicamente.

Los resultados de evaluación sensorial para la prueba de Tukey al 5% no arrojó diferencias significativas, sin embargo los resultados evidencian que el mejor tratamiento fue con 60°C a 5% de NaCl de acuerdo a la mayor aceptación en los atributos color, textura y apariencia general.

El producto final con tratamiento a 60°C con 5% de NaCl presentó la siguiente composición: Humedad (10,87%), Proteína (62.83%), Grasas (19,75%), Cenizas (6.32%) y carbohidratos (0.23%).

Palabras clave:

*Colossoma macropomum*, Secado, Filetes de pescado, Procesamiento, propiedades fisicoquímicas, Gamitana, Perú.

## ABSTRACT

In this work we have studied the conservation gamitana fillets using osmotic retreat (NaCl solutions 5, 10 and 15%) and convective drying with hot air (40, 50 and 60°C) and determining the sensory quality, physical, chemical and microbiological gamitana dehydrated muscle .

Fillets fresh gamitana after being cleaned and skinned were subjected to the action of a osmodeshidratante solution at 5, 10 and 15% of sodium chloride, using a 30 minute time fillet - solution 1: 5 w/v ( 40 fillet grams per 250 ml of solution osmodeshidratante , before being subjected to convective drying through a hot air flow at 40, 50 and 60 °C , with air recirculation rates of 80% and constant air 1.1m/s using a convection dryer laboratory each treatment three replicates were performed for a time of 8 hours, at atmospheric pressure.

During drying the kinetic behavior of the drying process was verified helped identify a decreasing performance for treatments at 40 NaCl with higher concentration, showing a lower rate of 2.69 kg H<sub>2</sub>O/h\*m<sup>2</sup> while treatments of 60°C less concentration has a greater rate 3.49 kg H<sub>2</sub>O/h\*m<sup>2</sup>, having a greater decrease of water activity, Aw from 0.9615 to 0.5930, together with reducing the weight and increasing NaCl, for the treatment of 5% NaCl 60°C. Using the experimental data curves and weight loss were constructed drying rate. Using the model Fick's equation was calculated effective diffusivity for the nine treatments evaluated, obtaining a value of effective diffusivity under treatment 15% and 40°C ( $1.72 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s) and higher for treatment with 5% and 60°C ( $6.75 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s), with r<sup>2</sup> values of 0.98778, adsorption isotherms also adjusted with GAB model was determined, obtaining a value of 0.10307 to 0.25377 monolayer for treatments at 50°C and 15%; 60 with 5 and 10% sodium chloride respectively. Experiments rehydrations of dehydrated fillets were performed, allowing to estimate the treatment at 40°C with 10% NaCl showed higher rehydration. Dehydrated steaks were evaluated sensorially and microbiologically

The results of sensory evaluation for the Tukey test at 5% showed no significant differences, however the results show that the best treatment was with 60 to 10% NaCl

according to the greater acceptance in color, texture and overall appearance attributes.

The final product treated at 60°C with 10% NaCl showed the following composition: Humidity (10.87%), protein (62.83%), fats (19.75%), ash (6.32%) and carbohydrates (0.23%)

Keywords:

*Colossoma macropomum*, Drying, Fish fillets, Processing, physicochemical properties, Gamitana, Peru.

## INTRODUCCIÓN

La gamitana, *Colossoma macropomum*, es una especie ampliamente distribuida en toda la cuenca del río Amazonas (**Lovshin, 1980; Gonzáles y Heredia 1992**); por su tamaño, calidad de carne, elevado nivel proteico, tiene una demanda comercial muy grande en la región de la Selva Baja y Alta. Es omnívora, aunque en su ambiente natural tiende a ser frugívora, consumiendo preferiblemente semillas sin partes carnosas, frutas y algunas gramíneas, insectos acuáticos, pequeños moluscos y crustáceos; también se alimentan de plancton (**Saldaña, 1998**).

El agua es el componente más importante de los productos alimenticios, porque ejerce una fuerte influencia sobre las variables de un proceso y características del producto en función a atributos de estabilidad. El deterioro de los alimentos está asociado al agua disponible porque las alteraciones físico-químicas, bioquímicas y microbiológicas ocurren. El procesamiento de alimentos está en función de evitar los deterioros que afectarían la aceptación del alimento por el consumidor (**Molina et al., 2006**).

El secado es la operación que más se utiliza para conservar productos, ya que con ella se reduce el contenido de agua, inhibiendo el desarrollo de microorganismos y una serie de reacciones típicas de los productos con actividad de agua elevada. Los costos del secado son compensados porque el producto final tendrá un valor agregado mayor mientras que se reducen los costos de transporte y almacenaje debido al menor volumen y peso del producto seco (**Honorato. et al., 2009**).

La temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en los estudios cinéticos, pues aunque las temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo de proceso. Por otra parte, la cinética del proceso de secado depende tanto de la geometría y espesor del producto como de las propiedades del aire de secado, como son la humedad relativa ambiental, temperatura y velocidad del aire (**Vega y Lemus, 2009**).

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Generales**

Contribuir con la generación de tecnología para conservación de filetes de gamitana (*Colossoma macropomum*); por medio de pre deshidratación osmótica y secado por flujo de aire caliente.

### **1.2. Específicos**

- Determinar las condiciones de pre tratamiento osmótico y secado adecuado para músculo de gamitana.
- Determinar la cinética de secado y la difusividad aparente del agua durante el proceso de secado por flujo de aire caliente de la con pre tratamiento osmótico.
- Determinar la calidad sensorial (química, física y microbiológica) de filetes de gamitana deshidratados y secados por flujo de aire caliente.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2. GENERALIDADES SOBRE LA MATERIA PRIMA

#### 2.1. Materia prima (Gamitana).

La gamitana es el pez más importante entre los peces escamosos del río Amazonas y es altamente cotizado por su carne, teniendo una mayor importancia económica entre las especies del género *Colossoma*, sustentando de proteína animal a los habitantes de la Amazonía, **(AECI / Padespa-Fondepes 2004)**.

##### 2.1.1. Características generales

La gamitana es uno de los mayores peces escamados de la cuenca del Amazonas y Orinoco, sólo superado por el paiche (*Arapaima gigas*), puede llegar a pesar hasta 28.5 kg en las partes altas de la cuenca y medir hasta 1.00 m de longitud.

En cuanto a los alevinos, éstos son de forma romboidal redondeada y tienen una coloración diferente: el cuerpo es plateado salpicado de puntos oscuros, destacando una mancha negra en la parte central de los lados del pez, lo que facilita su diferenciación de otros alevinos que comparten el mismo hábitat, como es el caso de la palometa, el paco y la piraña.

Su cuerpo es comprimido, con una coloración negruzca en el dorso y verde amarillento en la parte ventral. Las escamas son relativamente pequeñas y fuertemente adheridas a la piel, de borde ventral afilado con escamas en forma de "V", debido a esto, se adapta bien a la existencia con pirañas en su hábitat original, que suelen morder los vientres blandos **(AECI / Padespa-Fondepes 2004)**.

### 2.1.2. Nombre común

"Tambaqui", "Pacú negro", "Pacú gigante", "Cachama" (Reino Unido, Venezuela), "Cachama negra" (Colombia, Venezuela), "Bocó" (Brasil), "Gamitana" (Colombia, Perú), "Morocoto" (Venezuela), "Ruelo" (Brasil), "Red bellied pacu", "Blackfin pacu" (Estados Unidos), "Schwazer Pacu" (Alemania).

Sinónimos no válidos: *Myletes macropomus* (con el que fue originalmente descrita en 1818 por Cuvier), *Colossoma macropodum*, *Colossoma macropomum*, *Salmo tambaqui*, *Melloina tambaqui*, *Colossoma nigripinnis*, *Colossoma nigripinne*, *Colossoma oculus*, *Myletes nigripinnis*, *Myletes oculus*, *Piaractus nigripinnis*, *Colossoma tombaqui* (**Armentas et al., 2007**).

### 2.1.3. Biotopo

Tropical de agua dulce. Zonas de aguas profundas y de corrientes con mucha vegetación. Los juveniles viven en aguas negras: los adultos acuden en la época de crecidas a las áreas inundadas para alimentarse, (**Armentas et al., 2007**).

### 2.1.4. Distribución

América del sur. Cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. Bolivia (zona de Trinidad); Brasil (ríos Amazonas, Solimoes, Curu, Manacapurú, Guaporé; lagos grande, Janauari y Murumuru); Perú (proximidades de Iquitos, río Ucayali, Nanay, Amazonas; Venezuela (ríos Orinoco, Ventuari, Apure).

Nativo en: Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela. Introducido en: Estados Unidos, Cuba, República Dominicana, Hawai, Honduras, Jamaica, Panamá, Filipinas y Taiwán. Es un pez ampliamente distribuido en toda Sudamérica para piscicultura y consumo humano (**Armentas et al., 2007**).

### **2.1.5. Forma**

Cuerpo casi ovalado y comprimido lateralmente. Abdomen con una quilla de escamas modificadas muy visible. La boca es pequeña, con dientes chatos en ambas mandíbulas y grandes molares para machacar la fruta y semillas. Ojos grandes. Aletas pectorales pequeñas. Tiene las escamas muy numerosas, lisas y pequeñas. Tiene unas cubiertas que tapan una especie de embudo que forma su nariz **(Armentas et al., 2007)**.

### **2.1.6. Coloración**

La coloración en los adultos es plateada con el vientre gris oscuro. Las aletas son negras, como ventaja defensiva ante los depredadores.

Suelen dar gato por liebre en las tiendas, ya que el estado juvenil de este pez es muy similar a una piraña (*Serrasalmus nattereri*) a los ojos de inexpertos, incluyendo su vientre rojizo. Una de las claves para diferenciarlos es que *Colossoma macropomum* carece de mandíbula inferior muy desarrollada por su dieta no basada en carne **(Armentas et al., 2007)**.

### **2.1.7. Tamaño**

Pueden medir hasta 120 cm y pesar 30 kg. Es el carácido más grande del Amazonas **(Armentas et al., 2007)**.

### **2.1.8. Diferencias sexuales**

La aleta dorsal del macho es más acentuada y la anal tiene el borde dentado **(Armentas et al., 2007)**.



### **2.1.9. Temperatura**

Tropical, entre 22–28°C (**Armentas et al., 2007**).

### **2.1.10. Agua**

Puede vivir en aguas extremadamente blandas, con pH 5.0 – 7.8. Dureza: hasta un máximo de 15<sup>o</sup>dGH, preferiblemente menor, ya que en las aguas negras en que nace la dureza es inferior a 1<sup>o</sup>dGH. (**Armentas et al., 2007**).

### **2.1.11. Alimentación**

Omnívoro, aunque muestra preferencia por los alimentos vegetales. Zooplancton, insectos, caracoles, crustáceos, peces, trozos de carne, plantas, frutas, granos, lechuga, guisantes, espinaca y harina de avena. Tiene un gran sentido del olfato que le ayuda a encontrar el alimento, llegan incluso a oler la fruta antes de que caiga al agua (**Armentas et al., 2007**).

### **2.1.12. Comportamiento**

Pez de cardumen, gregario y bastante pacífico para su tamaño, aunque no apto para acuario comunitario. Los adultos más grandes pueden ser solitarios. Entre ellos pueden propinarse mordiscos que les dejan marcadas las aletas. Es muy resistente a las enfermedades. Nada en la zona media-fondo del acuario. Presenta una esperanza de vida de 25 a 30 años (**Armentas et al., 2007**).

### **2.1.13. Producción**

Se produce en piscifactorías. En libertad migra contracorriente, fuerza para llegar a las zonas llanas inundadas, donde se produce el desove entre los meses de diciembre y abril. Los huevos son de color verde, de entre 0,9 y 1 mm de diámetro. El desarrollo de los huevos es muy rápido. Según datos de (**AECI / Padespa-Fondepes 2004**), se aprecian dos blastómeros a los 23

minutos de la fecundación, cuatro a los 30 minutos, ocho a los 42 minutos y se inicia la fase de mórula 1 hora y 22 minutos después. Tras 4 horas de incubación se inicia la fase pre-embrionaria, fase embrionaria a las 7 horas y a las 12 horas el embrión ya se mueve dentro del huevo. La eclosión se produce a las 24 horas a una temperatura de 28°C (**Armentas et al., 2007**).

Actualmente, la producción de gamitana viene creciendo, existiendo proyectos industriales de esta especie en países como Brasil, Colombia y Venezuela, comercializándose tallas según como el mercado demanda (grandes y pequeñas) y lográndose en ellos la reproducción durante todo el año. Todo esto debido a la sistematización y tecnificación del cultivo de la gamitana y sus híbridos, que logra posicionarse como una actividad importante en las zonas y regiones donde principalmente existe un mercado natural para esta especie, con la ventaja de tener costos de producción más bajos y ser más accesibles al consumidor (**AECI / Padespa-Fondepes 2004**).



**Figura 1:** Fotografía de gamitana, paco e híbrido de cruce pacotana.  
**Fuente:** (AECI / Padespa-Fondepes 2004).

#### 2.1.14. Sistema de Cultivo

Actualmente se desarrolla un cultivo simultáneo con la gamitana de dos o más especies acuáticas con diferentes características y hábitos alimenticios, de manera de aprovechar eficientemente los diferentes estratos o nichos del estanque por ejemplo:

Gamitana + Boquichico + Tilapia.

Gamitana + Boquichico + Bagre.

Gamitana + Paco + Tilapia +Boquichico.

**(AECI / Padespa-Fondepes 2004).**



**Figura 2:** Fotografía del sistema de cultivo de la gamitana utilizada con especies como boquichico, paco y tilapia.

**Fuente:** (AECI / Padespa-Fondepes 2004).

### **2.1.15. Alevinos**

En cuanto a los alevinos, éstos son de forma romboidal redondeada y tienen una coloración diferente: el cuerpo es plateado salpicado de puntos oscuros, destacando una mancha negra en la parte central de los lados del pez, lo que facilita su diferenciación de otros alevinos que comparten el mismo hábitat, como es el caso de la palometa, el paco y la piraña **(AECI / Padespa-Fondepes 2004).**

### 2.1.16. Ventajas de la especie como cultivo

Es un pez dócil y resistente al manipuleo, soporta bajos niveles de oxígeno disuelto por periodos cortos.

- Acepta con facilidad alimento balanceado.
- Crecimiento muy rápido, dependiendo de la densidad de siembra y alimento utilizado, alcanzando a los 8 – 12 meses de cultivo, pesos de 1 kg a más.
- Es una de las especies de mayor preferencia en el mercado regional amazónico, alcanzado un elevado precio, particularmente en el periodo de creciente.
- Se adapta fácilmente a ambientes controlados, pudiendo cultivarse a nivel extensivo, semi-intensivo e intensivo.
- En cautiverio puede lograrse el desove mediante tratamientos hormonales, técnica incorporada al proceso de producción en ambientes controlados.

**(AECI / Padespa-Fondepes, 2004).**



**Figura 3:** Nombre Común: " Gamitana " (Perú), " cachama negra " (Colombia y Venezuela), "tambaqui" (Brasil), "Pacu" (Bolivia).

**Fuente:** (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 2003).

### 2.1.17. Características Bromatológicas del Músculo

La composición química del músculo de la gamitana, reportada por el **Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (2003)**, es presentada en el Cuadro 1:

**Cuadro 1:** Características bromatológicas del músculo de gamitana.

<b>Características Bromatológicas del Músculo</b>	
<b>Gamitana <i>Colossoma macropomum</i></b>	
Proteína	19,16%
Humedad	74,12%
Grasa	5,36%
Sales Minerales	1,32%
Carbohidratos	0,01%

**Fuente:** Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 2003.

#### 2.1.18. Taxonomía

La Clasificación taxonómica de la Gamitana se define según el **Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, (2003)** de la manera siguiente:

**Cuadro 2:** Clasificación taxonómica de la gamitana.

<b>Clasificación taxonómica de la Gamitana</b>	
<b><i>Colossoma macropomum</i></b>	
Phylum	<i>Vertebrata</i>
Clase	<i>Teleostei</i>
Orden	<i>Characiformes</i>
Familia	<i>Characidae</i>
Subfamilia	<i>Myleinae</i>
Género	<i>Colossoma</i>
Especie	<i>Colossoma macropomum</i>

**Fuente:** Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 2003.

## **2.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA**

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de remoción de agua que consiste en sumergir frutas u hortalizas, troceadas o enteras, en una solución hipertónica compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, lo cual permite aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales del producto (**Enachescu Dauthy, 1995; Molano, Serna y Castaño, 1996; Zapata y Castro, 1999; Matusek y Meresz, 2002**). En el proceso ocurre una salida importante de agua desde el producto hacia la solución, una entrada de soluto desde la solución hacia el alimento y una mínima pérdida de solutos propios del alimento. Estos flujos ocurren a través de la membrana celular que posee permeabilidad diferencial regulando en cierto grado la entrada y salida de solutos, en el cual el agua se elimina sin cambio de fase (**Morales et al., 1999**). Además, (**Le Maguer et al., 2003**) consideran que el fenómeno de transferencia de masa que ocurre en un proceso de deshidratación osmótica es afectado por la estructura biológica y propiedades de los tejidos.

La concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (por ejemplo azúcar, sal, sorbitol o glicerol) se conoce como deshidratación osmótica **Raoult - Wack et al (1989, 1991)** citados por **Barbosa y Vega (2000)**. Alimentos de origen animal como los peces, con frecuencia son procesados en soluciones acuosas, teniendo al cloruro de sodio como principal agente deshidratante.

La deshidratación osmótica de alimentos ofrece algunas ventajas potenciales para la industria de procesamiento de alimentos. El contenido de humedad que se consigue con este sistema de deshidratación no es tan bajo como para que el producto acabado puede ser considerado comercialmente estable. Por tanto un producto deshidratado osmóticamente, normalmente, debe ser sometido a

algún otro proceso adicional (generalmente métodos de secado por aire, congelación o vacío), para que pueda ser considerado estable desde el punto de vista comercial, a no ser que el tratamiento osmótico se haya realizado como un pre tratamiento previo al enlatado, congelado u otro tratamiento de mínimo procesado. **(Barbosa y Vega, 2000).**

El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por tener dos periodos: uno dinámico y otro de equilibrio. En el periodo dinámico las velocidades de transferencia de materia aumentan o disminuyen hasta que se alcanza este equilibrio, o sea, cuando la velocidad neta de transporte de materia es cero.

El uso de la deshidratación osmótica en la industria alimentaria presenta varias Ventajas:

- Mejora de la calidad, en términos de color, sabor, aroma y textura.
- Eficiencia energética.
- Reducción de los costos de envasado y distribución.
- No se requiere tratamiento químico.
- Estabilidad del producto y retención de nutrientes durante el almacenamiento.

Los factores que afectan la deshidratación osmótica son:

- El tipo de agente osmótico (sacarosa para frutas y cloruro de sodio para hortalizas, pescado y carne).
- concentración de la solución osmótica (tanto la pérdida de agua hasta el nivel de equilibrio, como la velocidad de secado, aumentan cuando lo hace la concentración en el jarabe osmótico, ya que la actividad de agua del jarabe disminuye conforme aumenta la concentración del soluto en el jarabe)
- temperatura de la disolución osmótica (la velocidad de ósmosis se ve afectada por la temperatura, que es el parámetro más importante que influye sobre la cinética de pérdida de agua y ganancia de soluto).

- propiedades de los solventes usados en la ósmosis.
- agitación de la disolución osmótica
- geometría del producto
- relación entre disolución osmótica y masa de producto
- propiedades físico químicas de los alimentos.
- presión de trabajo.

**(Barbosa y Vega 2000).**

En la industria alimentaria antes de que se pueda aplicar la deshidratación osmótica, hay que superar un cierto número de problemas tecnológicos como la calidad sensorial del producto, manejo del jarabe, y el diseño y control de proceso **(Rahman, 2003)**.

Es importante destacar que una deshidratación osmótica no genera productos estables en el tiempo, por lo que preferentemente se debe usar como un pre tratamiento de otros procesos, como el secado, o combinar diferentes factores limitantes para el desarrollo microbiano o deterioro enzimático con una disminución de la actividad de agua (producida por una DO); estos factores serían pH, temperatura de almacenamiento, preservantes químicos, envasado al vacío, entre otros **(Raoult-Wack, 1994)** citados por **(Barbosa y Vega 2000)**.

### **2.3. PROCESO DE SECADO**

El proceso de secado puede llevarse a cabo por diversos sistemas, pero la elección va depender siempre de la naturaleza del producto, forma y calidad que se requiera, el costo del procesamiento y también de las condiciones de operación; el secado puede reducir parcial o totalmente el volumen de agua libre en el alimento, obteniéndose una mejora en las condiciones microbiológicas, organolépticas y fisicoquímicas. Por lo tanto el secado es un proceso que permite un periodo mayor de almacenamiento y comercialización.



La disminución de la humedad de los alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para su conservación. Al reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo, se elimina la posibilidad de su deterioro biológico y se reducen apreciablemente las velocidades de otros mecanismos de deterioro. Así el pescado desecado puede salarse y de este modo la sal atrae la humedad de los tejidos y reteniéndola impiden su utilización por los microorganismos. Además del efecto conservante, mediante la deshidratación se reducen el peso y el volumen del alimento, aumentando la eficacia de los procesos de transporte y almacenaje **(Singh, 1997)**.

El establecimiento de modelos de secado permite no solo predecir el mejor proceso, sino que también ofrece herramientas para predecir las condiciones de almacenamiento y empaque. Además, ayudan a establecer el contenido final de humedad de los productos agrícolas y los requisitos energéticos del proceso de secado **(Telis et al., 2005)**.

### **2.3.1. Secado de los alimentos**

El secado de alimentos sirve también para ofrecer al consumidor una mayor variedad de alimentos para su elección.

Entre los componentes de los alimentos figuran proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, enzimas y sales inorgánicas y muchos de esos componentes están fuertemente hidratados. El agua presente en los alimentos no se encuentra en estado puro, sino que puede estar formando parte de las disoluciones de sólidos, de geles y de emulsiones, ligada de diversos modos a los constituyentes sólidos. Además, tanto los tejidos vegetales como animales son de naturaleza celular, hecho que también afecta a su conducta durante la desecación **(Brennan et al., 1998)**.

#### **2.3.1.1. Movimiento de solutos**

Una característica singular e importante del secado de los alimentos es el Movimiento de sólidos solubles durante la desecación. El agua líquida que fluye hacia la superficie durante el secado, contiene diversos productos en disolución. El desplazamiento de algunos compuestos solubles se ve dificultado por las paredes celulares, que actúan como membrana semipermeable. A la migración de sólidos en los alimentos, contribuye también la retracción del producto, que crea presiones en el interior de las piezas. El resultado neto puede ser la acumulación de componentes solubles en la superficie al evaporarse el agua **(Brennan et al., 1998)**.

#### **2.3.1.2. Retracción**

Durante el secado de los tejidos animales y vegetales, por cualquier método, con la posible excepción de la liofilización, se produce cierto grado de retracción del producto. Los productos coloidales también se retraen cuando se secan. Durante las primeras fases del secado a bajas velocidades, la cuantía de la retracción está simplemente relacionado con la cantidad de agua eliminada. Hacia el final del mismo, la retracción es cada vez menor, de modo que el tamaño y las formas finales (o definitivas) del producto se alcanzan antes de terminarse el secado.

