Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Propiedades térmicas de piel y músculo de dos peces amazónicos, tilapia *(Oreochromis niloticus)* y doncella *(Pseudoplatystomapunctifer)*

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Luis Miguel Trigos Sánchez

ASESORA:

Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco

CO-ASESOR:

Ing. Dr. Ricardo Raúl Layza Castañeda

Tarapoto – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Propiedades térmicas de piel y músculo de dos peces amazónicos, tilapia *(Oreochromis niloticus)* y doncella *(Pseudoplatystomapunctifer)*

AUTOR:

Luis Miguel Trigos Sánchez

Sustentada y aprobada el 07 de diciembre del 2021, por el siguiente jurado:

Ing. Dr. Oscar Wifredo Mendieta Taboada	**Ing. Pablo Walther Paucar Lozano**
Presidente	**Secretario**
Ing. Dr. Enrique Navarro Ramírez	**Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco**
Vocal	**Asesora**

Ing. Dr. Ricardo Raúl Layza Castañeda

Co-asesor

Declaratoria de autenticidad

Luis Miguel Trigos Sánchez, con DNI N° 71597305, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Propiedades térmicas de piel y músculo de dos peces amazónicos, tilapia *(Oreochromis niloticus)* y doncella *(Pseudoplatystomapunctifer)*.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 07 de diciembre del 2021.

.....

Bach. Luis Miguel Trigos Sánchez

DNI N°: 71597305

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: TRIGOS SÁNCHEZ Luis MIGUEL	
Código de alumno : 71597305	**Teléfono:** 966 183 597
Correo electrónico : l-0131200@hotmail.com	**DNI:** 71597505

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

2. Datos Académicos

Facultad de: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	
Escuela Profesional de: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo : PROPIEDADES TÉRMICAS DE PIEL Y MÚSCULO DE DOS PECES AMAZÓNICOS, TILAPIA (Oreochromis niloticus) y DONCELLA (Pseudoplatystomapunctifer).	
Año de publicación: 2021	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

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*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

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 en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

14 / 01 / 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto – UNSM

.....
Ing. M.Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***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

A Dios, Principalmente por darme la vida, salud quien me ha guiado y ha dado la fortaleza deseguir adelante.

A mi madre, Ana María Sánchez Mozombite, quien me brindó su apoyo incondicional en todo momento, su amor, perseverancia y constancia pues sin ella no hubieralogrado salir adelante.

A mis hermanas, Milena Elizabeth Ruiz Sánchez y Ana Patricia Ruiz Sánchez quienes me brindan su apoyo en cada momento.

A mi familia, quienes me apoyaron en todo momento, a mi abuela Elisa Mozombite Camacho, a mi abuelo José Milton Sánchez Tenazoa quien está en el cielo y que siempre creyó en mí, a mis tíos y tías quienes siempre me motivaron.

Agradecimientos

A mi madre, por su constante esfuerzo, apoyo, confianza y consejo a lo largo de mi carrera universitaria, por haberme brindado los recursos necesarios para poder culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

A mi familia, por su apoyo incondicional para la culminación de este trabajo de investigación.

A mi asesora de tesis, la Dra. Mari Luz Medina Vivanco, por haberme compartido su conocimiento, su paciencia y dedicación en cada etapa de durante la realización de esta investigación. Muchas gracias por la confianza puesta en mí.

Al mi coasesor, Dr. Raúl Layza Castañeda, por el gran apoyo, durante el proceso de desarrollo de la presente investigación.

Al Ing. Richer Garay Montes, por el constante apoyo, preocupación, consejos, asesoramiento y respaldo en el laboratorio durante el desarrollo del presente trabajo de investigación. Muchas gracias por haberme brindado las facilidades para el desarrollo del proyecto.

A la Sra. Dolly Flores, técnica de laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos de la Facultad De Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martin, por la colaboración en la ejecución del trabajo de tesis.

A todos mis amigos de la universidad que me acompañaron en esta etapa, por su gran e incondicional apoyo, paciencia y alentarme siempre durante la realización de esta tesis.

Índice General

Introducción……..1

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRAFICA…….. 3
1.1 Antecedentes de la Investigación …….....3
1.2 Bases Teóricas 6
1.2.1 Tilapia (*Oreochromis niloticus*).....6
1.2.2 Doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*)..7
1.2.3 Madurez sexual en peces.....9
1.2.4 Generalidades sobre la carne de pescado 12
1.2.5 Calorimetría Diferencial de exploración (DSC) 16
1.2.6 Desnaturalización.....21
1.2.7 Generalidades sobre la carne de pescado 12

CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS…….....24
2.1 