La retracción de los alimentos durante el secado puede influir en las velocidades del secado, debido a los cambios en el área de la superficie de desecación y a la creación de gradientes de presión en el interior del producto. Algunos trabajos realizados indican que la retracción no afecta el comportamiento durante el secado **(Brennan et al., 1998)**.

#### **2.3.1.3. Formación de costras**

Se ha observado que durante el secado de algunas frutas, carnes y pescados, se suele formar una película impermeable y dura en la superficie, lo que normalmente frena el secado, a este fenómeno se le suele denominar encostrado o formación de costra. Aunque se desconozca el mecanismo

exacto, es probable que esté influido por múltiples factores, entre los que figuran la migración de sólidos solubles a la superficie y las elevadas temperaturas que se alcanzan en ella, hacia el final del secado, que inducen complejos cambios físicos y químicos en la capa superficial (**Brennan et al., 1998**).

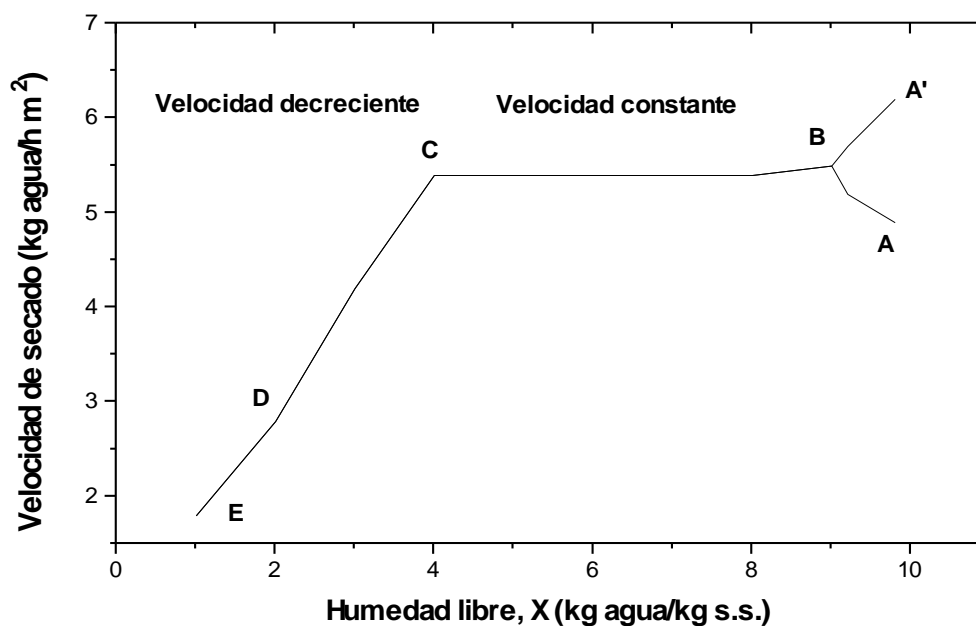
### 2.3.2. Secado por aire caliente

Al secar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de vaporización del agua y actúa también como gas portador, para eliminar el vapor de agua que se forma en la proximidad de la superficie de evaporación.

Considérese la situación en la que un sólido inerte, humedecido con agua pura, se seca en una corriente de aire caliente, que fluye paralelamente a la superficie de secado. Supóngase que la temperatura y la humedad de aire sobre la superficie de desecación se mantienen constantes, durante todo el ciclo de secado, y que todo el calor necesario se le aporta al producto por convección.

Si se registra el cambio del contenido en agua del producto durante todo el proceso de desecación, los datos se pueden representar como en la **Figura 4**. El estudio de estas gráficas muestra que el ciclo de secado puede descomponerse en varias fases o etapas (**Brennan et al., 1998**).

- a) Etapa AB : Periodo de estabilización.
- b) Etapa BC : Periodo de velocidad constante.
- c) Etapa CD : Periodo secado o de velocidad decreciente.



**Figura 4:** Curva típica de velocidad de secado

**Fuente:** Brennan et al., 1998.

### 2.3.3. Secado durante el periodo de velocidad constante

El secado de diversos sólidos bajo condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente, pero en general siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de velocidad de secado; el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente (**Geankoplis, 1998**).

Durante el primer periodo, la superficie del sólido está muy mojada al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua es agua no combinada y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que tendría una superficie líquida pura. Sin embargo, las ondulaciones y hendiduras en la superficie del sólido ayudan a obtener una velocidad más alta de la que tendría una superficie completamente plana (**Geankoplis, 1998**).

Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior. Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora. La evaporación durante este periodo es similar a la que existe cuando se determina la temperatura de bulbo húmedo, y en ausencia de transferencia de calor por radiación o conducción, la temperatura de la superficie equivale en forma aproximada a la temperatura de bulbo húmedo **(Geankoplis, 1998)**.

#### 2.3.4. Método para calcular el periodo de secado de velocidad constante

Durante las etapas iniciales de secado, la superficie sólida de los productos alimenticios se comporta como si se tratara de una superficie saturada y las leyes que se aplican al secado de la superficie podrían aplicarse al secado de peces en los cálculos prácticos. Esta etapa de secado se conoce como el periodo de velocidad constante y está en función de la velocidad del aire, la humedad inicial del producto a secar, el área y la forma de la muestra.

Para estimar el tiempo de secado de determinado lote de material, el mejor método consiste en obtener datos experimentales reales bajo condiciones de proceso, área superficial relativa expuesta, velocidad del gas, temperatura y humedad, que sean, en esencia, las mismas que tendrá el secador que se usará en el proceso real. De esta manera, el tiempo requerido para el periodo de velocidad constante se determina directamente con la curva de secado de contenido de humedad libre en función del tiempo **(Geankoplis, 1998)**.

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$R = - \frac{Ls}{A} \frac{dX}{dt}$$

$$t = \int_{t_1}^{t_2} dt = \frac{Ls}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{R}$$

$$t = \frac{Ls}{AR_c} (X_1 - X_2)$$

En donde:

R	= velocidad de secado constante (kg.H <sub>2</sub> O/h.m <sup>2</sup> ) = R <sub>c</sub>
A	= área de la superficie secado
L <sub>s</sub>	= kilogramos de solido seco
$dx/dt$	= humedad libre kg.H <sub>2</sub> O/kg.s.s.

### 2.3.5. Secado durante el periodo de velocidad decreciente

El punto C de la Figura 4 corresponde al contenido crítico de la humedad libre  $X_c$ . En este punto no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La superficie ya no está totalmente mojada, y la porción mojada comienza a disminuir durante el periodo de velocidad decreciente hasta que la superficie queda seca en su totalidad en el punto D (**Geankoplis, 1998**).

El segundo periodo de velocidad decreciente empieza en el punto D, cuando la superficie está seca en su totalidad. El plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El calor de evaporación se transfiere a través del sólido hasta la zona de vaporización. El agua evaporada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire. En algunos casos no hay discontinuidad definida en el punto D, y el cambio de condiciones de secado de una superficie con humedad parcial a una superficie completamente seca, es tan gradual que no se detecta un punto de inflexión (**Geankoplis, 1998**).

Es posible que la cantidad de agua que se elimina durante el periodo de velocidad decreciente sea bastante pequeña; no obstante, el tiempo requerido puede ser largo.

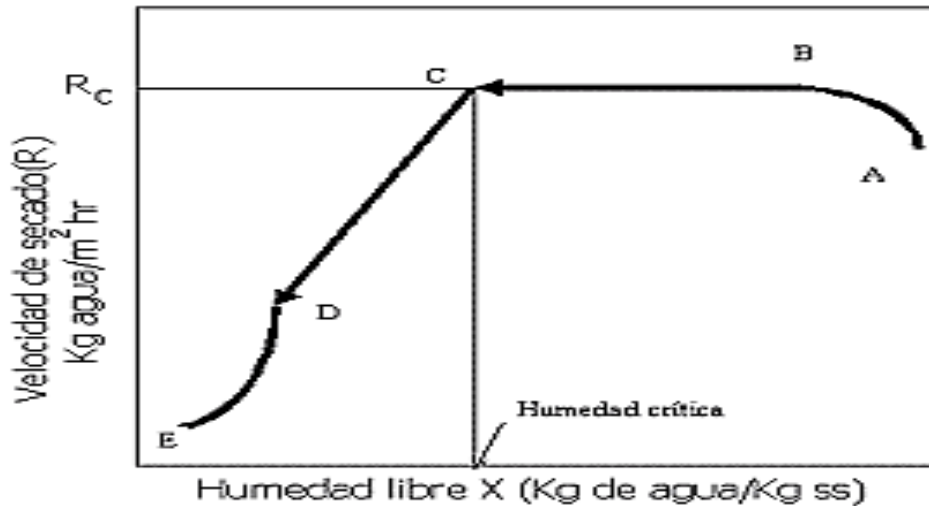
### 2.3.6. Método de Integración gráfica de coeficientes de transferencia para el periodo de velocidad constante

El tiempo de secado para cualquier región entre  $X_1$  y  $X_2$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L_s}{A} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{R}$$

Como se muestra en la figura 5:

La cual se integra gráficamente:  $\left( \frac{1}{R} \text{ vs } X \right)$



**Figura 5:** Curva general de secado.

En el periodo de secado de velocidad decreciente que se muestra en la **Figura 5**, la velocidad de secado  $R$  no es constante, sino que disminuye cuando el secado pasa por la zona de contenido crítico de humedad libre  $X_c$ , cuando el contenido de humedad libre  $X$  es cero, la velocidad también lo es.

## 2.4. CINÉTICA DE SECADO

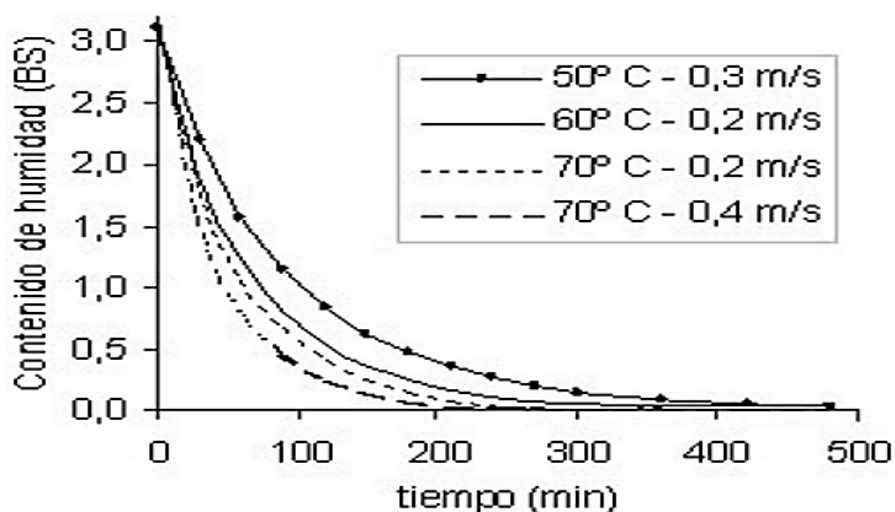
La cinética del secado de los productos son los datos más importantes que se requieren para el diseño y simulación de secadores. Esta información esencial se puede obtener a través de simples experimentos de laboratorio. A partir de los datos obtenidos durante estas pruebas se pueden graficar curvas de contenido de humedad como función del tiempo. Estas serán útiles para determinar el tiempo necesario para secar grandes lotes en las mismas condiciones de secado. Se puede obtener mucha información si los datos se

convierten a cinética de secado expresada como masa/tiempo (área) y graficada contra contenido de humedad. En donde se observan dos periodos definidos, el periodo de secado constante y el periodo de secado decreciente (**Instituto Tecnológico de Zacatepec, 1998**).

## 2.5. VELOCIDAD DE SECADO

Para determinar experimentalmente la velocidad de secado de un material, se procede a colocar una muestra en una bandeja. Si se trata de material sólido se debe llenar por completo la base de la bandeja, de manera que sólo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie de dicho sólido. La pérdida en peso de humedad durante el secado puede determinarse a diferentes intervalos sin interrumpir la operación, colgando la bandeja de una balanza adaptada a un gabinete o a un ducto a través del cual fluye el aire de secado.

Al realizar experimentos de secado por lotes, deben tomarse ciertas precauciones para obtener datos útiles en condiciones que se semejen lo más posible a las que imperarán en operaciones a gran escala. La muestra no debe ser demasiado pequeña y se debe introducir en una bandeja similar a la que se usará en producción. La relación entre superficie de secado y superficie de no secado (superficie aislada) así como la profundidad del lecho del sólido deben ser idénticas. La velocidad, la humedad, la temperatura y la dirección del aire deben ser las mismas y constantes para simular un secado en condiciones constantes. La **figura 6** ilustra la curva característica del proceso de secado (**Geankoplis, 1998**).





**Figura 6:** Curva característica de secado

**Fuente:** Honorato, 2005.

Condiciones de secado (temperatura, velocidad y humedad relativa del aire), contenido de humedad, dimensiones, superficie expuesta a la velocidad de transferencia y contenido de humedad de equilibrio de la partícula. Durante el secado con aire bajo condiciones ambientales constantes, la curva de secado puede ser dividida en cuatro periodos de velocidad de secado **Laboratorio virtual de secado, (2002)**, estos son: periodo de estabilización, periodo de velocidad constante, y dos periodos de velocidad decreciente, las mismas que se aprecian en la figura 5.

## 2.6. DIFUSIÓN DE LA HUMEDAD

La migración por difusión de la humedad contenida en un alimento es el mecanismo predominante en el secado de la mayoría de los alimentos, tal es el caso de los peces. Es por ello que el método tradicional para el estudio de la transferencia de masa en estado no estacionario para el secado de productos alimenticios como la carne de pescado considerado como sólidos húmedos, es la aplicación de la ecuación de Fick mediante regresión no lineal, utilizando mínimos cuadrados, ecuación que se presenta a continuación.

- Ecuación de Fick mediante regresión no lineal.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = [-D_{eff} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}]$$

$$y = \frac{C-C_0}{C_1-C_0} = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{D*X*\pi}{(2*x)^2}\right) + \frac{1}{9}\exp\left(-\frac{9*D*X*\pi}{(2*x)^2}\right)\right]$$

**Dónde:**

- C** : concentración de agua (contenido de humedad)  
**t** : Tiempo  
**X** : espesor de la muestra  
**Deff** : difusividad efectiva del agua.

El agua se elimina de los alimentos mediante su difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto en el interior del alimento, pudiendo estudiarse el flujo difusional como si fuera difusión molecular. Así, el flujo de agua está en función del gradiente de la presión de vapor, de la difusividad del vapor en el aire, de la distancia a recorrer y de la temperatura. Además, dado que para evaporar el agua es necesario calor, el proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor. La difusión se da en sólidos de estructura fina y en los capilares, poros y pequeños huecos llenos con vapor.

La eliminación de la humedad del producto dependerá, en parte, de la transferencia de materia por convección hacia la superficie del producto. Aunque este proceso puede no ser el limitante de la velocidad, no debe olvidarse la importancia de mantener las condiciones límite óptimas para el transporte de la humedad **(Singh, 1997)**.

## **2.7. PRUEBAS DE SECADO**

**Bellagha et al., (2002)**, menciona que el secado y salado es el método más común de conservación del pescado en muchos países en desarrollo. La proteína de los productos marinos es nutricionalmente completa y puede representar un gran valor de los alimentos dietéticos. En Túnez la sardina (*Sardinella aurita*) es una especie poco utilizada y su valor puede ser potenciado por una técnica de preservación, como el secado que permita que este producto se consuma en mayor medida a bajo costo. La técnica más común para el secado es el uso de aire seco y caliente que pasa sobre la superficie del pescado.

La determinación experimental se basa en un principio simple, que consiste en medir el cambio de contenido de humedad durante el proceso de secado del producto. El producto que se desea secar se introduce en una bandeja y es expuesto a una corriente de aire caliente que circula sobre la superficie del producto. El peso del producto se va anotando en función del tiempo de secado hasta alcanzar peso constante (**Geankoplis, 1998**).

## 2.8. ACTIVIDAD DE AGUA

**Brennan et al., (1998)** indican que al considerar la influencia del contenido en agua en la estabilidad de los alimentos, no es el contenido total en agua lo importante, sino la cantidad de agua disponible para el crecimiento microbiano y la actividad química. Existe una abundante bibliografía que pone de manifiesto que una parte del contenido en agua de los alimentos se halla fuertemente ligado a puntos específicos de los componentes sólidos y que otra cantidad adicional se halla menos firmemente ligada, pero que tampoco es fácilmente disponible como disolvente para diversos solutos.

En el estudio de la disponibilidad del agua en los alimentos, se mide una propiedad fundamental, conocida como actividad de agua. Esta propiedad viene definida por la expresión:

$$A_w = \frac{P_v}{P_w}$$

**Dónde:**

**A<sub>w</sub>** = Actividad de agua.

**P<sub>v</sub>** = Presión de vapor de agua ejercida por la disolución ó el sólido húmedo.

**P<sub>w</sub>** = Presión de vapor del agua pura, a la misma temperatura.

Algunos alimentos incrementan su actividad de agua cuando aumenta la temperatura, mientras que en otros alimentos ocurre un comportamiento inverso, por lo tanto en alimentos no se puede predecir los cambios en la actividad de agua con respecto a la temperatura (**Fontana, 2000**).

Muchos procesos de preservación se basan en la eliminación del agua libre en el tiempo, reduciendo así la disponibilidad para el desarrollo bacteriano y minimizando el deterioro químico y bioquímico que se presenta en el producto. Los procesos más utilizados para este fin incluyen técnicas de deshidratación, concentración, adición de sales o azúcares y liofilización **(Khalloupi et al., 2000)**.

## **2.9. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN**

La mayoría de los modelos de secado se basan en las condiciones de equilibrio entre el material o adsorbente y el agua o adsorbato. Para ello se requiere definir las isotermas de adsorción que dependen de su capacidad de retener la humedad, variable que se determina por medio de la actividad del agua. Las isotermas de adsorción describen el comportamiento de la actividad del agua a una temperatura definida y a diferentes contenidos de humedad en condiciones de equilibrio.

El conocimiento de las características de adsorción de agua, de la humedad crítica y la actividad del agua, son de interés en numerosas aplicaciones en la ciencia y tecnología de los alimentos, por ejemplo, para hacer predicciones de la vida útil y de la aceptabilidad de productos que se deterioran por ganancia de humedad **(Aviara et al., 2004)**.

El agua contenida en los tejidos de animales y vegetales no se encuentra distribuida uniformemente, es así que en algunos alimentos se crean zonas microscópicas que no permiten la presencia del agua, distribuyéndose esta heterogéneamente; por lo tanto, el agua de un producto no tiene las mismas condiciones en todos los puntos. De aquí que esta distribución del agua, ha llevado a los conceptos de agua libre y agua ligada. El agua libre es la principal responsable de la actividad de acuosidad de un producto, es la que está disponible para ser retirada fácilmente por calentamiento o secado, y es la que se congela primero. La relación de concentraciones entre agua libre y agua ligada varía dependiendo del producto y la cantidad de agua que contenga; en

los productos deshidratados esta relación es muy baja (**Ajibola et al., 2009; Togrul y Arslan, 2007**).

La relación funcional entre la actividad del agua y el contenido de humedad en equilibrio a una temperatura dada, se representan mediante las isotermas de adsorción del producto **Togrul y Arslan, (2007)**. La isoterma de adsorción también representa la higroscopicidad del producto; las isotermas cambian con la temperatura, y generalmente, para una misma actividad de agua al aumentar la temperatura disminuye el contenido de agua del producto y por tanto la higroscopicidad del producto disminuye.

## **2.10. REHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS DESECADOS.**

La rehidratación es un proceso complejo dirigido a restaurar las propiedades estructurales originales del material fresco (previo al secado o deshidratado) poniendo en contacto el producto seco con agua. No obstante se ha demostrado que la habilidad de rehidratación presenta una histéresis debido a la disrupción estructural y celular que tiene lugar durante el proceso de deshidratación (**Krokida y Philippopoulos, 2005**). Citados por (**Ramallo y Mascheroni, 2008**).

La rehidratación, o aptitud para la reconstitución, son términos que se refieren a la velocidad y el grado en que los alimentos desecados captan y absorben agua y readquieren propiedades parecidas a las del producto original, cuando se ponen en contacto con un exceso de agua.

La rehidratabilidad de los alimentos que han sido troceados antes del secado, dependen en gran parte de la estructura de las piezas secas y del grado en que los componentes que retienen el agua, principalmente las proteínas, se hayan visto afectadas por el secado (**Brennan et al., 1998**).

## **2.11. ANÁLISIS SENSORIAL**

La caracterización de un alimento es un proceso largo y complejo que normalmente involucra a varias disciplinas científicas usadas para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, oído y el tacto.

Está constituido por dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico. Mediante el análisis sensorial se obtiene las apreciaciones de los jueces a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados mediante el análisis estadístico, para de este modo llegar al objetivo deseado **(Guerrero et al, 2002)**.

#### **2.11.1. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos y otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea, sus cinco sentidos. **Aranda et al., (2013)**.

#### **2.11.2. Los sentidos en el control de la calidad**

Proceso fisiológico de recepción y reconocimiento de sensaciones y estímulos que se produce a través de la vista, el oído, el olfato, el gusto, y el tacto, o la situación de su propio cuerpo.

El sistema sensitivo del ser humano es una gran herramienta para el control de calidad de los productos de diversas industrias. En la industria alimentaria la vista, el olfato, el gusto y el oído son elementos idóneos para determinar el color, olor, aroma, gusto, sabor y la textura quienes aportan al buen aspecto y calidad al alimento que le dan sus propias características

con los que los podemos identificar y con los cuales podemos hacer un discernimiento de los mismos.

#### **2.11.2.1. Color**

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Se considera un concepto psicofísico, relacionado al mismo tiempo con la psicología del observador, la fisiología de la visión la energía radiante espectral de una fuente y luminosa **Heredia, (2009). Wyszecki y Stiles (1982)**. Citados por **(Delmoro et al., 2010)**.

#### **2.11.2.2. El olor**

Es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos; dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada una. En la evaluación de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por tanto los alimentos que van a ser evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados **(Aranda et al., 2013)**.

#### **2.11.2.3. El gusto o sabor**

El gusto o sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado, amargo, o bien puede haber una combinación de dos o más de estos umami es uno de los cinco sabores básicos glutamato (Ajinomoto) junto con los ya mencionados. Esta propiedad es detectada por la lengua. Hay personas que pueden percibir con mucha agudeza un determinado gusto, pero para otros su percepción es pobre o nula; por lo cual es necesario

determinar que sabores básicos puede detectar cada juez para poder participar en la prueba.

Esta propiedad de los alimentos es muy compleja, ya que combina tres propiedades: olor, aroma, y gusto; por lo tanto su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado. El sabor es lo que diferencia un alimento de otro, ya que si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podrá juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido. En cambio, en cuanto se perciba el olor, se podrá decir de qué alimento se trata. El sabor es una propiedad química, ya que involucra la detección de estímulos disueltos en agua aceite o saliva por las papilas gustativas, localizadas en la superficie de la lengua, así como en la mucosa del paladar y el área de la garganta. Estas papilas se dividen en 4 grupos, cada uno sensible a los cuatro sabores o gustos:

Por ello es importante en la evaluación de sabor la lengua del juez esté en buenas condiciones, además que no tenga problemas con su nariz y garganta. Los jueces no deben ponerse perfume antes de participar en las degustaciones, ya que el olor del perfume puede interferir con el sabor de las muestras **(Aranda et al., 2013)**.

#### **2.11.2.4. La textura**

Según **Costell, (2002)** la textura es uno de los atributos primarios que, junto con el aspecto, sabor y olor, conforman la calidad sensorial de los alimentos.

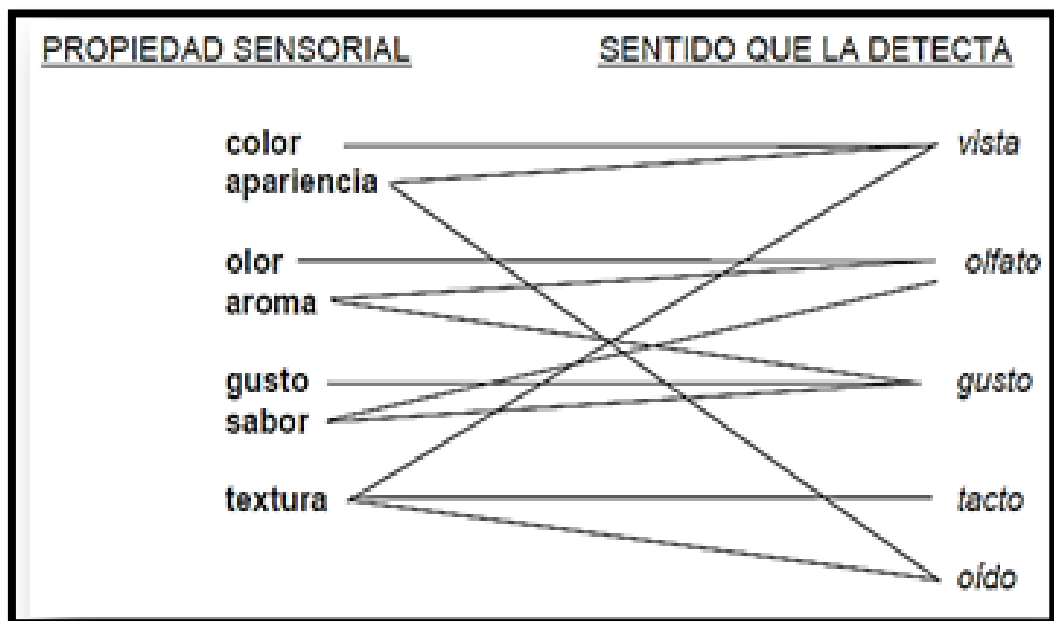
Cuando se quiere evaluar este aspecto de la calidad, o de alguno de los atributos que la integran, es decir, el resultado de las sensaciones que los humanos experimentamos al ingerir el alimento, el único camino de que en principio dispone es preguntárselo a sí mismo, ya que la calidad sensorial no es una propiedad intrínseca del alimento, sino el resultado de la interacción entre éste y nuestros sentidos. El análisis de la composición



química y de las propiedades físicas de un producto aporta información sobre la naturaleza del estímulo que percibe el consumidor, pero no sobre la sensación que éste experimenta al ingerirlo.

#### 2.11.2.5. Apariencia general

Diversos estudios han demostrado que la aceptación de un producto por parte del consumidor depende en buena medida de su apariencia, **Rodríguez (2009)** La apariencia general es el conjunto de cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores. Estas cualidades incluyen tanto las percibidas por los sentidos (cualidades sensoriales): sabor, olor, color, textura y forma. Como se muestra en la **figura 7**.



**Figura 7:** Propiedades sensoriales asociadas a los cinco sentidos.

**Fuente:** Instituto de Investigación en Ciencias de la alimentación (CIAL) 2011.

Naturaleza del estímulo Ejemplos

#### a. VISUAL

Color (frutas y hortalizas)

Velocidad de caída (líquidos)

**b. AUDITIVO**

Intensidad sonido durante la masticación (alimentos crujientes)

**c. TÁCTIL NO ORAL**

Resistencia a la deformación (frutas y pan).

Resistencia al corte con cuchillo (carne).

Resistencia al corte cuchara (postres lácteos).

Resistencia a la agitación (líquidos)

**d. TÁCTIL ORAL**

Resistencia a la masticación (sólidos).

Resistencia al desplazamiento en la boca (líquidos).

Características estructurales:

(Fibrosidad, granulosis, harinosidad, etc)

Movimientos en la boca (líquidos y sólidos)

**Fuente:** Costell 2002.

## **2.12. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

La finalidad del análisis microbiológico de los productos es evaluar la posible presencia de bacterias u organismos de importancia para la salud pública y proporcionar una impresión sobre la calidad higiénica del producto, incluyendo el abuso de temperatura y falta de higiene durante la manipulación y el procesamiento.

La salazón del pescado, tanto con sal sólida como salmuera, tiene efecto conservador no solamente por su acción desecadora, sino también por el poder que como conservador químico ejerce el cloruro de sodio (**Frazier, 2003**).

### 2.13. SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de superficies de respuesta se ha usado amplia y ciertamente en la investigación del desarrollo, mejoramiento de productos y procesos debido a su utilidad en la optimización de éstos. Esta metodología requiere del uso de técnicas de diseño experimental para investigar y conocer la forma funcional del proceso que genera una o más variables respuesta influenciadas por varios factores o variables independientes (superficie de respuesta). Un diseño experimental apropiado es fundamental para permitir explorar el proceso y llevarlo a su optimización, obteniendo el máximo o el mínimo si ellos existen, o determinar la región en el espacio total de los factores en la cual se satisfacen ciertas condiciones **(Reyes et al. 2008)**.

Generalmente el investigador está interesado en los factores que pueden influenciar la variable respuesta en un determinado problema. Las superficies de respuesta fueron diseñadas con el propósito de hallar fácilmente las condiciones óptimas empleando un número pequeño de combinaciones de nivel o corridas experimentales. Cada factor tendrá un número de niveles (que son el rango de valores en los cuales variará el factor). Cuando esos niveles se combinan para todos los factores que afectan la variable, se tendrá el número total de combinaciones de nivel **(Usca, 2010)**.

La optimización mediante superficies de respuesta le permite al investigador de alimentos minimizar los costos, maximizar las ganancias, reducir el empleo de ingredientes o perseguidores costosos, incrementar las características deseables del alimento sin comprometer su inocuidad durante el desarrollo de un nuevo producto o para el mejoramiento de uno existente. Las superficies de respuesta son representadas matemáticamente por funciones de regresión. Sin embargo, como estas funciones pueden ser desconocidas o muy complejas, es necesario aproximarlas mediante funciones empíricas más simples, tales como polinomios de segundo orden **(Usca, 2010)**.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

Los experimentos de secado y etapas previas, se realizaron en los Laboratorios de Ingeniería y Diseño, Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA) y Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL), pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, durante los meses de junio a agosto del 2010.

#### **3.2. MATERIA PRIMA**

Para el experimento se emplearon gamitanas, las cuales fueron recolectadas de una piscigranja ubicada en el distrito de Morales, aledaño a la ciudad de Tarapoto, perteneciente al Ing. Guillermo Vásquez Ramírez.

Se seleccionaron muestras con tamaño aproximado de 200g, machos, de aproximadamente 6 meses de edad.



**Figura 8:** Muestra de gamitanas utilizadas en la investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

#### 3.3.1. Equipos

Secador por flujo de aire caliente (Figura 8), equipado con termostato con lámpara piloto, cuatro interruptores, un transformador de 220V a 12V, un ventilador de 12V, tres resistencias con un total de 2500 Vatios, con recirculación de aire del 80% y velocidad del aire de secado constante 1.1m/s.

**Cuadro 4:** Condiciones del secador que fue utilizadas en el desarrollo de la investigación.

<b>CONDICIONES DEL AIRE EN EL SECADOR</b>			
Temperatura de bulbo seco (°C)	40	50	60
Temperatura de bulbo húmedo (°C)	36	41	47
Temperatura de punto de rocío (°C)	35,2	39,6	45,5
Humedad (Kg. agua/Kg. aire seco)	0,037	0,048	0,067
Volumen específico (metro cúbico/Kg. aire seco)	0,918	0,948	0,977

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 9:** Equipo de secado con flujo de aire caliente.

**Fuente:** Elaboración propia.

- Estufas MEMMERT, Modelo 600, tipo V30, temperatura máxima de 220°C, 1400 W y 220 voltios.
- Mufla THERMOLYNE 1500 Furnace, temperatura máxima de 1200°C, 2240 W, 240 V. USA.
- Balanza digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo AA200 capacidad 210 g. exactitud 0.1 mg.
- Balanza digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo XL-6100, capacidad 6100 g., exactitud de 0.1g. USA.
- Cocina eléctrica FISHER, temperatura máxima de 600°C.
- Destilador micro Kjeldhal, marca Buchi.
- Digestor Buchi para proteína, tipo B425, 1100 Watts, Suecia.
- Psicrómetros de bulbo húmedo y bulbo seco, temperatura máxima de 110°C.
- Equipo extractor soxhlet.
- Equipo de titulación.
- Selladora de vacío (Manual).

### 3.3.2. Materiales

- Pinzas de acero inoxidable.
- Pie de rey.
- Bureta de 10 ml.
- Probetas de 50 ml, 100 ml.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Embudo de vidrio 90mm.
- Cronómetro.
- Campanas desecadoras de vidrio.
- Pipetas volumétricas 5ml y 10ml.
- Crisoles 5ml.
- Pinzas.
- Papel filtro sin cenizas.
- Bandeja de secado.(12 cm x 12 cm x 4cm)
- Bolsas de polietileno de alta densidad.

### **3.3.3. Reactivos**

- Hidróxido de sodio (NaOH).
- Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Ácido bórico.
- Éter de petróleo.
- Cloruro de litio.
- Acetato de Potasio.
- Cloruro de Magnesio.
- Cloruro de Sodio.
- Cloruro de Bario.
- Cloruro de Potasio.
- Nitrato de Magnesio.
- Dicromato de potasio.

### **3.4. MÉTODOS DE CONTROL**

#### **3.4.1. Controles en la Gamitana en fresco**

Los controles que se realizaron en la gamitana fueron:

Evaluación según tabla Método QIM (Método Índice de Calidad)

Análisis físico biométrico (filete).

Análisis químico proximal (filete).

##### **3.4.1.1. Biometría**

Con el uso del pie de rey se procedió a medir el tamaño de la gamitana, (longitud y ancho), las cuales posteriormente fueron pesadas y los pesos fueron promediados.



### **3.4.2. Análisis Proximal**

#### **3.4.2.1. Humedad**

Fue determinada por el método de estufa, a presión atmosférica a 110°C durante 24 horas **(A.O.A.C, 1990)**.

#### **3.4.2.2. Proteína total**

Se determinó por el método semi-micro Kjeldhal; el porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6.25 **(A.O.A.C, 1990)**.

#### **3.4.2.3. Grasa total**

Se realizó por extracción con Éter de petróleo como solvente mediante el método soxhlet **(A.O.A.C, 1990)**.

#### **3.4.2.4. Ceniza total**

Fue determinada por calcinación de la muestra en mufla, a 550°C por 4 horas **(A.O.A.C, 1990)**.

#### **3.4.2.5. Carbohidratos**

Se obtuvo por diferencia, restándose de 100% la sumatoria de los porcentajes de humedad, proteína, grasa y ceniza **(A.O.A.C, 1990)**.

### **3.4.3. Controles Durante el proceso de deshidratado**

Durante el proceso de deshidratado se controló la pérdida de peso del producto por evaporación del agua contenida en la pulpa, a intervalos de tiempo moderados, hasta alcanzar una humedad aproximada de 8% **(Díaz 2002)**, en base húmeda; además se determinó las curvas de cinética y velocidad de secado.

#### **3.4.4. Controles del producto terminado**

Los análisis que se realizaron para el producto terminado fueron:

Análisis físico (biométrico del filete deshidratado).

Análisis químico proximal (filete deshidratado).

##### **3.4.4.1. Análisis físico**

Se realizó con la finalidad de observar el encogimiento de la muestra durante el tiempo en que fue expuesta al secado; lo cual consistió en medir las muestras (longitud, ancho y espesor) utilizando el pie de rey **(Tello, 2003)**.

##### **3.4.4.2. Análisis químico proximal**

El análisis químico proximal del producto terminado se realizó de acuerdo a la metodología seguida para la materia prima **(Tello, 2003)**.

##### **3.4.5. Análisis sensorial**

Este análisis se realizó con la finalidad de determinar las mejores condiciones de deshidratado del filete de gamitana; para ello se utilizó el Diseño de bloques Completamente al Azar (DBCA), teniendo como bloques a los jueces o panelistas que evaluaron los atributos de color, olor, textura y apariencia general en el producto deshidratado y en el producto rehidratado; mediante la prueba de preferencia. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 y las diferencias significativas mediante la prueba de TUKEY al mismo nivel de significancia.

##### **3.4.6. Análisis microbiológico**

El método que se utilizó para el análisis fue recuento en placa y Número más probable (NMP). Este análisis se realizó con la finalidad de determinar

la calidad microbiológica del producto final, principalmente para determinar la presencia de bacterias aerobias viables, Coliformes totales, *Salmonella* sp. y Numeración de Aerobios (Mesofilos viables UFC/g) en el producto deshidratado, para luego comparar si los resultados se encuentran dentro del rango de los parámetros establecidos en base a normas legales vigentes de acuerdo a la **Resolución Ministerial 591-2008/MINSA**.

### 3.5. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SECADO

Con los datos experimentales se determinó el comportamiento de la velocidad de secado para los diferentes tratamientos, graficándose los valores de R vs humedad promedio:

$$R = \frac{Ls}{A} \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)$$

Dónde:

$\Delta x$  = variación de humedad.

$\Delta t$  = variación de tiempo.

### 3.6. DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD

Los coeficientes de difusividad del agua contenida en los filetes de gamitana en el aire de secado, se estimaron mediante un ajuste de los valores experimentales de la cinética de secado, empleado mediante regresión no lineal mínimos cuadrados, con la ecuación de Fick para placa plana.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \left[ -D_{eff} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right]$$

$$y = \frac{C - C_0}{C_1 - C_0} = \left( \frac{8}{\pi^2} \right) \left[ \exp \left( -\frac{D \cdot X \cdot \pi}{(2 \cdot x)^2} \right) + \frac{1}{9} \exp \left( -\frac{9 \cdot D \cdot X \cdot \pi}{(2 \cdot x)^2} \right) \right]$$

Dónde:

**C** : concentración de agua (contenido de humedad) Kg. Agua/ Kg.s.

**t** : Tiempo (seg).

$X$  : espesor de la muestra (m).

$D_{eff}$ : difusión efectiva del agua ( $m^2/s$ ).

### 3.7. ACTIVIDAD DE AGUA

La determinación de la actividad de agua se realizó mediante el equipo de AquaLab Series 3, basado en la determinación mediante el punto de rocío. Previamente a la introducción de la muestra para esta determinación, se procedió a la calibración del aparato mediante sales de KCl, de alta actividad de agua, y trabajando en un intervalo de temperaturas entre 18 y 23°C. Para la preparación de la muestra, se utilizaron unas pequeñas cápsulas diseñadas específicamente para este equipo, en las cuales se introdujo la muestra triturada extendiéndola por toda la base de la cápsula (aproximadamente 1 milímetro de espesor). Una vez hecho esto, se introdujo la cápsula en el equipo, obteniéndose el valor de  $a_w$  mediante lectura directa en la pantalla (**Aqua lab water activity meter 2007**).

### 3.8. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

Fueron realizadas empleando el método gravimétrico (**Labuza et al; 1985**),

**Cuadro 5:** Actividad de agua de las soluciones salinas utilizadas para las Isotermas de adsorción a temperatura ambiente de 25 - 30°C.

<b>SOLUCIONES SALINAS <math>A_w</math></b>	
<b>Valores a temperatura ambiente 25- 30°C</b>	
Cloruro de Litio	0,110
Acetato de Potasio	0,230
Cloruro de Magnesio	0,330
Carbonato de Potasio	0,432
Nitrato de Magnesio	0,510
Cloruro de Sodio	0,750
Cloruro de Potasio	0,823
Cloruro de Bario	0.890

**Fuente:** Elaboración propia.

Se colocaron muestras de 2gr aproximadamente de gamitana deshidratada (humedad promedio de 8.5 % b.h) en placas Petri, las que se mantuvieron en campanas desecadoras de vidrio cerrados, con soluciones salinas saturadas para mantener una gama de humedades relativas constantes, hasta alcanzar el contenido de agua en el equilibrio para los filetes, cuando su peso era constante. Se fijaron isotermas de adsorción a temperaturas (25 - 30 °C). Las 8 sales utilizadas y la humedad relativa a estas, a temperatura ambiente, se muestran en el cuadro 5.

### **3.9. CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN**

La determinación de la capacidad de rehidratación del filete seco se realizó, luego del almacenamiento, mediante inmersión en agua destilada, pesando los filetes a intervalos de 1 hora, hasta llegar a peso constante. Esta determinación se efectuó para el mejor tratamiento obteniéndose en la etapa de deshidratación con flujo de aire caliente. **(Marín et al, 2006).**

$$CR = \frac{\textit{contenido de agua absorbida}}{\textit{masa de la muestra deshidratada}}$$

### **3.10. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

El experimento comprendió dos fases; la primera fue de deshidratado y la segunda fase del análisis sensorial de las muestras deshidratadas. La unidad experimental estuvo constituida por 1 filete de gamitana sin piel y se efectuaron tres repeticiones por cada experimento.

La etapa de deshidratado se realizó, mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial completo de 3 x 3, con 3 repeticiones, como se muestra en el cuadro 6, donde los factores fueron temperatura del aire de

secado (40°C, 50°C y 60°C) y concentración de NaCl (5%; 10% y 15%) en la solución osmótica, posteriormente se realizó el análisis mediante el método de superficie de respuesta **Box et al., (1978)**, donde las variables de respuesta fueron el contenido de agua y los atributos sensoriales del producto Deshidratado, además se realizó, un análisis sensorial de las muestras deshidratadas y rehidratadas mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), utilizando para ello panelistas no entrenados, pero potenciales consumidores, para elegir el mejor tratamiento.

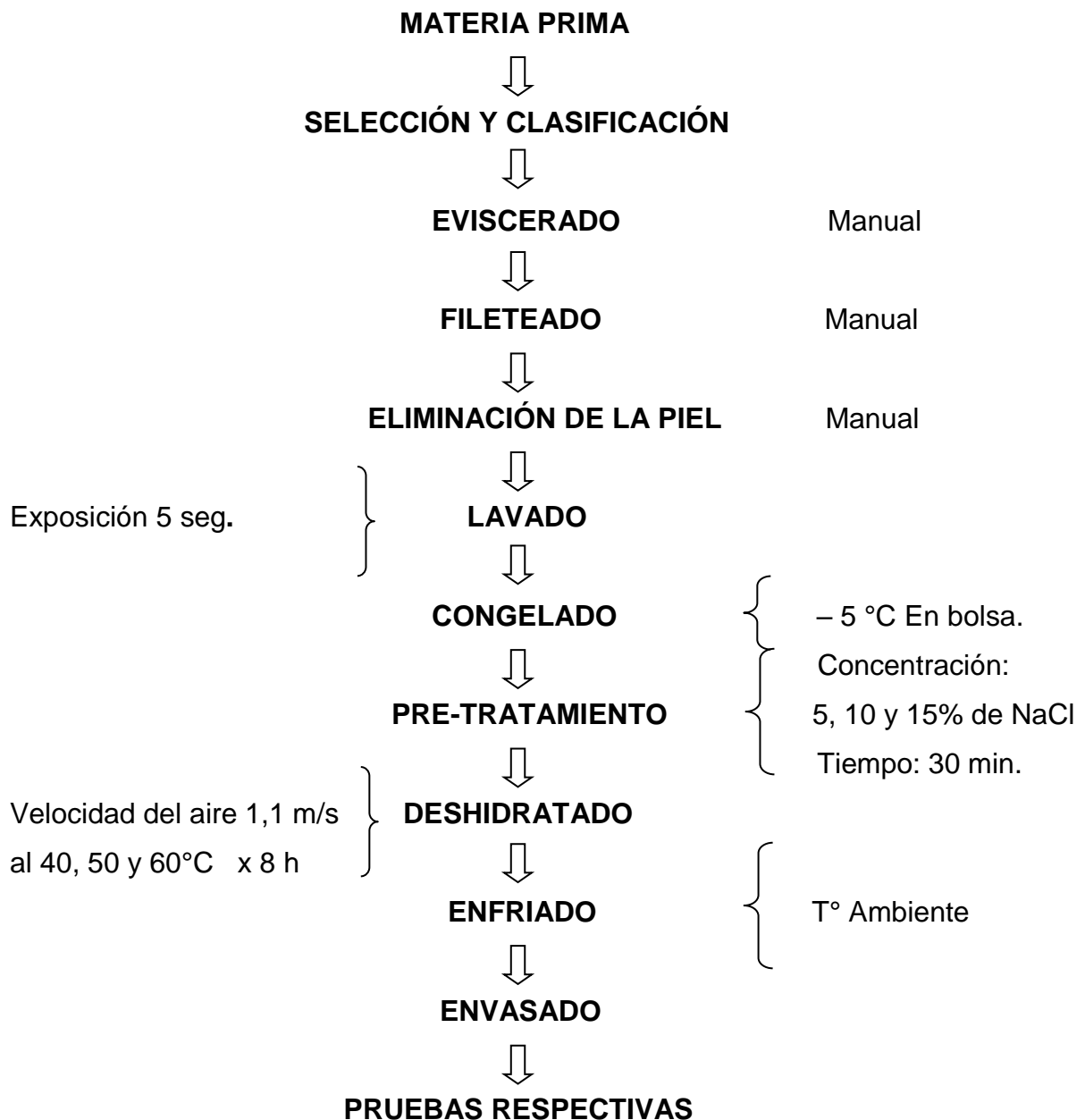
**Cuadro 6:** Diseño estadístico Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial completo de 3 x 3, con 3 repeticiones (temperatura y concentración de NaCl).

<b>TEMPERATURA de aire caliente</b>	<b>Pre tratamientos (concentraciones de NaCl)%</b>		
	<b>5% (-1)</b>	<b>10% (0)</b>	<b>15% (+1)</b>
<b>40 (-1)</b>	(-1) (-1)	(-1) (0)	(-1) (+1)
<b>50 (0)</b>	(0) (-1)	(0) (0)	(0) (+1)
<b>60 (+1)</b>	(+1) (-1)	(+1) (0)	(+1) (+1)

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.11. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE DESHIDRATADO DE FILETE DE GAMITANA:

En la figura 10 se representa el diagrama de flujo de una gamitana de (200 g):



**Figura 10:** Diagrama de flujo de deshidratado de filetes de gamitana.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.11.1. Obtención de la materia prima

La materia prima fue recolectada de una piscigranja del distrito de Tarapoto, provincia de San Martín. Los ejemplares vivos fueron colocados en baldes con agua, para su traslado hacia el lugar de desarrollo del proyecto de investigación.



**Figura 11:** poza de crianza de gamitana.

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.11.2. Recepción de la materia prima

Las gamitanas fueron mantenidas en baldes con agua en el laboratorio de análisis de los alimentos hasta su selección para los experimentos.

### 3.11.3. Selección y Clasificación

Se realizó con la finalidad de eliminar los ejemplares inapropiados, agrupándolos por tamaño y peso de aproximadamente 200 g.





**Figura 12:** Muestra de las gamitanas seleccionadas y clasificadas.  
**Fuente:** elaboración propia.

#### **3.11.4. Eviscerado y descamado**

Se realizó el descamado y un corte en la parte inferior del pescado para separar las vísceras.



**Figura 13:** Muestra de gamitana sin escamas y eviscerada.  
**Fuente:** elaboración propia.

#### **3.11.5. Fileteado**

Se procede a separar la carne de la columna vertebral del pescado, filetear de la cola hacia la cabeza, posteriormente se separa la piel para obtener una mejor superficie de secado.



**Figura 14:** Muestra de gamitana fileteada y sin piel.  
**Fuente:** elaboración propia.

#### **3.11.6. Lavado**

Para eliminar la sangre, y otros elementos contaminantes agregados. Esta operación se realizó con chorros de agua potable fría, por un periodo corto de 5 seg, con el fin de no eliminar los nutrientes que posee el alimento.

#### **3.11.7. Congelamiento**

Esto se aplica a  $-5^{\circ}\text{C}$  y en bolsas de polietileno de alta densidad, con la finalidad de que los filetes conserven sus atributos organolépticos y virtudes nutritivas por un periodo corto de tiempo.

#### **3.11.8. Pre tratamiento osmótico**

Se realizaron tres pre-tratamientos; el primero filete a concentración de 5%, el segundo a 10% y el tercero a 15%, antes del deshidratado por flujo de aire caliente, el tiempo empleado para todos los casos, fue de 30 min.



**Figura 15:** Muestra de filetes de gamitana sin piel en solución osmótica.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.11.9. Deshidratado convectivo

Esta operación se realizó sometiendo a la muestra a un flujo de corriente de aire caliente (1.1 m/s), seguidamente se evaluó la pérdida de peso y el tiempo en que alcanza peso constante.



**Figura 16:** Muestra de gamitana en secado convectivo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Además se evaluó las variaciones que sufre el filete de gamitana durante su exposición al aire caliente a temperaturas de (40, 50 y 60°C) como  $A_w$ , cinética de secado y difusividad.

#### **3.11.10. Enfriado**

Se efectuó con la finalidad de realizar un adecuado envasado, a temperatura ambiente en una cámara desecadora de vidrio, con la finalidad de que la muestra no atrape humedad.

#### **3.11.11. Envasado**

Permite la mejor conservación del producto. El filete de gamitana deshidratado es envasado manualmente en bolsas de polietileno de alta densidad, selladas herméticamente y posteriormente almacenados.



**Figura 17:** Muestra de las gamitana secado y almacenado en polietileno de alta densidad.

**Fuente:** Elaboración propio.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. BIOMETRÍA DE LOS FILETES DE GAMITANA.

Las características físicas de filetes de gamitana, tanto frescos como deshidratados, se muestran en el cuadro 7. La los resultados son el promedio de 27 muestras de filetes de gamitana sin piel.

Al realizar la inspección organoléptica para determinar la frescura del pescado se obtuvo una puntuación cero (0) de acuerdo a la puntuación QIM (anexo 4) que indica que el pescado utilizado fue fresco y de calidad (**Sveinsdottir et al., 2002**)

**Cuadro 6:** Medidas Biométricas de filetes de gamitana.

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIO
------------	------------------

	FRESCO	DESHIDRATADO
<b>Peso total (g)</b>	40.8	9.5
<b>Longitud (cm)</b>	10.1	8.1
<b>Ancho (cm)</b>	7.01	5,7
<b>Espesor (cm)</b>	0,749	0,523

**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro 6 se aprecia que el peso del filete fresco es de 40,8g y el filete deshidratado es de 9,5 g. esto se debe a que el filete fresco fue sometido a un flujo de aire caliente, en donde eliminó gran parte del agua, obteniéndose un producto deshidratado con 10,87% de humedad.

Hay encogimiento del producto ya que por la pérdida de humedad los filetes tienden a reducir el área de 70,1cm<sup>2</sup> a 57,0cm<sup>2</sup>., y espesor de 0,749cm., a 0,532cm., debido al efecto combinado de la sal y el calor que coagulan la proteína, contrayendo los tejidos (**Bellagha et al., 2002**), reportes similares ofrece **Usca (2010)** en deshidratación de filetes de tilapia disminuyendo el área de 61,51cm<sup>2</sup> a 42,75cm<sup>2</sup> y espesor de 0,7cm a 0,49cm.

#### 4.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL

El análisis químico proximal de los filetes de gamitana frescos y deshidratados, se presenta en el cuadro 7, donde es posible observar la variación en la composición proximal del filete debido al secado.

**Cuadro 7:** Composición proximal del filete de gamitana fresco y deshidratado.

COMPONENTES	MUESTRA FRESCA (%)	MUESTRA DESHIDRATADA (%)
<b>Humedad</b>	79,14	10,87
<b>Proteínas (Nx6.25)</b>	17,45	62,83
<b>Lípidos</b>	2,27	19.75
<b>Cenizas</b>	1,12	6,32

<b>Carbohidratos</b>	0,03	0,23
----------------------	------	------

**Fuentes** Elaboración propia.

El análisis proximal de filetes frescos fue similar a los encontrados por **García y Silva (2010)**, quienes encontraron 79.81% y 17.47% para humedad y proteína respectivamente. Los valores de humedad 82% y proteína 16.1% para filetes frescos de gamitana reportado por **Solari, (2006)**, muestra una especie con alto valor proteico.

**Usca, (2010)** en una muestra deshidratada de tilapia obtuvo porcentajes de proteína (55,82%), humedad (12,10%), grasas (17,77%) y cenizas (9,2%) muy parecidas a los resultados del cuadro 7.

Los resultados de análisis de humedad y lípidos que encontraron **Filho et al. (2012)** para filetes frescos de gamitana fueron de 77.08% y 3.05% respectivamente, dichos datos son aproximados a los encontrados en este trabajo.

#### **4.3. SECADO**

##### **4.3.1. Efecto de la temperatura del aire y concentración de NaCl**

En la figura 18 se presenta las curvas de secado para los tratamientos en estudio, donde se puede apreciar dos grupos de curvas. El primer grupo con temperatura de 40°C y concentraciones NaCl de 5, 10 y 15%, este grupo

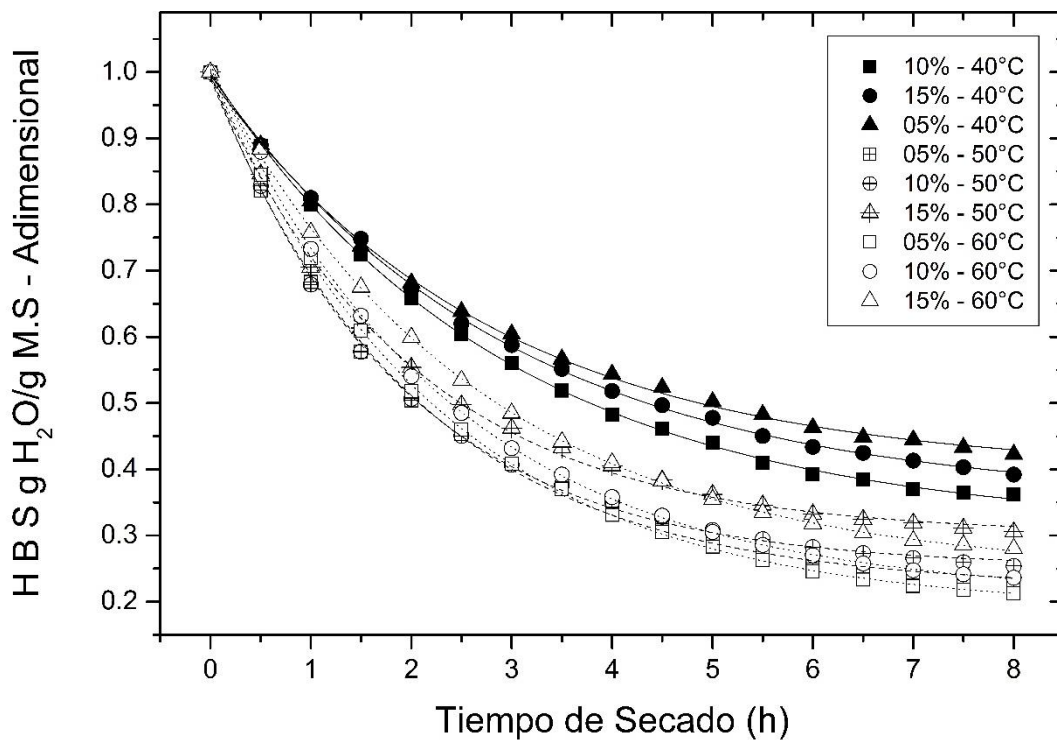
muestra una pérdida de peso menor que el otro grupo conformado por las temperaturas de 50 y 60°C y concentraciones NaCl de 5, 10 y 15%, de lo cual concluimos que la temperatura del flujo de aire influye en la pérdida de peso, mientras que el efecto de las diferentes concentraciones de sal es mínima. El tratamiento que presentó una pérdida de peso más pronunciada fue el de 5% de NaCl y 60°C, esto hace que la muestra tenga una menor humedad de equilibrio y el que tuvo menor pérdida de peso fue el de 5% de NaCl y 40°C; resultados similares han sido reportados para el secado de sardinas ligeramente saladas **Bellagha et al., (2002)** y en el secado de filetes de tilapia por **Usca (2010)**.

También se puede ver que las curvas de secado sólo presentan la fase de velocidad decreciente y tienen concavidad hacia arriba tal como lo señala **Roberti (2011)**, al deshidratar camarón dulceacuícola.

Al cabo de la tercera hora de secado se observa una disminución de la velocidad de secado, esto puede deberse a la desnaturalización de las proteínas y la concentración de soluto (NaCl) en la superficie de los filetes, este fenómeno ha sido observado por **Kituu et al. (2009)**.

Por otro lado **Brennan et al, (1998)**, informa que durante el secado hay reducción de la superficie de secado, lo que disminuye también su velocidad. El tiempo límite que se estableció al proceso fue de 8 horas, teniendo como referencia a trabajos en tilapia (**Tello 2003 y Usca 2010**). El secado adicional de las muestras de peces más allá de los límites de tiempo establecidos puede ser innecesario, ya que el tiempo y la energía extra se gastará a expensas de la calidad (**Kituu et al. 2009**).





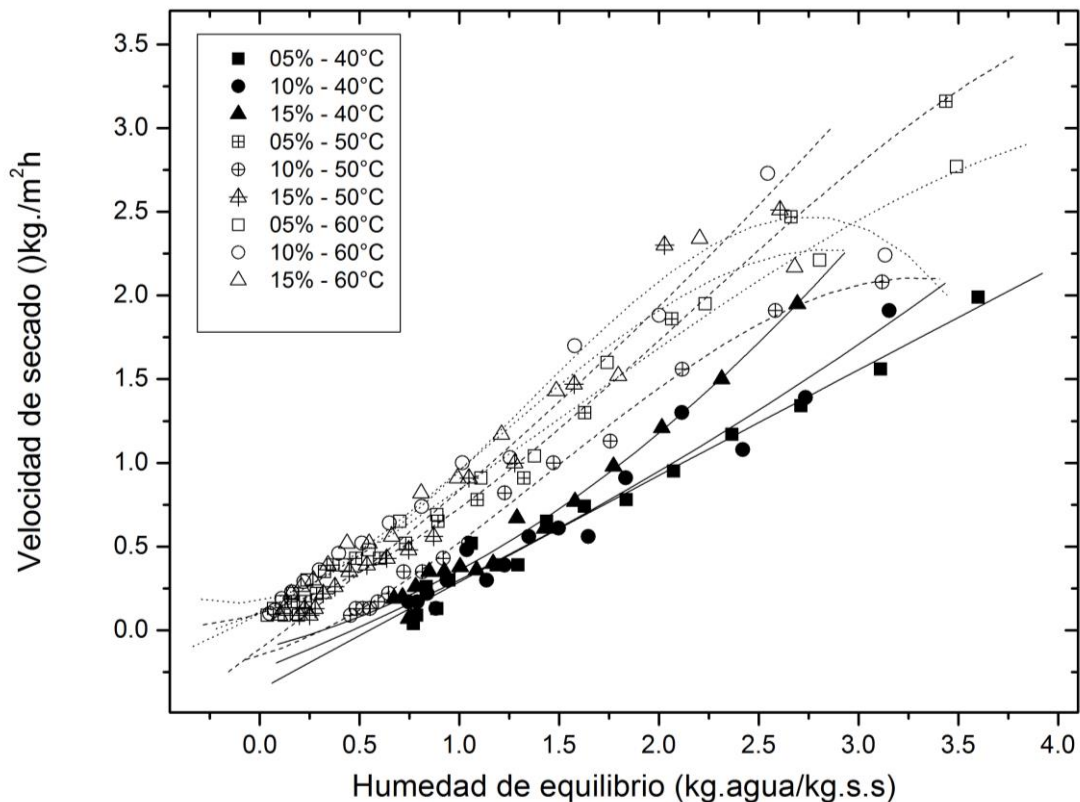
**Figura 18:** Curvas de secado que relaciona Humedad libre versus tiempo de secado.

Fuente Elaboración propia.

#### 4.3.2. Velocidad de secado

En la figura 19 se presentan curvas de velocidad de secado de filetes de gamitana. Puede notarse que, en términos generales, al aumentar la temperatura del aire de secado, manteniendo una baja concentración de NaCl, aumenta la velocidad de secado, tal como lo reporta **(Bermúdez y Maiz, 2004)**, Asimismo manteniendo una baja concentración de NaCl, aumenta la velocidad de secado, esto está de acuerdo con el trabajo sobre secado de filetes de Tilapia realizado por **Usca (2010)**. Este comportamiento se debe a la tasa de suministro de calor del aire al producto y a la aceleración de la migración de agua dentro de los filetes **(Bellagha et al., 2002)**.citado por **Usca (2010)**.

Este comportamiento se debe al tratamiento que presentó mayor velocidad de secado fue a 60°C y 10% de NaCl, alcanzando una velocidad de 3.49 kg agua/h\*m<sup>2</sup> aproximadamente, tal como se observa en la figura 16. Dentro de este período la velocidad de secado de los peces disminuyó con el aumento de la concentración de la salmuera. La unión entre las moléculas de sal y de agua parece aumentar con el aumento de concentración de la salmuera; Por lo tanto, la velocidad de secado se reduce con el aumento de concentración de la salmuera reportado en trabajos de tilapia por **Kituu et al. (2009)**.



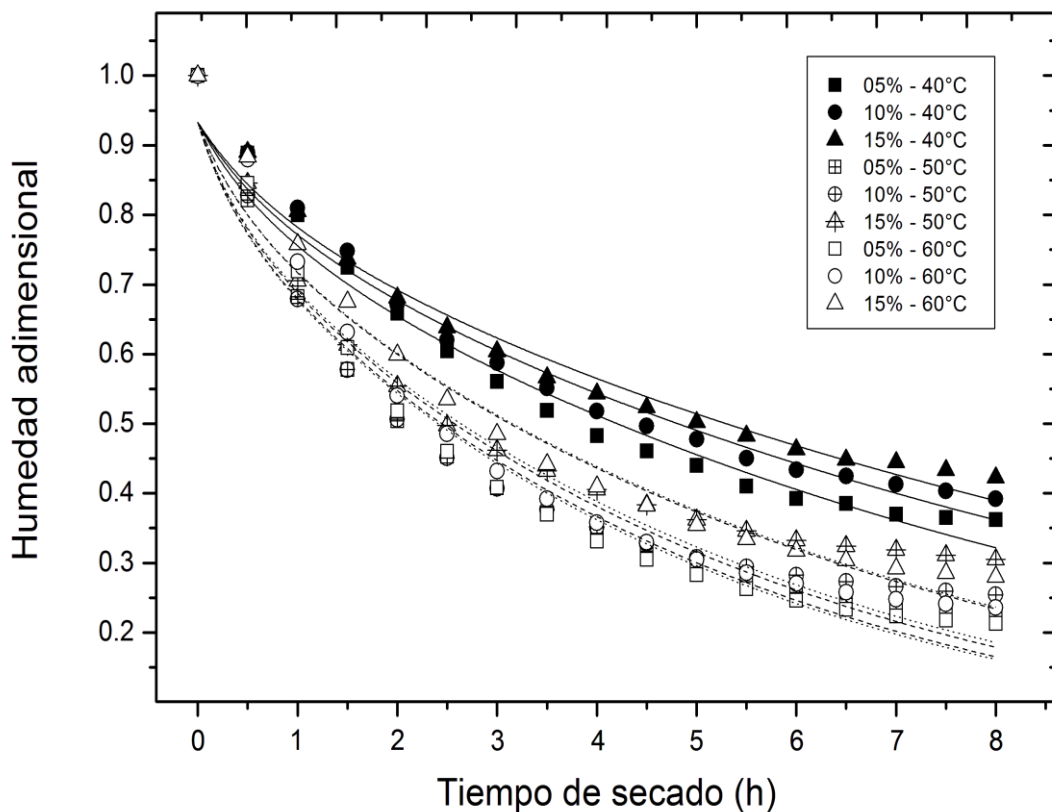
**Figura 19:** Velocidad de secado para los nueve tratamientos.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica de velocidad de secado se observa con claridad el periodo de velocidad decreciente, no presentándose la fase de velocidad constante, esto se debe a que los filetes fueron previamente osmodeshidratados con una solución de NaCl, resultados similares fueron reportados por **(Roberti 2011)**.

#### 4.4. DIFUSIVIDAD

En la figura 20 y cuadro 8 se puede apreciar que la difusividad aumenta con el incremento de la temperatura, pero disminuye a medida que se incrementa la concentración de sal. El coeficiente de difusividad efectiva menor, la tuvo el tratamiento con 10% y 40°C ( $1.72 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ) con valores de  $r^2$  de 0.98724 y el mayor, el tratamiento con 5% y 60°C ( $6.75 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ), con valores de  $r^2$  de 0.98778, que evidencia un buen ajuste para el modelo de difusión de Fick.



**Figura 20:** Comportamiento de la difusividad de los nueve tratamientos  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Abreu et al. (2012)**, obtuvo valores de difusividad efectiva de  $4.006 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  para harina de residuos de gamitana desecados a  $100^\circ\text{C}$  y velocidad de aire de secado de  $1.5 \text{ m/s}$ . La razón por la cual el resultado encontrado es menor que el mencionado por **Abreu et al., (2012)** es porque los citados trabajaron con una muestra con menor cantidad de grasa, ya que **Collignan et al. (2001)**

menciona que los componentes lipídicos dificultan la remoción de agua del alimento.

**Cuadro 8:** Valores de difusividad calculados con la ecuación de Fick para placa plana.

Temperatura (°C)	Concentración de NaCl (%)	difusividad x $10^{-8}$ (m <sup>2</sup> /s)	coeficiente de determinación R <sup>2</sup>
40	5	2.26	0.98690
40	10	1.95	0.98724
40	15	1.72	0.98724
50	5	5.52	0.97030
50	10	5.48	0.97714
50	15	3.79	0.97677
60	5	6.75	0.98778
60	10	6.29	0.98509
60	15	3.37	0.98678

**Fuentes:** Elaboración propia.

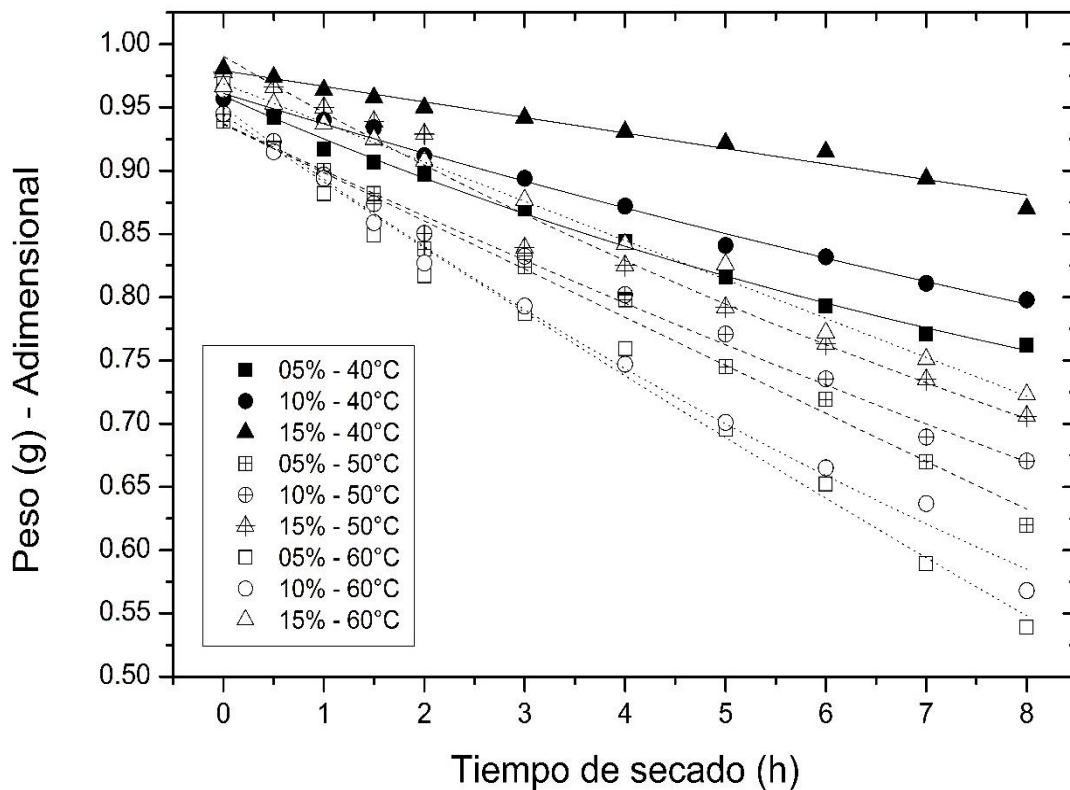
**Usca. (2010)** nos indica para valores de difusividad, obtenidos a partir de tilapia, muestran que la difusividad aumenta con el incremento de la temperatura, pero disminuye a medida que se incrementa la concentración de sal. Los valores de difusividad para el tratamiento con 10% de sal se encuentran en un rango de  $4,37003 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$  y  $7,12533 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$  para las temperaturas de 40°C y 60°C respectivamente. Resultados similares fueron reportados por **Kituu et al. (2009)**, quienes realizaron un estudio de secado de tilapia en un secador solar tipo túnel. De estos valores podemos inferir que a menor concentración de sal hay menor encogimiento y formación de costras lo

que implica que hay porosidad, y en consecuencia al incrementar la temperatura hay mayor difusión (**Bellagha et al., 2002**).

En la cuadro 8, se observa cómo influye la concentración de NaCl y la temperatura del aire de secado en la difusividad efectiva. Se puede apreciar que las regiones de mayor difusividad corresponden a las mayores temperaturas y bajas concentraciones de NaCl, este comportamiento se debe ya que a altas temperaturas y mayor concentración de solución salina las proteínas se desnaturalizan, como consecuencia generan la formación de costras en la superficie que impide que haya mayor difusión del agua libre presente en el filete de gamitana, tal como afirma **Bellagha et al. (2002)**, quien indica que el efecto combinado de la sal y el calor sobre las proteínas resultan en la coagulación de éstas; afirmaciones similares son reportados por **Pinto y Tobinaga (2006)**.

#### **4.5. ACTIVIDAD DE AGUA**

En la figura 21 está la gráfica actividad de agua versus tiempo de secado de los 9 tratamientos. Se puede observar que la  $A_w$  disminuye conforme aumenta la temperatura, y al aumentar la concentración de sal, este mismo comportamiento fue encontrado por (**Usca, 2010**) al deshidratar y secar filetes de tilapia.



**Figura 21:** Comportamiento de actividad de agua para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente.  
**Fuentes:** Elaboración propia.

El tratamiento de 5% de NaCl y 60°C, presentó una caída más pronunciada de actividad de agua que inicialmente tuvo un valor de 0.9615  $A_w$  y su valor final de 0.5930  $A_w$ . Este valor nos garantiza la estabilidad de los filetes ya que se estaría previniendo el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos y solamente tendríamos una ligera actividad enzimática en los filetes, tal como lo informa (Canseco, 2000).

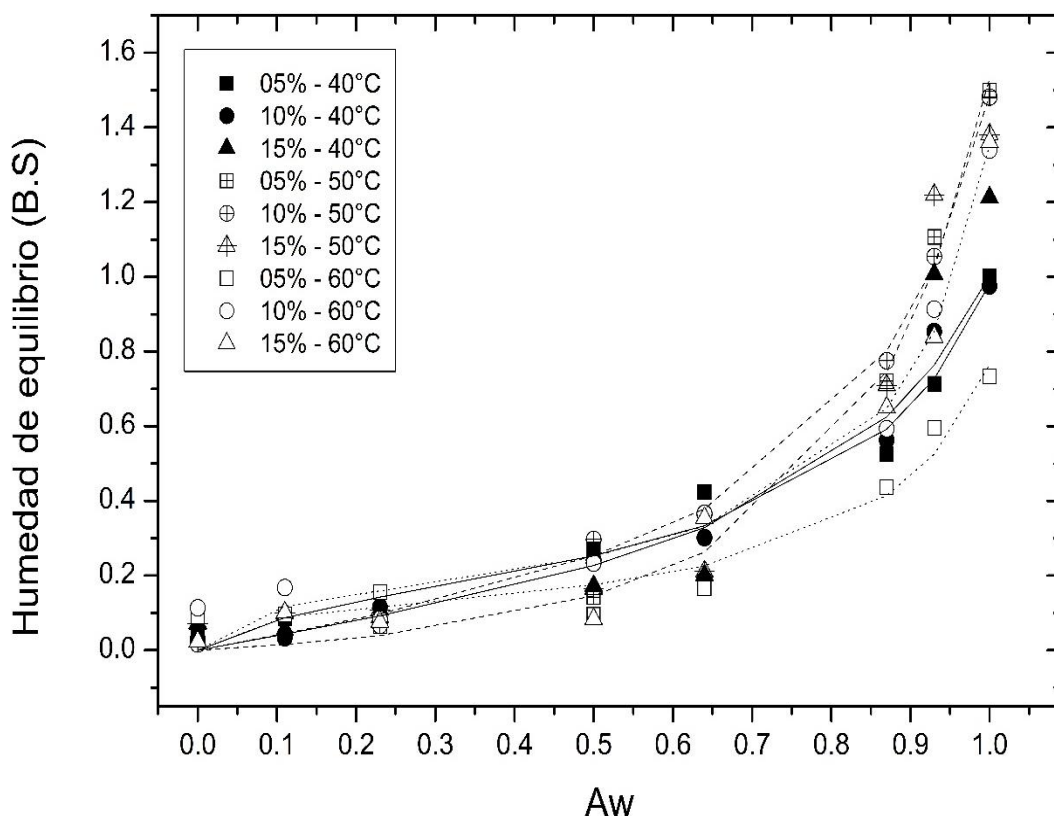
El tratamiento de 15% de NaCl y 40°C, presentó una ligera caída de la actividad de agua que inicialmente tuvo un valor de 0.9740 y su valor final de 0.8660. Este valor de  $A_w$  podría permitir el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos y también el deterioro por actividad enzimática.

#### 4.6. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

En la figura 22 se muestran las isoterms de filetes deshidratados de gamitana, ajustadas con la ecuación de GAB. En esta figura se puede ver que el tratamiento con 5% de NaCl a 60°C es el que presenta menor humedad de equilibrio, teniendo un comportamiento diferente a los demás tratamientos. Los demás tratamientos tienen una humedad de equilibrio idéntica que va creciendo conforme aumenta la actividad de agua hasta ( $A_w=0.7$ ). Para actividad de agua mayor a 0.7 las isoterms tienen un crecimiento más pronunciado.

Los valores bajos de humedad de equilibrio, indican que los sitios activos en la monocapa son menores o que la cantidad de agua ligada presente en el filete deshidratado es menor (**Ceballos et al., 2009**), pudiéndose notar que el contenido de humedad de equilibrio, es mayor para los tratamientos con mayor concentración de sal y mayor temperatura de secado (50°C y 60°C), tal como lo reporta **Molina et al. (2006)**, quienes realizaron isoterms de adsorción de filetes de gamitana deshidratados osmóticamente. Asimismo **Molina et al. (2006)**, concluye que a menor humedad de equilibrio de los filetes, menor será la cantidad de calor necesario para remover el agua del alimento.

**Usca. (2010)** quien trabajó las isoterms de filetes deshidratados de tilapia, ajustadas con la ecuación de GAB, afirma, que los valores bajos de humedad de equilibrio, indican que los sitios activos en la monocapa son menores o que



la cantidad de agua ligada presente en el filete deshidratado es menor.

**Figura 22:** Isotermas de adsorción para filetes deshidratados de gamitana.

**Fuente:** Elaboración propia.

La humedad de la monocapa (M), representa la humedad que alcanza el producto cuando los puntos de adsorción primarios están saturados por moléculas de agua, C es la constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa y K es un factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la multicapa (**Vega et al., 2005**).

En el cuadro 9 se puede observar los valores de monocapa, el tratamiento que presentó un valor menor de monocapa (0.103 g agua/g m.s) fue 5% de NaCl y 60°C. Según **Díaz, (2002)** El rango de actividad de agua en el cual puede ser aplicada la ecuación de GAB está comprendido entre 0.1 y 0.9.

**Cuadro 9:** Constantes de la ecuación GAB evaluadas para filetes deshidratados de gamitana.

Temperatura (°C)	Concentración de NaCl (%)	M	C	K	R <sup>2</sup>
40	5	0.17367	8.3608	0.82715	0.98809
40	10	0.24111	2.05093	0.78723	0.99194
40	15	0.15538	1.38488	0.66301	0.99030
50	5	0.18709	4.79278	0.63688	0.99420
50	10	0.25377	1.85499	0.84457	0.99888
50	15	0.10307	3.51094	0.86566	0.97115
60	5	0.10307	3.51094	0.86566	0.97115
60	10	0.10307	3.51094	0.86566	0.98952
60	15	0.17278	1.9234	0.88106	0.99332

**Fuente:** Elaboración propia.

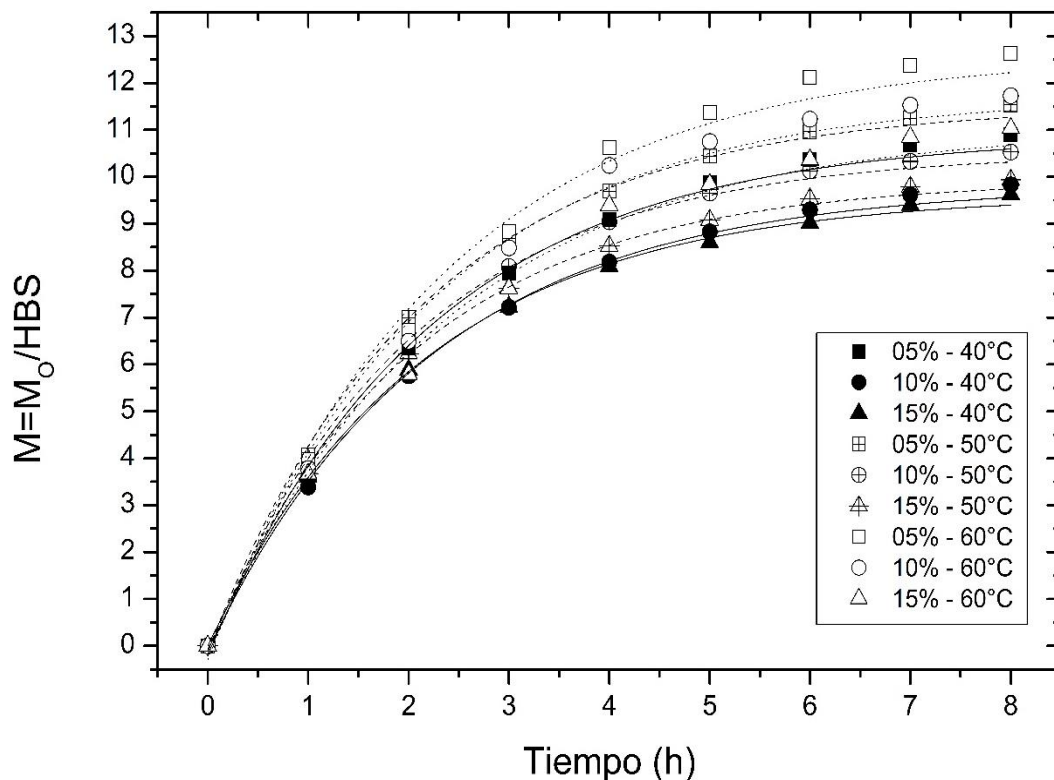


#### 4.7. CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN

Gran parte de los alimentos deshidratados se deben rehidratar en agua, o en soluciones azucaradas, salinas, entre otras, antes de ser consumidos para mejorar las propiedades funcionales **(Marín et al., 2006)**.

En la figura 23 se muestra la capacidad de rehidratación de los 9 tratamientos, el tratamiento de 5% de NaCl y 60°C presentó mayor capacidad de rehidratación, lo cual está en concordancia con **(Usca, 2010)**, quien menciona que a menor concentración de NaCl mayor capacidad de rehidratación en filetes de tilapia deshidratados osmóticamente y secados, ya que la sal crea costras en la superficie de los filetes e impide el ingreso de agua. La mayor temperatura de secado produce una estructura más rígida, lo cual podría conducir al colapso de los poros que permiten la entrada del agua y, en consecuencia, una menor velocidad de rehidratación.

Según **Ramallo y Mascheroni, 2008)**. La deshidratación de filetes de gamitana presentó un comportamiento inverso, esto indica que los poros del tejido del filete no fueron bloqueados o que la piel sufrió la aparición de estrías en la superficie permitiendo el ingreso de agua.



**Figura 23:** Capacidad de rehidratación de filetes de gamitana.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.8. ANÁLISIS SENSORIAL PARA FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADOS

Para determinar el mejor tratamiento de deshidratación de los filetes de gamitana, se realizó el análisis sensorial utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Para este análisis se contó con la participación de 10 panelistas semientrenados con conocimientos sobre la realización de pruebas sensoriales y consumidores de pescado seco salado; quienes mediante una ficha de evaluación calificaron los atributos de olor, color, textura y apariencia general, cuyos resultados se muestran los cuadros 10, 11, 12 y 13.

Realizando el análisis de varianza para los nueve tratamientos de secado, podemos observar que para el atributo olor, no existe diferencia significativa, mientras que para los atributos de color, textura y apariencia general si existe

diferencia en los tratamientos de secado de filetes de gamitana, por ello fueron sometidos los resultados a la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad.

Se aprecia que para el atributo olor, el tratamiento de mayor aceptabilidad fue el de 60°C a 10% de NaCl, mientras que el de 50°C a 5% de NaCl fue el peor tratamiento. Para el atributo color tiene una mayor aceptabilidad el tratamiento a 60°C con 5% de NaCl, siendo el peor tratamiento de 50°C con 10% de NaCl. Se puede observar que para el atributo textura tiene mayor aceptabilidad el tratamiento a 60°C con 5% de NaCl, siendo el peor tratamiento a 50°C con 5% de NaCl. En cuanto a la apariencia general el mejor tratamiento es a 60°C con 5% de NaCl y el peor con 5% de NaCl a 50°C.

El análisis sensorial fue realizado mediante una prueba afectiva (escala hedónica de cinco puntos de calificación) para los filetes deshidratados. El mejor tratamiento de secado se eligió en base a los resultados, según el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial, para los nueve tratamientos de filetes deshidratados. Debido a la no diferencia significativa entre los tratamientos se realizó la prueba de promedios de Tukey al 0.05 % de probabilidad. Además se efectuó el análisis de Superficie de Respuesta para todos los atributos evaluados.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para los filetes deshidratados se muestran en los cuadros 10, 11, 12 y 13 para apariencia general, color, textura y olor respectivamente.

#### **4.8.1. Apariencia general**

Como se observa en el cuadro 10, la mayor aceptación en cuanto a Apariencia General fue para el tratamiento a 60°C y concentraciones de NaCl 5 % y 10 % alcanzando valores promedios de 1.6 y 1.3; mientras que los tratamientos que alcanzaron las calificaciones más bajas en el análisis sensorial fueron los deshidratados a temperatura de 50 °C con concentración de NaCl 5 % y a temperatura de 50 °C con concentración de NaCl 5 %,

alcanzando valores promedios de -0.2 y -0.5 respectivamente. **Usca, (2010)**, en su cuadro de apariencia general el mejor tratamiento es a 60°C con 30% de NaCl y el peor con 10% de NaCl.

**Cuadro 10:** Promedios ordenados en forma ascendentes, obtenidos del análisis sensorial para el atributo de apariencia general.

Características	Temperatura °C	Concentración de NaCl (%)	Tratamiento	Promedio Ordenado	Significancia
APARIENCIA GENERAL	60	5	G	1,6	a
	60	10	H	1,3	a
	60	15	I	1	b
	50	15	F	0,9	b
	40	10	B	0,6	b
	40	15	C	0,6	b
	50	10	E	0,1	c
	40	5	A	-0,2	c
	50	5	D	-0,5	c

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.8.2. Textura

Como se observa en el cuadro 11, la mayor aceptación en cuanto a textura fue para los tratamientos a 60°C y concentración de NaCl 5 % y 10 % alcanzando valores promedios de 1.2 y 1.2 respectivamente; mientras que los tratamientos que alcanzaron las calificaciones más bajas en el análisis sensorial fueron los deshidratados a temperatura de 50 °C con concentración de NaCl 5 % y a temperatura de 40 °C con concentración de NaCl 5 %, alcanzando valores promedio de -0.5 y 0.1 respectivamente. **Usca, (2010)** presenta que para el atributo textura tiene mayor aceptabilidad el tratamiento

a 60°C con 30% de NaCl, siendo el peor tratamiento a 50°C con 10% de NaCl. **(Díaz 2002)** reporta similares resultados en aceptabilidad de textura.

**Cuadro 11:** Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo color.

Características	Temperatura °C	Concentración de NaCl (%)	Tratamiento	Promedio Ordenado	Significancia
TEXTURA	60	5	G	1,2	a
	60	10	H	1,2	a
	60	15	I	1	b
	50	10	E	0,7	b
	40	10	B	0,6	b
	50	15	F	0,5	b
	40	15	C	0,4	b
	40	5	A	0,1	b
	50	5	D	-0,5	b

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.8.3. Olor

Como se observa en el cuadro 12, la mayor aceptación fue para los tratamientos a 60°C y concentración de NaCl 10 % y 15 %; alcanzando valores promedios de 1 y 0,9 mientras que los tratamientos que alcanzaron las calificaciones más bajas en el análisis sensorial fueron los deshidratados a temperatura de 50 °C con concentración de NaCl 10 % y a temperatura de 5 °C con concentración de NaCl 5 %, alcanzando valores promedios de 0.5 y 0.8 respectivamente. **(Usca, 2010)**, muestra que para el atributo olor, el tratamiento de mayor aceptabilidad fue el de 60°C a 20% de NaCl, mientras

que el de 40°C a 20% de NaCl fue el peor tratamiento. (Díaz 2002) reporta similares resultados en aceptabilidad de olor.

**Cuadro 12:** Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo olor.

Características	Temperatura °C	Concentración de NaCl (%)	Tratamiento	Promedio Ordenado	Significancia
OLOR	60	10	H	1	a
	60	15	I	0,9	a
	40	5	A	0,8	b
	40	10	B	0,8	b
	40	15	C	0,8	b
	50	5	D	0,8	b
	50	15	F	0,8	b
	60	5	G	0,8	b
	50	10	E	0,5	b

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7.4. Color

Como se observa en el cuadro 13, la mayor aceptación fue para los tratamientos a 60°C y concentración de NaCl 5 % y 10 %; mientras que los tratamientos que alcanzaron las calificaciones más bajas en el análisis sensorial fueron los deshidratados a temperatura de 40 °C con concentración de NaCl 5 % y a temperatura de 50 °C con concentración de NaCl 5%, alcanzando valores promedios de -0.4 y 0.2 respectivamente. Usca, (2010) Para el atributo color tiene una mayor aceptabilidad el tratamiento a 40°C con 30% de NaCl, siendo el peor tratamiento de 50°C con 30% de NaCl. Esto es porque a temperatura más alta existe mayor pardeamiento debido a las

reacciones de los pigmentos (mioglobina) presentes en el filete como afirma (Tello 2003).

**Cuadro 13:** Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los Promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo color

Características	Temperatura °C	Concentración De NaCl (%)	Tratamiento	Promedio Ordenado	Significancia
<b>COLOR</b>	60	5	G	1,2	a
	60	10	H	1,2	a
	60	15	I	1,1	b
	40	10	B	0,7	b
	40	15	C	0,6	b
	50	15	F	0,6	b
	40	5	A	0,5	b
	50	5	D	0,2	c
	50	10	E	-0,4	c

**Fuente:** Elaboración propia.

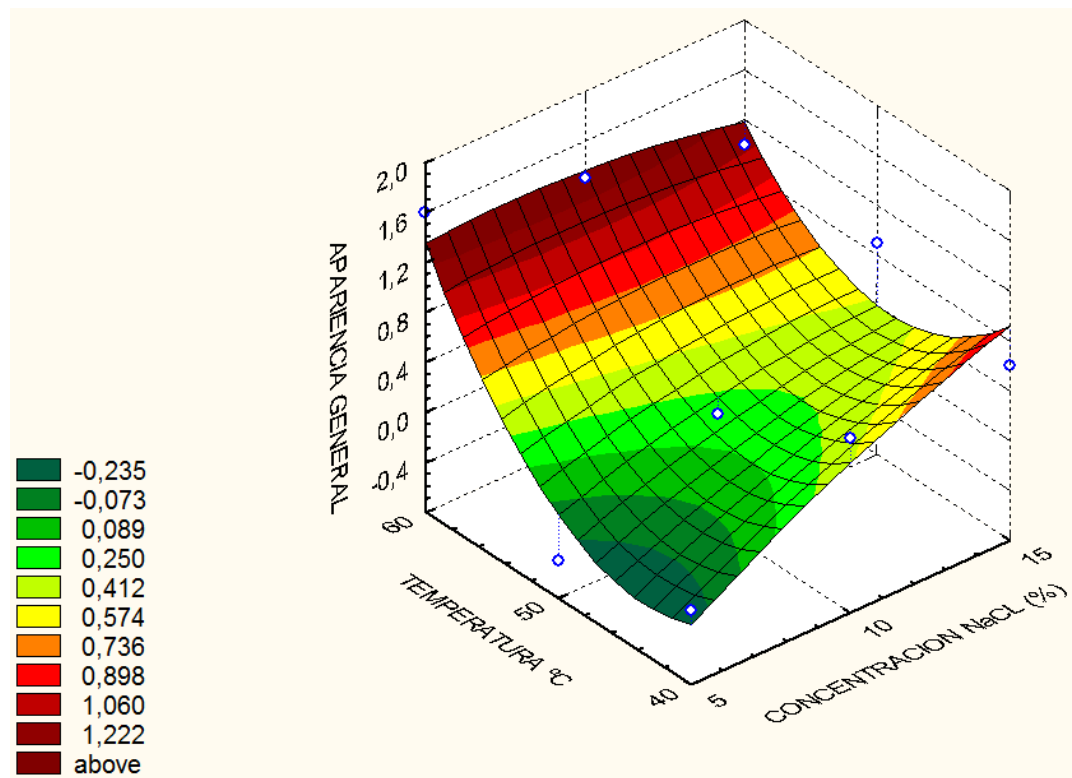
#### **4.9. SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE FILETE DE GAMITANA DESHIDRATADA.**

Los resultados obtenidos en la superficie de respuesta para evaluación sensorial para los filetes deshidratados se muestran en las figuras 24, 25, 26 y 27 para apariencia general, textura, olor y color respectivamente.

##### **4.9.1. Apariencia general.**

La superficie de respuesta del atributo apariencia general en función de la concentración de NaCl y la temperatura se muestra en la figura 24

observándose que las regiones de color rojo oscuro representan la mayor aceptación y están comprendidas para las mayores temperaturas de secado que es de 60 °C y concentraciones de NaCl de 5% y 10%. Mientras que las regiones de color verde oscuro representan las de menor aceptación y están comprendidas por las temperaturas de secado que es de 50 °C y 40 °C y concentración de NaCl de 5% respectivamente.



**Figura 24:** Superficie de Respuesta para el atributo apariencia general, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

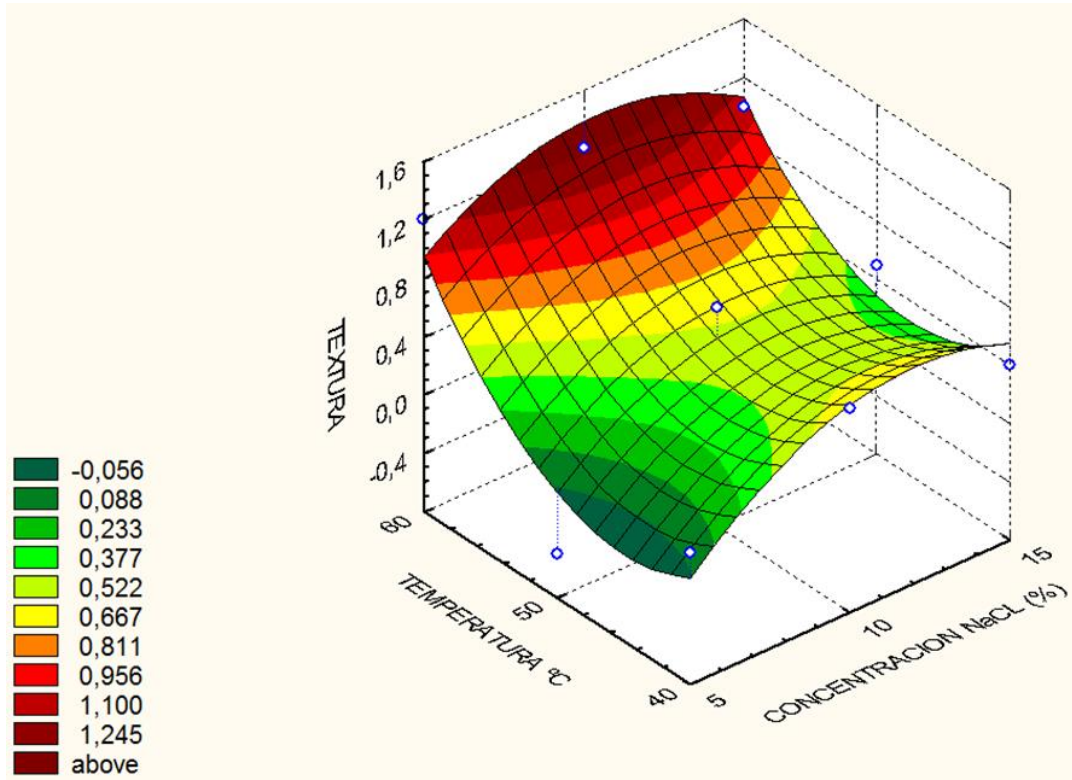
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.9.2. Textura

La superficie de respuesta del atributo textura en función de la concentración de NaCl y la temperatura se muestra en la figura 25 observándose que las regiones de color rojo oscuro y rojo representan la mayor aceptación y están comprendidas para las mayores temperaturas de secado que es de 60 °C y concentraciones de NaCl de 10% y 15%. Mientras que las regiones de color verde oscuro representan las de menor aceptación y están comprendidas por



las temperaturas de secado que es de 50 °C y 40 °C y concentraciones de NaCl de 5% respectivamente.

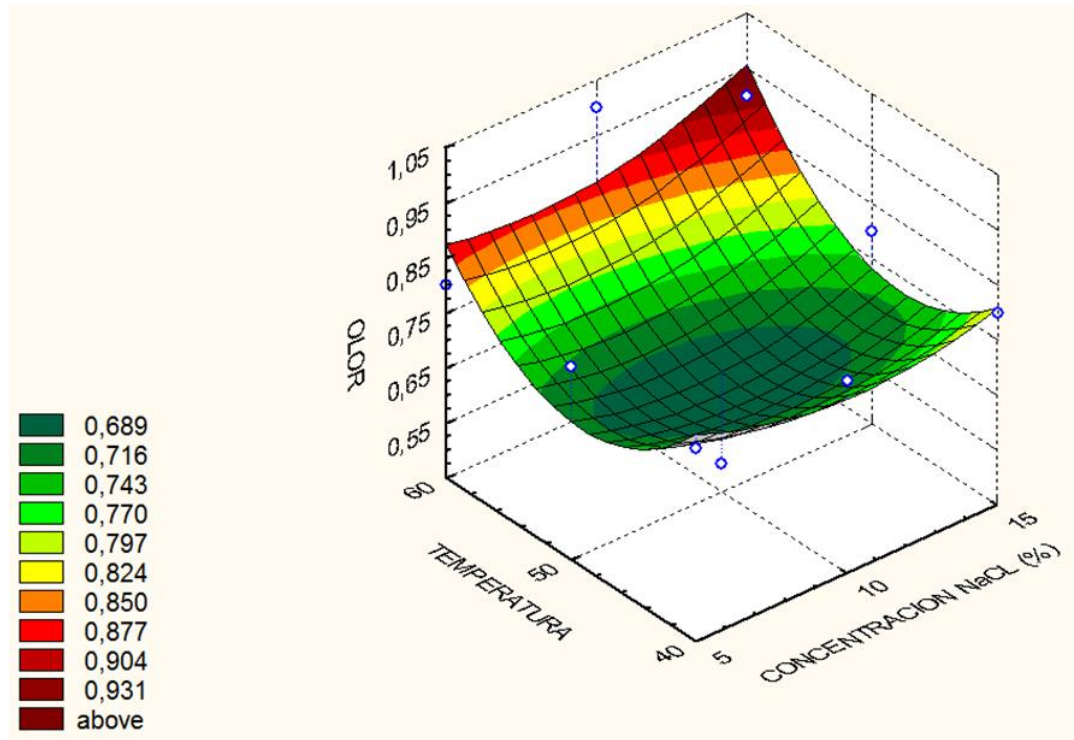


**Figura 25:** Superficie de Respuesta para el atributo Textura, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.9.3. Olor

La superficie de respuesta del atributo olor en función de la concentración de NaCl y la temperatura se muestra en la figura 26 observándose que las regiones de color rojo oscuro y rojo representan la mayor aceptación y están comprendidas para las mayores temperaturas de secado que es de 60 °C y concentraciones de NaCl de 10% y 15%. Mientras que las regiones de color verde oscuro representan las de menor aceptación y están comprendidas por las temperaturas de secado que es de 50 °C y 60 °C y concentraciones de NaCl de 10% y 5% respectivamente.

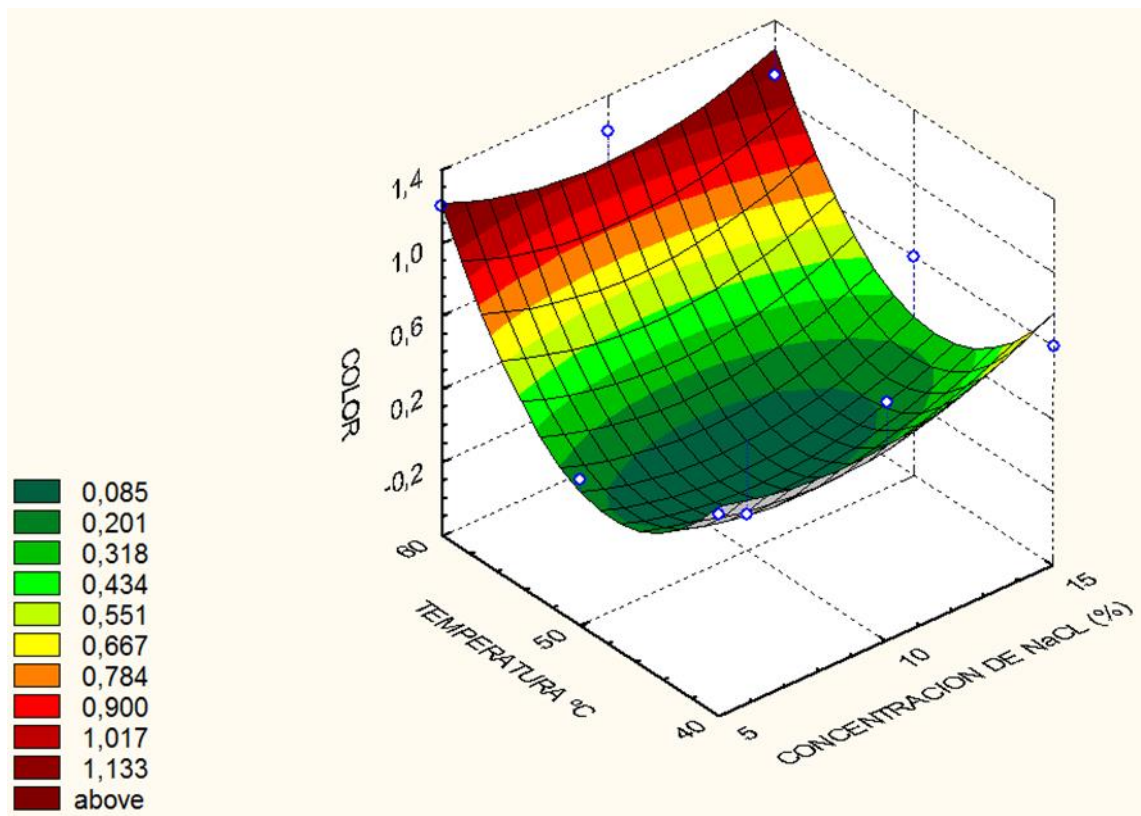


**Figura 26:** Superficie de Respuesta para el atributo olor, según el análisis sensorial realizado por los jueces.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4.9.4. Color

La superficie de respuesta del atributo color en función de la concentración de NaCl y la temperatura se muestra en la figura 27, observándose que las regiones de color rojo oscuro y rojo representan la mayor aceptación y están comprendidas para las mayores temperaturas de secado que es de 60 °C y concentraciones de NaCl de 5% y 10%. Mientras que las regiones de color verde oscuro representan las de menor aceptación y están comprendidas por las temperaturas de secado que es de 50 °C a concentraciones de NaCl de 10 y 5%.



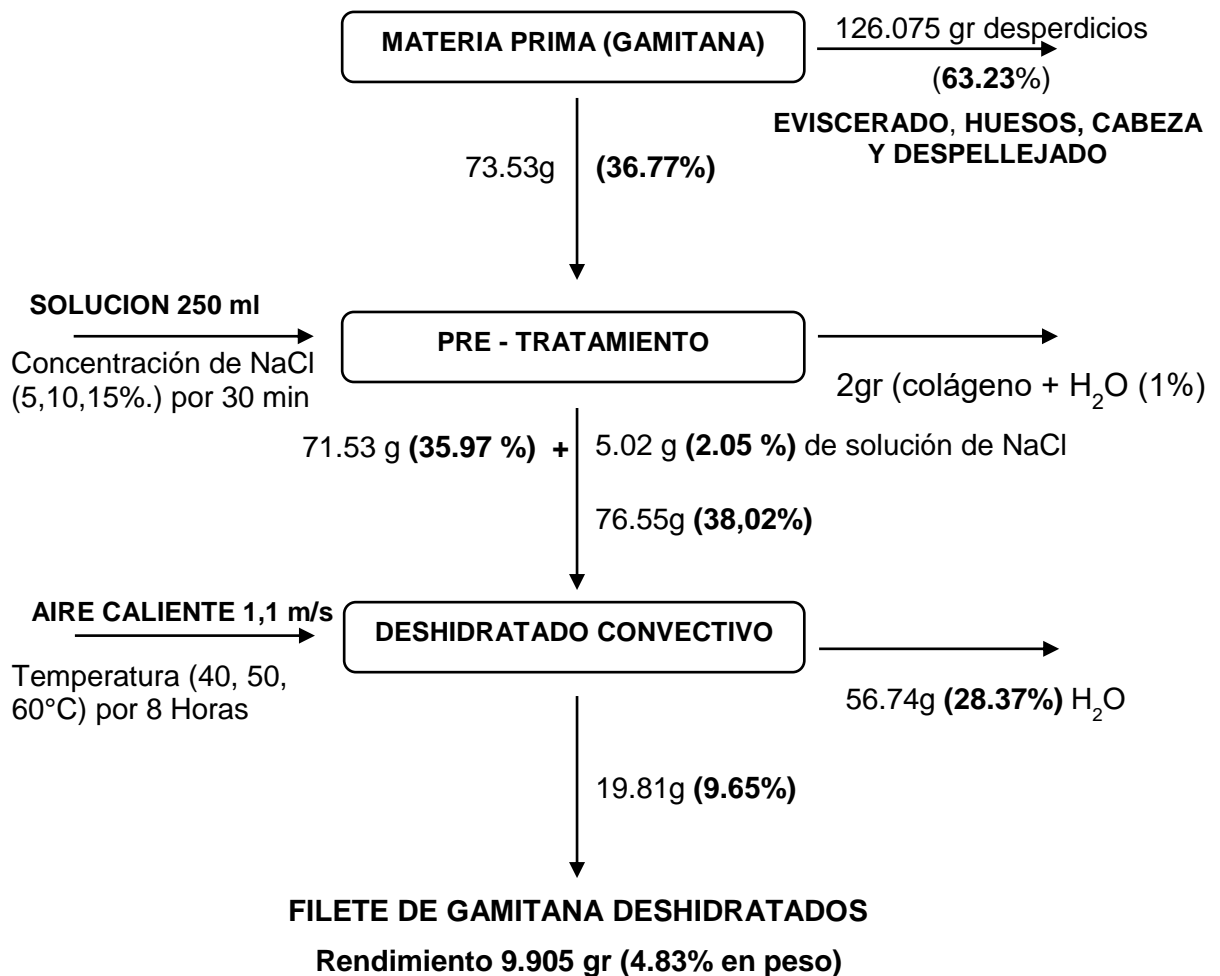
**Figura 27:** Superficie de Respuesta para el atributo color según el análisis sensorial realizado por los jueces.

**Fuente:** Elaboración propia.

**NOTA:** De los cuadros y figuras analizadas se puede concluir que el mejor tratamiento fue con 60°C con 5% de NaCl, que presentan mayor aceptación en los atributos color, textura y apariencia general.

#### 4.10. FLUJOGRAMA Y BALANCE DE MATERIALES PARA LA OBTENCIÓN DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADOS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE

Para la obtención de los filetes deshidratados se siguió el diagrama de flujo de la figura 28, que a la vez indica el balance de materiales correspondiente al proceso de secado.



**Figura 28:** Flujograma para la obtención y balance de materiales para filetes de Gamitana.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 28, se muestra el proceso de balance de masa por el proceso de deshidratación por aire caliente de filetes de gamitana de 200 g (100%) el porcentaje de desperdicios es aproximadamente (63.23%) 126.075 gr ,

obteniéndose 2 filetes (36.77 %) 73.53g. hay que considerar que se pierde (1%) 2gr aproximadamente de colágeno más agua al someter al pre-tratamiento a concentración de NaCl, pero por otro lado el filete incrementa aproximadamente en un (2.05 %) 5.02 gr. su peso con NaCl más agua, luego del deshidratado con convectivo se obtiene filetes de 19.81 gr deshidratada \* 8 horas (9.65%) considerando que solo se utilizan uno de los dos filetes del pescado se tiene un rendimiento de 4.83% con un peso de 9.905 gr con respecto a un filete de gamitana con humedad final de 10.87% en peso. Esto puede ser constatado por **Ramírez (1996)** en los porcentajes de balance de materia de gamitana que obtiene 35% en pulpa.

**Cuadro 14:** Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial de los atributos. Olor, Color, Textura y Apariencia general.

CARACTERÍSTICAS	TEMPERATURA °C	CONT. DE NaCl (%)	TRATAMIENTO	PROM-ORD.	SIGNIFICANCIA	A.E.S	SIGNIFICANCIA
APARIENCIA GENERAL	60	5	G	1,6	4.424	1.1328315	N.S
	60	10	H	1,3	4.424	1.1328315	N.S
	60	15	I	1	4.424	1.1328315	N.S
	50	15	F	0,9	4.424	1.1328315	N.S
	40	10	B	0,6	4.424	1.1328315	N.S
	40	15	C	0,6	4.424	1.1328315	N.S
	50	10	E	0,1	4.424	1.1328315	N.S
	40	5	A	-0,2	4.424	1.1328315	N.S
TEXTURA	50	5	D	-0,5	4.424	1.1328315	N.S
	60	5	G	1,2	4.424	1.2074003	N.S
	60	10	H	1,2	4.424	1.2074003	N.S
	60	15	I	1	4.424	1.2074003	N.S
	50	10	E	0,7	4.424	19.571776	N.S
	40	10	B	0,6	4.424	19.571776	N.S
	50	15	F	0,5	4.424	19.571776	N.S
	40	15	C	0,4	4.424	19.571776	N.S
OLOR	40	5	A	0,1	4.424	19.571776	N.S
	50	5	D	-0,5	4.424	19.571776	N.S
	60	10	H	1	4.424	0.5947393	N.S
	60	15	I	0,9	4.424	0.5947393	N.S
	40	5	A	0,8	4.424	0.5947393	N.S
	40	10	B	0,8	4.424	0.5947393	N.S
	40	15	C	0,8	4.424	0.5947393	N.S
	50	5	D	0,8	4.424	0.5947393	N.S
COLOR	50	15	F	0,8	4.424	0.5947393	N.S
	60	5	G	0,8	4.424	0.5947393	N.S
	50	10	E	0,5	4.424	0.5947393	N.S
	60	5	G	1,2	4.424	0.87357777	N.S
	60	10	H	1,2	4.424	0.87357777	N.S
	60	15	I	1,1	4.424	0.87357777	N.S
	40	10	B	0,7	4.424	0.87357777	N.S
	40	15	C	0,6	4.424	0.87357777	N.S
COLOR	50	15	F	0,6	4.424	0.87357777	N.S
	40	5	A	0,5	4.424	0.87357777	N.S
	50	5	D	0,2	4.424	0.87357777	N.S
	50	5	D	0,2	4.424	0.87357777	N.S

**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro 14, se muestran los resultados del análisis sensorial al aplicar la prueba de significancia de Tukey 5% de probabilidad, en donde se aprecia que hay un efecto no significativo en el grado de satisfacción con el producto seco salado en todo los atributos evaluado, sin embargo se observa que el tratamiento a 60°C tiene mayor aceptación en los atributos textura y apariencia general y color con 5% de NaCl. Dando una aprobación de acuerdo a le evaluación estadística .

#### 4.11. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los resultados del análisis microbiológico del filete del gamitana deshidratado a 60°C, con pre-tratamiento osmótico de 5% de NaCl, se presentan en el cuadro 15.

**Cuadro 15:** Resultado del análisis microbiológico de filete de gamitana deshidratado.

MUESTRA: FILETE DE GAMITANA DESHIDRATADO – SALADO		R.M. N° 591 – 2008/MINSA	
Agentes Microbianos	Resultado	LIMITE POR g/ml	
		m	M
Numeración Aerobios <i>Mesófilos viables</i> (UFC/g)	1,2 X 10 <sup>2</sup>	104	105
<i>Salmonella sp en 25g</i>	Ausencia	Ausencia	-
Coliformes (Numero enterobacterias (UFC/g))	2 x 10 <sup>2</sup>	102	103

**Fuente:** Elaboración propia.

Se puede concluir que la muestra analizada de filetes de gamitana deshidratada, estaba dentro de los límites establecidos, según la Resolución Ministerial N°591–2008/MINSA anexo 5, por lo tanto su consumo es confiable.

**Nota:** La ausencia de mesófilos viables, *Salmonella sp* y Enterobacterias confirma que los procedimientos experimentales se siguieron correctamente.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos según los objetivos en el presente trabajo se concluye que:

- La deshidratación osmótica se perfila como una opción de pre-tratamiento para procesos de agro industrialización de cualquier tipo de alimento, permitiendo niveles significativos de extracción de agua con bajos niveles en ganancia de sólidos, lo cual se considera deseable para un secado óptimo del filete de gamitana.
- Para tiempos iguales de inmersión en agua durante 30 min, mayor capacidad de rehidratación presentó el filete de gamitana deshidratado a 60°C con 5% de NaCl.
- La temperatura de aire de secado tuvo una gran influencia en la cinética de secado; al igual que la concentración de NaCl, constatándose claramente que a mayor temperatura y menor concentración de NaCl se obtiene el menor tiempo de secado.
- Las curvas de velocidad de secado permitieron identificar un comportamiento de inducción decreciente para los tratamientos a 40°C de NaCl con mayor concentración (15% de NaCl) presentando velocidades de 2.69 Kg H<sub>2</sub>O / h\*m<sup>2</sup> mientras que los tratamientos de 60°C con menor concentración presenta una velocidad de 3.49 Kg H<sub>2</sub>O / h\*m<sup>2</sup> por lo que un incremento de la concentración resulta en una disminución de la velocidad de secado.
- El modelo difusional dado por la ecuación de Fick para placa plana, describe adecuadamente la cinética de pérdida de agua, obteniéndose valores de r<sup>2</sup> que varían de 0.97030 hasta 0,98778, determinándose los coeficientes efectivos de difusión que van de 15% y 40°C (1.72x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup>/s) y el mayor el tratamiento con 5% y 60°C (6.75x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup>/s), con valores de r<sup>2</sup> de 0.98778, que evidencia un buen ajuste para el modelo de difusión de Fick.



- La actividad de agua, disminuye simultáneamente por el efecto de pérdida de agua y aumento de la concentración de NaCl.
- El modelo de GAB es adecuado para describir la isoterma de adsorción de filetes de gamitana deshidratados, en donde se presentó un valor monocapa de (0.10307 a 0.25377 g agua/g m.s) fue de 50°C a 15% y 60°C 10 y 5% a 50°C y 10% de cloruro de sodio respectivamente.
- En el filete de gamitana deshidratado se encontró un contenido elevado de Proteína (62.83%), Humedad (10.87%), Grasas (19.75%) y Cenizas (6.32%) y Carbohidratos (0.23%).
- De acuerdo a los resultados del análisis sensorial los tratamientos no son significativos para la prueba de Tukey al 5%, sin embargo los tratamientos con 60°C con 5% de NaCl presentan mayor aceptación en los atributos color, textura y apariencia general.
- Los procedimientos de asepsia en el trabajo experimental se siguieron correctamente, lo cual es corroborado por los resultados del análisis microbiológico de las muestras de filetes de gamitana deshidratado.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Con la finalidad de obtener mejores resultados en cuanto a la deshidratación osmótica de filetes de pescado, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Darle continuidad a este tipo de investigaciones hasta conseguir estándares de calidad en el proceso de deshidratación osmótica de filetes de cualquier especie de peces.
- Para la optimización de la metodología de osmodeshidratados, se requiere considerar las restricciones que se deben cumplir para aproximarse a la estabilidad del producto pesquero en estudio. Para ello se necesita que el filete tenga la mayor ganancia de sal y la mayor pérdida de agua, unido a la menor pérdida de peso posible para que el empresario o comerciante no tenga tantas mermas en su producto.
- La osmodeshidratación y posterior secado cambian las características de la superficie del alimento, debido a la gran concentración de sólidos en las capas contiguas a la superficie, originando una especie de envoltura resistente e impermeable, lo cual es evidente en la textura dura del filete osmodeshidratados.
- Realizar un estudio referente a aprovechamiento de los desperdicios de gamitana.

## VII. REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

- **A.O.A.C. (1990).** “*Official Methods of Analysis, Association of Official Agriculture Chemists*”, 11th edition – USA.
- **Abreu. L, Ribeiro. S y Ribeiro. I (2012).** “*Equipamentos alternativos na obtenção de farinha de resíduos de tambaqui (Colossoma macropomum)*”. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Castanhal Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia E-mail para contato: [laura@cpatu.embrapa.br](mailto:laura@cpatu.embrapa.br).
- **AECI / Padespa-Fondepes (2004).** “*manual de cultivo de gamitana*” Sub-proyecto programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas, PERU - PADESPA
- **Ajibola, O., Aviara, A., Y Ajetumobi, E., (2009).** “*Sorption equilibrium and thermodynamic properties of cowpea (Vigna Unguiculata)*”. Journal of food engineering, 58, 317 – 324.
- **Aqua lab, water activity meter (2007).** “*Operator’s Manual*”. Decagon Devices, Inc. 2365 NE Hopkins Court Pullman WA 99163 (509) 332-2756 fax: (509) 332-5158 [www.aqualab.com](http://www.aqualab.com) [aqualab@decagon.com](mailto:aqualab@decagon.com)
- **Armentas, J, Las Heras, J y Ziok, C (2007).** “*Atlas Dr. Pez*” Actualizado *Colossoma macropomum* <http://drpez.com.es>, España.
- **Aviara, A., Ajibola, O., y Oni, A., (2004).** “*Sorption equilibrium and thermodynamic characteristics of soy bean.*” Biosystems engineering, 87 (2), 179 – 190.
- **Aranda. C, García. L, Herrera. C, León. A Marquez. L, Martínez. M, Moreno. M y Pontón. C (2013)** “*Análisis sensorial de alimentos.*” [es.wikiversity.org](http://es.wikiversity.org).

[https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_Sensorial\\_de\\_Alimentos/Texto\\_completo](https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Texto_completo).

- **Barbosa. G, y Vega. H (2000).** *"Deshidratación de alimentos"*, Editorial Acriba., Zaragoza (España).
- **Bellagha. S, Amami. E, Farhat. A, Kechaou. N (2002)** *"Drying kinetics and characteristic drying curve of lightly salted Sardine (Sardinella aurita) Drying Technol"*. 20 (7), pp. 1527–1538.
- **Bermúdez, J.L., Maíz, V. (2004).** *"Diseño y construcción de un secados de alimentos de Amazonas"*. Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Pág. 59.
- **Box, E; Hunter, S (1978).** *"Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building."* New York, Wiley y Sons.
- **Brennan, J. ; Butters, R.; Cowell, D. y Lilly, E. (1998).** *"Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos"*, Tercera Edición – España.
- **Canseco, F (2000).** *"la actividad acuosa y su relación con la estabilidad de los alimentos"*. [depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/awyEstab\\_1818.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/awyEstab_1818.pdf).
- **Ceballos P., Giraldo G., y Orrego A., (2009).** *"Evaluación de varios modelos de isotermas de adsorción de agua de un polvo de fruta deshidratada"*. Rev. Vector, vol. 4. Pg. 107 – 116.
- **Collignan, A.; Bohuon, P.; Deumier, F. y Poligné, I. (2001).** *"Osmotic treatment of fish and meat products"*. Journal of Food Engineering, v.49, p. 153 – 162.
- **Costell, M (2002).** *"Evaluación sensorial de la textura de los alimentos"*. Documento de revista. Sociedad Española de Ciencias Sensoriales. [http://www.percepnet.com/perc03\\_02.htm](http://www.percepnet.com/perc03_02.htm).
- **Delmoro. J, Muñoz. D, Nadal. V, Clementz. A y Pranzetti. V (2010).** *"El color en los alimentos: determinación de color en mieles"*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
- **Díaz, J (2002)** *"Deshidratación por aire caliente de músculo de camarón gigante de malasia (macrobrachium rosenbergii)"* Tesis Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto
- **Enachescu Dauthy, M (1995).** *"Fruit and vegetable processing"*. FAO Agricultural services, bulletin n. 119. Available online at

<http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030E00.htm#Contents> Accessed 7March 2009.

- **Filho, A; Oliveira, H; Panero, F; y dos Santos, R. (2012).** “*Análisis físico-químico del aceite de filete de tambaqui (Colossoma macropomum) cultivado en el Estado de Roraima*”, Brasil ISSN 1984-6428 versión ONLINE [www.orbital.ufms.br](http://www.orbital.ufms.br).
- **Fontana J. A., (2000).** “*Water activity role in food safety and quality*”. Second NSF. International conference on food safety, Savannah, GA USA.
- **Frazier, W.C., (2003).** “*Microbiología de los Alimentos*” 3ª edición; Ed. Acribia, S.A. Zaragoza-España.
- **García, R y Silva, L (2010),** “*Corte y empacado al vacío, de productos mínimamente procesados de cinco especies de peces amazónicos*”. Tecnología e Ingeniería de Alimentos-Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - Departamento de Ciencia - Calla Nauta 5º Cuadra S/N. Iquitos-Perú.
- **Geankoplis, Ch. (1998).** “*Procesos de transporte y operaciones Unitarias*”. Compañía Editorial Continental S.A. CECOSA., México.
- **Guerrero L., Fabrellas C., Gutiérrez R., Romero F. y Torre H. (2002).** “*Problemática de los perfiles descriptivos en productos poco homogéneos: la carne y algunos derivados cárnicos*”. IRTA – Centro de tecnología de la carne.
- **Heredia. F (2009).** “*Apunte del Curso El color: fundamentos y Aplicaciones, dictado en UNS*”, Bahía Blanca.
- **Honorato. G, Oliveira. E, de S. Alsina. O y Magalhães. M (2009).** “*Estudio del Proceso Cinético del Secado de Cefalotórax de Camarón, Información*” tecnológica ISSN 0718-0764 versión on-line Inf. tecnol. v.16 n.4 La Serena 2005 [citchile@entelchile.net](mailto:citchile@entelchile.net).
- **Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación CIAL (2011)** “*curso de análisis sensorial de alimentos*” programa del curso de análisis sensorial de alimentos” – Espana Madrid.
- **Instituto Tecnológico de Zacatepec. (1998).** “*Secado de Alimentos*”, [www.itzacatepec.edu.mx](http://www.itzacatepec.edu.mx). 10 – 05 – 10.

- **Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (ITP) (2003).** *“Segundo Seminario Virtual Tecnología y Mercados para los recursos Pesqueros de la Amazonía Peruana”.*
- **Khalloupi S., Giasson J., y Ratti C., (2000).** *“Water activity of freeze dried mushrooms a berries”.* Canadian Agricultural Engineering. 42(1): 1 –13.
- **Kituu g., Shitanda D., Kanali C., Mailuthas J., Njorogoe C., Wainaina J., y Ondote P., (2009).** *“Influence of brining on the drying parameters of tilapia (Oreochromis niloticus) in a glass – covered solar tunnel dryer”.* Agricultural engineering international. Vol. XI.
- **Krokida M. y Philippopoulos C., (2005).** *“Rehydration of dehydrated foods. Drying Technol”*, 23, 799-830.
- **Laboratorio virtual sobre secado (2002).** *“Consideraciones teóricas sobre secado”.* <http://www.sga.ulaval.ca/drying/secado.htm//Consideraciones%20teóricas>. Visitado 10 – 05 – 10.
- **Labuza, T., Kaanane, A. y Chen, J (1985).** *“Effect of temperature on The Moisture sorption Isotherms and water Activity Shift of two Dehydrated Food”.* J. Fd. Sci. 50(2):385-391.
- **Le Maguer, M.; Shi, J. y Fernandez, C. (2003)** *“Mass transfer behavior of plant tissues during osmotic dehydration”.* En: Food Science and Technology International. Vol. 9, No. 3; p. 187-192.
- **Lovshin, L. (1980).** *“Situación del Cultivo de Colossoma spp. en Sudamérica”.* Revista Latinoamericana de Acuicultura Lima –Perú.
- **Marín E. , Lemus R. , Flores V. y Vega A. (2006),** *“la rehidratación de alimentos deshidratados”*, Revista chilena de nutrición, versión On-line ISSN 0717-7518 Rev Chil Nutr Vol. 33, N°3.
- **Matusek A., Meresz P. (2002).** *“Modeling of sugar transfer during osmotic dehydration of carrots. Periodica Polytechnica.”* Serie Chemical Engineering 46: 83-92.
- **Molano, L., Serna, C. Y Castaño, C. (1996)** *“Deshidratación de Piña Variedad Cayena Lisa por Métodos Combinados”.* En: Revista Cenicafé. Vol. 47, No. 3 ;p.140-158.

- **Molina, M. Pedro M, Telis J y Romeiro S (2006);** *“Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (Colossoma Macroparum)”*. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(2): 453-458, abr.-jun.
- **Morales, J, Serna, L y Lopez, O. (1999)** *“Métodos combinados de conservación de papaya hawaiana”*. En: Revista NOOS. Vol. 9; p. 53-59.
- **Pinto, A y Tobinaga, S (2006).** *“Diffusive Model with Shrinkage in the Thin-Layer Drying of Fish Muscles”*. DQ/ FURG, Rio Grande, RS, Brazil 2Food Engineering, DEA/FEA/UNICAMP, Campinas, SP, Brazil. Drying Technology 24, 509-516.
- **Ramallo L. A.; Mascheroni, R. H., (2008).** *“Cinética de rehidratación de ananá pre-secado con aire”*. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones CIDCA (CONICET-CCT La Plata y U.N.L.P.) y MODIAL (FI - U.N.L.P.) 47 y 116 – (1900) La Plata – Argentina E-mail: [iram@fceqyn.unam.edu.ar](mailto:iram@fceqyn.unam.edu.ar).
- **Ramírez, M (1996).** *“Elaboración de jamonada utilizando mezclas de carnes rojas (vacuno y cerdo) y pescado gamitana (Colossoma macropomum)”*. Tesis Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.
- **Raoult-Wack, A.L. (1994).** *“Recent advances in the osmotic dehydration of foods”*. Trends in Food Science and Technology, 5, 255–260.
- **Reyes M., Corzo O, Bracho N y Rodríguez Y (2008).** *“Optimización de la Deshidratación Osmótica con Pulso de Vacío de Láminas de Sardinas (Maracaibo)”* v.18 n.3 Maracaibo ISSN 0798-2259.
- **Roberti, D. (2011).** *“Cinética del secado convectivo del camarón dulceacuícola (Macrobrachium jelskii) a dos temperaturas y dos velocidades de aire”*. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2 (1): 158-172. ISSN: 2218-4384 (versión en línea) <http://www.rvcta.org>.
- **Rahman, M.S. (2003).** *“Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango”*. Food Res. Int. 36: 65-71.
- **Rodríguez. M, (2009).** *“Color en los alimentos”* Información alimentaria. Eroski consumer Portada > Seguridad alimentaria > Ciencia y tecnología de los

alimentos - See more at: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-tecnologia>.

- **Saldaña, G. (1998).** “*Policultivo semi intensivo experimental de gamitana Colossoma macropomum con tilapia híbrida (Oreochromis hornorum x O. Niloticus) en estanques*” hidrobios XII (1-2): Trujillo.
- **Singh, P. (1997).** “*Introducción a la Ingeniería de Alimentos*”. Editorial Acriba. S.A., Zaragoza – España.
- **Solari, F (2006).** “*Variaciones en la composición proteica del músculo de Colossoma macropomun (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae)*”, provenientes de criaderos durante su almacenamiento en frío. UNMSM Lima – Perú.
- **Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., Jorgensen, B. y Kristbergsson, K. 2002.** “*Application of Quality Index Method (QIM) scheme in shelf-life study of farmed Atlantic salmon (Salmo salar)*”. Journal of Food Science 67(4): 1570–1579.
- **Telis, J., Kohayakawa, N., Silveira, V. J., Pedro, M. y Gabas, A.L., (2005).** “*Enthalpy-entropy compensation based on isotherms of mango*”. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, p. 293-303, 2005.
- **Tello B. (2003).** “*Secado de filetes de tilapia (Oreochromis sp) por flujo de aire caliente*”. Facultad de Ingeniería Agroindustrial – UNSM.
- **Togrul, H. y Arslan, N. (2007).** “*Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of walnut kernels*. Journal of stored “products research 43, 252 – 264.
- **Usca, S (2010)** “*Pre-tratamiento osmótico y secado por flujo de aire caliente de filetes de tilapia oreochromis niloticus*”. Tesis Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.
- **Vega, A., Andrés, A., y Fito P. (2005).** “*Modelo de la cinetica de secado del Pimenton Rojo (capsicum annwm L. cv lamuyo)*”. Información tecnologica. Vol. 6. P.: 3 – 11.
- **Wyszecki G. y stiles W. (1982).** “*Color Science. Concepts and Methods Quantitative Data and Formulae*”. 2nd Edition. John Wileny & Son, New Yprk, pp 117-248.
- **Zapata, E. y Castro, G. (1999).** “*Deshidratación osmótica de frutas y vegetales*”. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 52(1): 451-466.



## VIII. ANEXO

### Anexo 01: DATOS QUE SON REPRESENTADOS EN LAS GRÁFICAS DE EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y CONCENTRACIÓN DE NaCl, VELOCIDAD DE SECADO, ACTIVIDAD DE AGUA, ISOTERMAS DE ADSORCIÓN Y CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN

**Cuadro 16:** Datos que son representados en la gráfica del efecto de la temperatura del aire y concentración de NaCl.

TIEMPO	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
(Hora)	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.5	0.88835	0.88951	0.89007	0.82153	0.82815	0.84595	0.84491	0.87966	0.88368
1	0.80033	0.81002	0.80537	0.68272	0.67916	0.70541	0.71914	0.73292	0.758
1.5	0.72453	0.74801	0.73697	0.5779	0.5777	0.61351	0.60957	0.63199	0.67525
2	0.65852	0.6717	0.6816	0.50425	0.5064	0.55405	0.51855	0.54037	0.59953
2.5	0.60473	0.62037	0.63844	0.45326	0.45064	0.4973	0.45991	0.48525	0.53474
3	0.56072	0.58777	0.60423	0.40793	0.40676	0.46216	0.40821	0.43168	0.48478
3.5	0.51893	0.55154	0.56655	0.3711	0.3766	0.43243	0.36963	0.39208	0.44184

<b>4</b>	0.48285	0.51828	0.54375	0.34278	0.35101	0.40541	0.33108	0.35792	0.40984
<b>4.5</b>	0.46085	0.49682	0.52339	0.31728	0.32815	0.38378	0.30485	0.32997	0.38251
<b>5</b>	0.43966	0.47774	0.50221	0.29178	0.30804	0.36216	0.28324	0.30512	0.35441
<b>5.5</b>	0.4101	0.45026	0.48267	0.27195	0.29433	0.34595	0.26318	0.28571	0.33411
<b>6</b>	0.39217	0.43377	0.46313	0.25779	0.28245	0.33243	0.2462	0.27019	0.31772
<b>6.5</b>	0.38505	0.42466	0.44847	0.24929	0.27331	0.32432	0.23309	0.25776	0.30367
<b>7</b>	0.36957	0.41310	0.44463	0.24363	0.266	0.31892	0.22383	0.24767	0.29196
<b>7.5</b>	0.3649	0.40323	0.43322	0.23513	0.2596	0.31081	0.21765	0.24146	0.28571
<b>8</b>	0.36186	0.39210	0.42264	0.22946	0.25411	0.30541	0.21302	0.23602	0.28025

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 17:** Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 40°C y concentraciones (5, 10 y 15%).

Hora.	40°C					
	5% NaCl		10% NaCl		15% NaCl	
	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg g.s.s.	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg .s.s.	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg .s.s.
<b>0</b>	3.5995374	1.9926359	3.1541286	1.9059996	2.6940105	1.9492317
<b>0.5</b>	3.1109855	1.5594542	2.7342965	1.3861815	2.3136196	1.5018641
<b>1</b>	2.7118029	1.3428633	2.4194223	1.0829543	2.0143963	1.2128395
<b>1.5</b>	2.3662418	1.1695906	2.1155965	1.2995452	1.7724965	0.9817971
<b>2</b>	2.0743022	0.9529998	1.833867	0.9096816	1.5799264	0.7652946
<b>2.5</b>	1.8359842	0.7797271	1.6460473	0.5631362	1.4287121	0.6065971
<b>3</b>	1.627456	0.7364089	1.4968964	0.6064544	1.2882081	0.6681256
<b>3.5</b>	1.4368016	0.6497726	1.3477456	0.5631362	1.1700042	0.4042798
<b>4</b>	1.2938108	0.3898635	1.2262152	0.3898635	1.085651	0.3610148

4.5	1.1865677	0.3898635	1.1378295	0.3032272	1.0044639	0.3755547
5	1.0614507	0.5198181	1.0383956	0.4764999	0.9248795	0.3464749
5.5	0.9482497	0.3032272	0.9389616	0.3032272	0.8485004	0.3464749
6	0.8886702	0.1299545	0.8837205	0.1299545	0.7816588	0.2599448
6.5	0.8350486	0.259909	0.8395277	0.2165909	0.7455019	0.0680892
7	0.787385	0.0866363	0.7898107	0.1732727	0.7156968	0.2023172
7.5	0.7695112	0.0433182	0.7456179	0.1732727	0.6727189	0.1876
8	0.3817766	--	0.3617607	--	0.3260205	--

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 18:** Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 50°C y concentración (5, 10 y 15%).

Hora.	50°C					
	5% NaCl		10% NaCl		15% NaCl	
	Velocidad de secado kg/m <sup>2</sup> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.	Velocidad de secado kg/m <sup>2</sup> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.	Velocidad de secado kg/m <sup>2</sup> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.
0	3.2313858	3.1622266	3.1180027	2.0792723	2.6065758	2.512454
0.5	2.4910357	2.4691358	2.582895	1.9059996	2.0280643	2.2958631
1	1.9215356	1.8626814	2.117584	1.5594542	1.5746364	1.4728179
1.5	1.5058005	1.2995452	1.7569679	1.1262725	1.277563	0.996318
2	1.2153554	0.9096816	1.4719649	0.996318	1.0482432	0.9096816
2.5	0.9932504	0.7797271	1.2276766	0.8230453	0.8710415	0.5631362
3	0.8053153	0.6497726	1.0473686	0.5198181	0.7459579	0.4764999
3.5	0.6515503	0.5198181	0.919408	0.4331817	0.6365098	0.4331817
4	0.5262603	0.4331817	0.8147131	0.3465454	0.5374853	0.3898636

4.5	0.4123603	0.4331817	0.7216508	0.3465454	0.4488845	0.3465454
5	0.3041553	0.3898636	0.6460378	0.2165909	0.3759191	0.259909
5.5	0.2244252	0.2165909	0.5936903	0.1732727	0.3185891	0.2165909
6	0.1731702	0.1732727	0.5529756	0.1299545	0.2768946	0.1299545
6.5	0.1390002	0.0866363	0.5180773	0.1299545	0.2508355	0.0866363
7	0.1048302	0.1732727	0.4831789	0.1299545	0.2247765	0.1299545
7.5	0.0706602	0.0866363	0.454097	0.0866363	0.1987174	0.0866363
8	0.0296351	--	0.2212321	--	0.0941469	--

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 19:** Datos que son representados en la gráfica de velocidad de secado a temperatura del aire a 60°C y concentración (5, 10 y 15%).

Hora (min).	60°C					
	5% NaCl		10% NaCl		15% NaCl	
	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.	Velocidad de secado kg/m <sub>2</sub> h	Humedad de equilibrio kg.agua/kg. s.s.
0	3.49136	2.772363	3.13261	2.238076	2.680005	2.165909
0.5	2.804516	2.209227	2.54541	2.729061	2.203984	2.339181
1	2.231151	1.949318	2.000884	1.87709	1.796621	1.516136
1.5	1.741402	1.602772	1.577544	1.703943	1.485376	1.4295
2	1.377076	1.039636	1.254923	1.025118	1.210749	1.169591
2.5	1.108311	0.909682	1.015957	0.996291	0.991047	0.909682
3	0.887327	0.693091	0.811114	0.736478	0.807963	0.823045
3.5	0.702178	0.649773	0.648946	0.635305	0.661495	0.563136

<b>4</b>	0.546891	0.4765	0.512391	0.519812	0.547067	0.519818
<b>4.5</b>	0.42744	0.389864	0.396305	0.462159	0.437216	0.519818
<b>5</b>	0.325907	0.346545	0.298996	0.360986	0.341096	0.389864
<b>5.5</b>	0.236318	0.303227	0.222199	0.28864	0.267862	0.303227
<b>6</b>	0.164648	0.216591	0.160748	0.231172	0.20836	0.259909
<b>6.5</b>	0.110895	0.173273	0.111236	0.187653	0.158012	0.216591
<b>7</b>	0.069087	0.129955	0.075399	0.115493	0.121395	0.129955
<b>7.5</b>	0.039224	0.086636	0.049785	0.101173	0.098509	0.086636
<b>8</b>	0.01364	--	0.018912	--	0.044677	--

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 20:** Datos que son representados en la gráfica de actividad de agua para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente.

<b>Hora (Min).</b>	<b>40°C</b>			<b>50°C</b>			<b>60°C</b>		
	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>
<b>0</b>	0.981	0.957	0.963	0.978	0.945	0.939	0.967	0.964	0.969
<b>1</b>	0.974	0.946	0.942	0.966	0.923	0.918	0.953	0.915	0.917
<b>2</b>	0.964	0.94	0.917	0.95	0.897	0.9	0.937	0.894	0.882
<b>3</b>	0.958	0.934	0.907	0.939	0.874	0.882	0.925	0.859	0.849
<b>4</b>	0.95	0.912	0.897	0.929	0.851	0.838	0.908	0.827	0.817
<b>5</b>	0.942	0.894	0.87	0.839	0.833	0.824	0.877	0.793	0.787
<b>6</b>	0.931	0.872	0.844	0.825	0.802	0.798	0.842	0.747	0.76

<b>7</b>	0.922	0.841	0.816	0.792	0.771	0.745	0.826	0.701	0.696
<b>8</b>	0.915	0.832	0.793	0.763	0.736	0.719	0.772	0.665	0.653

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 21:** Datos que son representados en la gráfica de isotermas de adsorción para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente.

<b>Aw</b>	<b>40°C</b>			<b>50°C</b>			<b>60°C</b>		
	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>	<b>5% NaCl</b>	<b>10% NaCl</b>	<b>15% NaCl</b>
<b>0</b>	0.06094	0.03038	0.07314	0.06128	0.01648	0.07118	0.09038	0.11333	0.02368
<b>0.11</b>	0.08505	0.03348	0.05465	0.09066	0.04235	0.10047	0.09505	0.16737	0.10071
<b>0.23</b>	0.10386	0.11590	0.08840	0.06442	0.06701	0.10812	0.15514	0.08339	0.07645
<b>0.5</b>	0.27050	0.24222	0.17202	0.14238	0.29680	0.16396	0.09471	0.23358	0.08344
<b>0.64</b>	0.42407	0.30132	0.20123	0.18423	0.36348	0.21101	0.16641	0.36644	0.35457
<b>0.87</b>	0.52446	0.56247	0.65037	0.72053	0.77541	0.70942	0.43661	0.59321	0.65001

<b>0.93</b>	0.71370	0.85380	1.00770	1.10661	1.05432	1.22003	0.59496	0.91353	0.83953
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 22:** Datos que son representados en la gráfica de capacidad de rehidratación para filetes de gamitana durante el secado con aire caliente

N°	40°C			50°C			60°C		
	5% NaCl	10% NaCl	15% NaCl	5% NaCl	10% NaCl	15% NaCl	5% NaCl	10% NaCl	15% NaCl
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1</b>	3.5245	3.386	3.6106	4.0698	3.7803	3.6752	3.9752	3.7803	3.6698
<b>2</b>	6.3598	5.7569	5.8867	6.9974	6.4978	6.2297	6.7297	6.4978	5.7974
<b>3</b>	7.9455	7.2184	7.2252	8.7197	8.0853	7.6269	8.8269	8.4853	7.6197
<b>4</b>	9.0886	8.1806	8.0901	9.6953	9.0431	8.5282	10.6282	10.2431	9.3953
<b>5</b>	9.8787	8.8258	8.6006	10.438	9.6529	9.0812	11.3735	10.7529	9.838
<b>6</b>	10.3654	9.2942	9.0139	10.963	10.1258	9.5322	12.1245	11.2258	10.363
<b>7</b>	10.6805	9.6173	9.4002	11.2471	10.3279	9.7865	12.3788	11.5279	10.8471
<b>8</b>	10.8899	9.8246	9.627	11.5355	10.5293	9.9354	12.6277	11.7293	11.0355

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Anexo 2: FICHA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADO POR FLUJO DE AIRE CALIENTE.**

### **ANALISIS SENSORIAL DE LOS FILETES DESHIDRATADOS**

El análisis sensorial para los 9 tratamientos de filetes deshidratados se realizó utilizando una prueba de escala hedónica de cinco puntos que se muestra seguidamente:

Panelista : \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_/\_\_/\_\_

Hora : \_\_\_\_\_

Muestra : Filetes de gamitana deshidratada. \_\_\_\_\_ :

Frete a Ud. Tiene muestras de Gamitanas deshidratadas. Por favor marque con un número que le corresponda de acuerdo a la escala de su opinión con respecto al color, olor, texturas y apariencia general.

<b>ESCALA</b>	<b>PUNTAJE</b>
MUY BUENO	1
BUENO	2
NI BUENO NI MALO	3
MALO	4
MUY MALO	5

<b>Códigos</b>	<b>COLOR</b>	<b>OLOR</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>APARIENCIA</b>
<b>159</b>				
<b>789</b>				
<b>777</b>				
<b>631</b>				
<b>745</b>				
<b>345</b>				
<b>258</b>				
<b>357</b>				
<b>456</b>				

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Gracias por su participación y colaboración



### Anexo 3: CÁLCULOS DEL ANVA Y PRUEBA DE TUCKEY PARA LOS ATRIBUTOS DE FILETES DE GAMITANA DESHIDRATADO.

Los resultados del análisis sensorial, desarrollo del Análisis de varianza en la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para los promedios de atributos de: APARIENCIA GENERAL, COLOR, OLOR Y TEXTURAS de los nueve tratamientos de filete de gamitana (*Colossoma macropomum*) se muestran a continuación con 10 jueces.

**Cuadro 23:** Atributo de apariencia general.

Temperatura ( °C)		40			50			60			
Concentración de sal	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	Total	
Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	1	0	0	0	0	1	2	1	0	5	
2	1	0	0	0	2	0	1	1	1	6	
3	0	1	1	0	1	1	2	1	1	8	
4	-1	0	1	-2	0	2	2	2	0	4	
5	0	1	1	-1	0	0	1	2	1	5	
6	-1	1	1	-1	0	1	1	2	1	5	
7	1	2	1	0	1	2	2	0	1	10	
8	-1	1	-1	-1	-1	1	1	2	2	3	
9	-1	0	1	1	-1	0	2	1	2	5	
10	-1	0	1	-1	-1	1	2	1	1	3	
<b>Total</b>	-2	6	6	-5	1	9	16	13	10	<b>54</b>	
<b>Promedio</b>	<b>-0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	<b>1</b>		

#### 1. CÁLCULOS

- Suma  $Y^2$  =  $((1)^2 + (0)^2 + (0)^2 + (0)^2 + \dots + (1)^2 = 118$
- Factor de corrección =  $(54)^2 / (10 * 9) = 32,4$   
= 32.4
- Suma de bloques =  $((5)^2 + (6)^2 + (8)^2 + \dots + (3)^2) / (9 - 32,4) = 4,72$   
= 4,72
- Suma de tratamiento =  $((-2)^2 + (6)^2 + (6)^2 + \dots + (10)^2) / 10 = 38,4$   
= 38,4

- $SUMA_{yy} = 118 - 32.4 - 4,72 - 38,4 = 42,49$   
 $= 42,49$

	a0	a1	a2	
b0	-2	-5	16	9
b1	6	1	13	20
b2	6	9	10	25
	10	5	39	

- $A_{yy} = 9^2 + 20^2 + 25^2 / 30 - 32,4$   
 $= 4,47$
- $B_{yy} = 10^2 + 5^2 + 39^2 / 30 - 32,4$   
 $= 22,47$
- $A_{byy} = 42,49 - 4,47 - 22,47$   
 $= 15,56$

**Cuadro 24:** Atributo de apariencia general ANOVA.

APARIENCIA GENERAL	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F = calculado	F = 0.05	nivel de sig
JUECES	9	4.7111111	0.5234568	0.8870293	2.0131	N:S
TRATAMIENTOS	8	38.4	4.8	8.1338912		
Temperatura	2	4.4666667	2.2333333	3.7845188	3.12432	*
Concentración de NaCl	2	22.466667	11.233333	19.035565	3.12432	**
A * B	4	15.555556	3.888889	6.5899582	2.49934	*
ERROR	72	42.488889	0.5901235			
TOTAL	89	128.08889				

2. Prueba de TUCKEY Calculo del error Estándar:

- $S_x = \sqrt{(CME / n)}$
- $S_x = \sqrt{(0,59 / 10)}$
- $S_x = 0.256064987$

3. Por lo tanto DL con 72 G.L de Error

- $Q_{\alpha} (0.05) (9, 72) = 4.424$
- $W = S_x * Q$
- $W (A.E.S) = 1,0750$

**Cuadro 25:** Promedios de Tratamientos para Atributo de apariencia general.

<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>D</b>
1,6	1,3	1	0,9	0,6	0,6	0,1	-0,2	-0,5

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 26:** Significancia para los atributos de apariencia general.

<b>Componentes</b>	<b>Diferencias Absolutas</b>	<b>DLS</b>	<b>Significancia</b>
G - H	0,3	10,750	n.s
G - I	0,6	10,750	n.s
G - F	0,7	10,750	n.s
G - B	1	10,750	n.s
G - C	1	10,750	n.s
G - E	1,5	10,750	**
G - A	1,8	10,750	**
G - D	2,1	10,750	**
H - I	0,3	10,750	n.s
H - F	0,4	10,750	n.s
H - B	0,7	10,750	n.s
H - C	0,7	10,750	n.s
H - E	1,2	10,750	*
H - A	1,5	10,750	**
H - D	1,8	10,750	**
I - F	0,1	10,750	n.s
I - B	0,4	10,750	n.s
I - C	0,4	10,750	n.s
I - E	0,9	10,750	n.s
I - A	1,2	10,750	*
I - D	1,5	10,750	**
F - B	0,3	10,750	n.s
F - C	0,3	10,750	n.s
F - E	0,8	10,750	n.s
F - A	1,1	10,750	n.s
F - D	1,4	10,750	**
B - C	0	10,750	n.s
B - E	0,5	10,750	n.s
B - A	0,8	10,750	n.s
B - D	1,1	10,750	n.s
D - E	0,5	10,750	n.s
D - A	0,8	10,750	n.s
D - D	1,1	10,750	n.s
E - A	0,3	10,750	n.s
E - D	0,6	10,750	n.s
A - D	0,3	10,750	n.s

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 27:** Atributo de textura

Temperatura ( °C)		40			50			60			
Concentración de NaCl	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	Total	
Jueces	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	2	1	1	-1	2	2	2	2	2	13	
2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	4	
3	-1	2	1	0	1	1	1	1	2	8	
4	0	-1	1	-1	1	0	0	2	0	2	
5	-1	1	0	-1	0	1	1	1	0	2	
6	0	2	1	0	1	0	2	1	0	7	
7	1	-1	-1	1	2	1	1	0	1	5	
8	0	0	0	-1	1	0	2	1	1	4	
9	0	0	0	-1	-2	0	1	2	2	2	
10	-1	1	1	-1	1	0	1	1	2	5	
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>-5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>52</b>	
<b>Promedio</b>	<b>0,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1</b>		

**Cuadro 28:** Atributo de apariencia general ANOVA.

TEXTURA	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F = calculado	F = 0.05	nivel de sig
<b>JUECES</b>	9	11.733333	1.3037037	1.9447514	2.0131	N:S
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	23.955556	2.9944444	4.4668508		
<b>Temperatura</b>	2	4.9555556	2.4777778	3.6961326	3.12432	*
<b>Concentración de Nacl</b>	2	14.155556	7.0777778	10.558011	3.12432	**
<b>A * B</b>	4	29.155556	7.2888889	10.872928	2.49934	**
<b>ERROR</b>	72	48.266667	0.6703704			
<b>TOTAL</b>	89	132.22222				

2. Prueba de TUCKEY Calculo del error Estándar:

- $S_x = \sqrt{(CME / n)}$
- $S_x = \sqrt{(0,6703 / 10)}$
- $S_x = 0.272920501$

3. Por lo tanto DL con 72 G.L de Error

- $Q_{\alpha} (0.05) (9, 72) = 4.424$
- $W = S_x * Q$
- $W (A.E.S) = 1.2074003$

**Cuadro 29:** Promedios de Tratamientos

<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>D</b>
1,2	1,2	1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,1	-0,5

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 30:** Significancia para el atributo de Textura.

<b>componentes</b>	<b>Diferencias Absolutas</b>	<b>DLS</b>	<b>Significancia</b>
G - H	0	1.2074003	n.s
G - I	0,2	1.2074003	n.s
G - E	0,5	1.2074003	n.s
G - B	0,6	1.2074003	n.s
G - F	0,7	1.2074003	n.s
G - C	0,8	1.2074003	n.s
G - A	1,1	1.2074003	n.s
G - D	0,2	1.2074003	n.s
H - I	0,5	1.2074003	n.s
H - E	0,6	1.2074003	n.s
H - B	0,7	1.2074003	n.s
H - F	0,8	1.2074003	n.s
H - C	1,1	1.2074003	n.s
H - A	1,7	1.2074003	**
H - D	0,3	1.2074003	n.s
I - E	0,4	1.2074003	n.s
I - B	0,5	1.2074003	n.s
I - F	0,6	1.2074003	n.s
I - C	0,9	1.2074003	n.s
I - A	1,5	1.2074003	**
I - D	0,1	1.2074003	n.s
E - B	0,2	1.2074003	n.s
E - F	0,3	1.2074003	n.s
E - C	0,6	1.2074003	n.s
E - A	1,2	1.2074003	n.s
E - D	0,1	1.2074003	n.s
B - F	0,2	1.2074003	n.s
B - C	0,5	1.2074003	n.s
B - A	1,1	1.2074003	n.s
B - D	0,6	1.2074003	n.s
F - C	0,1	1.2074003	n.s
F - A	0,4	1.2074003	n.s
F - D	1	1.2074003	n.s
C - A	0,3	1.2074003	n.s

C - D	0,9	1.2074003	n.s
A - D	0,6	1.2074003	n.s

Fuente: Elaboración propia.

### 3. ATRIBUTO: OLOR

Cuadro 31: Atributo de olor

Temperatura ( °C)	40			50			60			Total
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	
<b>Jueces</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	7
2	0	1	1	1	0	0	0	1	1	5
3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
5	0	1	1	1	0	1	1	1	0	6
6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7
7	1	1	0	1	1	0	1	1	1	7
8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
10	1	0	1	1	0	1	1	1	1	7
<b>Total</b>	8	8	8	8	5	8	8	10	9	72
<b>Promedio</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	1	0,9	

Cuadro 32: Atributo de olor ANOVA

OLOR	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F = calculado	F = 0.05	nivel de sig
<b>JUECES</b>	9	1.2888889	0.1432099	0.8804554	2.0131	N:S
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	1.4	0.175	1.0759013		
<b>Temperatura</b>	2	0.0666667	0.0333333	0.2049336	3.12432	N:S
<b>Concentración de NaCL</b>	2	0.6	0.3	1.8444023	3.12432	N:S
<b>A * B</b>	4	11.044444	2.7611111	16.975332	2.49934	**
<b>ERROR</b>	72	11.711111	0.1626543			
<b>TOTAL</b>	89	26.111111				

2. Prueba de TUCKEY Calculo del error Estándar:



- $S_x = \sqrt{(CME / n)}$
- $S_x = \sqrt{(0,1626543 / 9)}$
- $S_x = 0.134434743$

3. Por lo tanto DL con 72 G.L de Error

- $Q_a(0.05)(9, 72) = 4,424$
- $W = S_x * Q$
- $W(A.E.S) = 0.594739301$

**Cuadro 33:** Atributo de olor.

H	I	A	B	C	D	F	G	E
1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 34:** Significancia para el atributos de Olor.

<b>Componentes</b>	<b>Diferencias Absolutas</b>	<b>DLS</b>	<b>Significancia</b>
H - I	0,1	0.594739301	n.s
H - A	0,2	0.594739301	n.s
H - B	0,2	0.594739301	n.s
H - C	0,2	0.594739301	n.s
H - D	0,2	0.594739301	n.s
H - F	0,2	0.594739301	n.s
H - G	0,2	0.594739301	n.s
H - E	0,5	0.594739301	n.s
I - A	0,1	0.594739301	n.s
I - B	0,1	0.594739301	n.s
I - C	0,1	0.594739301	n.s
I - D	0,1	0.594739301	n.s
I - F	0,1	0.594739301	n.s
I - G	0,1	0.594739301	n.s
I - E	0,4	0.594739301	n.s
A - B	0	0.594739301	n.s
A - C	0	0.594739301	n.s
A - D	0	0.594739301	n.s
A - F	0	0.594739301	n.s
A - G	0	0.594739301	n.s
A - E	0,3	0.594739301	n.s
B - C	0	0.594739301	n.s
B - D	0	0.594739301	n.s
B - F	0	0.594739301	n.s
B - G	0	0.594739301	n.s
B - E	0,3	0.594739301	n.s
C - D	0	0.594739301	n.s
C - F	0	0.594739301	n.s
C - G	0	0.594739301	n.s

C - E	0,3	0.594739301	n.s
D - F	0	0.594739301	n.s
D - G	0	0.594739301	n.s
D - E	0,3	0.594739301	n.s
F - G	0	0.594739301	n.s
F - E	0,3	0.594739301	n.s
G - E	0,3	0.594739301	n.s

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 35:** Atributo de Color

Temperatura ( °C)	40			50			60			Total
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	
<b>Jueces</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1	0	1	-1	0	1	1	2	2	7
2	1	1	0	0	-1	0	1	2	1	5
3	0	1	0	0	0	0	1	1	1	4
4	1	0	0	1	-1	0	2	1	0	4
5	1	1	1	-1	0	1	1	1	0	5
6	0	0	1	0	-1	1	1	1	1	4
7	0	1	1	0	0	2	1	1	1	7
8	0	1	0	1	0	0	2	1	2	7
9	0	1	1	1	0	0	1	1	1	6
10	1	1	1	1	-1	1	1	1	2	8
<b>Total</b>	5	7	6	2	-4	6	12	12	11	57
<b>Promedio</b>	0,5	0,7	0,6	0,2	-0,4	0,6	1,2	1,2	1,1	

**Cuadro 36:** Atributo de color ANOVA.

COLOR	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F = calculado	F = 0.05	nivel de sig
<b>JUECES</b>	9	2.2333333	0.2481482	0.707124	2.0131	N:S
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	21.4	2.675	7.6226913		
<b>Temperatura</b>	2	1.0666667	0.5333333	1.5197889	3.12432	N:S
<b>Concentración de Sal</b>	2	16.066667	8.0333333	22.891821	3.12432	**
<b>A * B</b>	4	8.1333333	2.0333333	5.7941953	2.49934	*
<b>ERROR</b>	72	25.266667	0.3509259			

<b>TOTAL</b>	89	74.166667				
--------------	----	-----------	--	--	--	--

2. Prueba de TUKEY Calculo del error Estándar:

- $S_x = \sqrt{(CME / n)}$
- $S_x = \sqrt{(0,3509259 / 9)}$
- $S_x = 0.19746333$

3. Por lo tanto DL con 72 G.L de Error

- $Q_{\alpha} (0.05) (9, 72) = 4,424$
- $W = S_x * Q$
- $W (A.E.S) = 0.87357777$

**Cuadro 37:** Atributo de olor.

<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
1,2	1,2	1,1	0,7	0,6	0,6	0,5	0,2	-0,4

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 38:** Significancia para el atributos de Color.

<b>Componentes</b>	<b>Diferencias Absolutas</b>	<b>DLS</b>	<b>Significancia</b>
G - H	0	0.87357777	n.s
G - I	0,1	0.87357777	n.s
G - B	0,5	0.87357777	n.s
G - C	0,6	0.87357777	n.s
G - F	0,6	0.87357777	n.s
G - A	0,7	0.87357777	n.s
G - D	1	0.87357777	*
G - E	1,6	0.87357777	**
H - I	0,1	0.87357777	n.s
H - B	0,5	0.87357777	n.s
H - C	0,6	0.87357777	n.s
H - F	0,6	0.87357777	n.s
H - A	0,7	0.87357777	n.s
H - D	1	0.87357777	*
H - E	1,6	0.87357777	**
I - B	0,4	0.87357777	n.s
I - C	0,5	0.87357777	n.s
I - F	0,5	0.87357777	n.s
I - A	0,6	0.87357777	n.s
I - D	0,9	0.87357777	*
I - E	1,5	0.87357777	**
B - C	0,1	0.87357777	n.s
B - F	0,1	0.87357777	n.s
B - A	0,2	0.87357777	n.s

B - D	0,5	0.87357777	n.s
B - E	1,1	0.87357777	**
C - F	0	0.87357777	n.s
C - A	0,1	0.87357777	n.s
C - D	0,4	0.87357777	n.s
C - E	1	0.87357777	**
F - A	0,1	0.87357777	n.s
F - D	0,4	0.87357777	n.s
F - E	1	0.87357777	**
A - D	0,3	0.87357777	n.s
A - E	0,9	0.87357777	*
D - E	0,6	0.87357777	n.s

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 39:** ANOVA para las características de olor, color, sabor, textura y apariencia general para filetes deshidratados de gamitana

<b>APARIENCIA GENERAL</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F = calculado</b>	<b>F = 0.05</b>	<b>nivel de sig</b>
JUECES	9	4.7111111	0.5234568	0.8870293	2.0131	N:S
TRATAMIENTOS	8	38.4	4.8	8.1338912		
Temperatura	2	4.4666667	2.2333333	3.7845188	3.12432	*
Concentración de NaCl	2	22.466667	11.233333	19.035565	3.12432	**
A * B	4	15.555556	3.8888889	6.5899582	2.49934	*
ERROR	72	42.488889	0.5901235			
TOTAL	89	128.08889				
<b>TEXTURA</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F = calculado</b>	<b>F = 0.05</b>	<b>nivel de sig</b>
JUECES	9	11.733333	1.3037037	1.9447514	2.0131	N:S
TRATAMIENTOS	8	23.955556	2.9944444	4.4668508		
Temperatura	2	4.9555556	2.4777778	3.6961326	3.12432	*
Concentración de NaCl	2	14.155556	7.0777778	10.558011	3.12432	**
A * B	4	29.155556	7.2888889	10.872928	2.49934	**
ERROR	72	48.266667	0.6703704			
TOTAL	89	132.22222				
<b>OLOR</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F = calculado</b>	<b>F = 0.05</b>	<b>nivel de sig</b>
JUECES	9	1.2888889	0.1432099	0.8804554	2.0131	N:S
TRATAMIENTOS	8	1.4	0.175	1.0759013		
Temperatura	2	0.0666667	0.0333333	0.2049336	3.12432	N:S

Concentración de NaCl	2	0.6	0.3	1.8444023	3.12432	N:S
A * B	4	11.044444	2.7611111	16.975332	2.49934	**
ERROR	72	11.711111	0.1626543			
TOTAL	89	26.111111				
<b>COLOR</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F = calculado</b>	<b>F = 0.05</b>	<b>nivel de sig</b>
JUECES	9	2.2333333	0.2481482	0.707124	2.0131	N:S
TRATAMIENTOS	8	21.4	2.675	7.6226913		
Temperatura	2	1.0666667	0.5333333	1.5197889	3.12432	N:S
Concentración de Sal	2	16.066667	8.0333333	22.891821	3.12432	**
A * B	4	8.1333333	2.0333333	5.7941953	2.49934	*
ERROR	72	25.266667	0.3509259			
TOTAL	89	74.166667				

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **Anexo 4: TABLA QIM PARA DETERMINAR LA FRESCURA Y CALIDAD DEL PESCADO.**

<b>Parámetros de calidad de fresca</b>		<b>Descripción</b>	<b>Puntuación QIM</b>
<b>Piel</b>	Color/Aspecto	Piel brillante y erizada.	<b>0</b>
		Perdida de irisación.	<b>1</b>
		Color amarillento generalizado, más intenso en zona abdominal.	<b>2</b>
	Mucus	Transparente, fluido.	<b>0</b>
		Lechoso, espeso.	<b>1</b>
		Amarillo y espeso.	<b>2</b>
	Olor	Fresco a algas, neutro.	<b>0</b>
		Pepino, metálico, paja.	<b>1</b>
		Agrio, trapo mojado (mohoso).	<b>2</b>
		Podrido	<b>3</b>
	Textura	En rigor	<b>0</b>
		Se recupera rápidamente a la presión del dedo.	<b>1</b>
La presión del dedo deja marca durante 3 segundos.		<b>2</b>	
<b>Ojos</b>	Pupilas	Nítidas y negras, brillo metálico.	<b>0</b>
		Gris oscuro.	<b>1</b>
		Mate, gris	<b>2</b>
	Forma	Convexa	<b>0</b>
		Plana	<b>1</b>
		Hundida	<b>2</b>
		Rojo/marrón oscuro.	<b>0</b>

<b>Branquias</b>	Color	Rojo pálido, rosa/marrón claro.	<b>1</b>
		Pardas y decoloradas, marrón, gris, verde	<b>2</b>
	Mucus	Transparente	<b>0</b>
		Lechoso, espeso	<b>1</b>
		Marrón y espeso.	<b>2</b>
	Olor	Fresco, algas.	<b>0</b>
		Metal, pepino.	<b>1</b>
Agrio, mohoso.		<b>2</b>	
Podrido.		<b>3</b>	
<b>Abdomen</b>	Sangre en abdomen	Sangre rojo/ no presente.	<b>0</b>
		Sangre más marrón, amarillenta.	<b>1</b>
	Olor	Neutro.	<b>0</b>
		Pepino, melón.	<b>1</b>
		Agrio, recuerda a fermentado.	<b>2</b>
		Podrido, col podrida.	<b>3</b>
<b>Puntuación total QIM</b>			<b>0 - 24</b>

**Fuente:** Sveinsdottir e t al., (2002).



## Anexo 5: RM N° 591-2008 "NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS DE CALIDAD SANITARIA"

NTS N° 071 - MINSADIGESA-V.01  
 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD  
 PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

<b>XI.4 Moluscos y crustáceos precocidos y cocidos (refrigerados o congelados).</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clases	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos (30° C) (*)	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<i>Escherichia coli</i>	6	2	5	0	1	10 <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	3 x 10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
(*) Productos desconchados excepto carne de cangrejo m = 5 x 10 <sup>4</sup> M= 5 x 10 <sup>5</sup> , carne de cangrejo m = 10 <sup>3</sup> M=10 <sup>5</sup> .						
<b>XI.5 Productos hidrobiológicos ahumados en caliente.</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clases	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<i>Enterobacteriaceas</i>	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
Anaerobios sulfito reductores (*)	5	3	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
(*) Solo para productos empacados al vacío.						
<b>XI.6 Productos hidrobiológicos secos, seco-salados y salado.</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
<i>Enterobacteriaceas</i>	5	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Anaerobios sulfito reductores	5	3	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
<b>XI.7 Productos hidrobiológicos empanizados crudos congelados.</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	5 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>
<i>Escherichia coli</i>	4	3	5	3	10	10 <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<b>XI.8 Productos hidrobiológicos empanizados precocidos y cocidos congelados.</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<b>XI.9 Productos hidrobiológicos deshidratados (concentrados proteicos y otros de consumo humano).</b>						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Levaduras	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Enterobacteriaceas</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
<b>XII. HUEVOS Y OVOPRODUCTOS.</b>						
<b>XII.1 Huevos con cáscara.</b>						



J. HERNÁNDEZ C.



C. Reyes J.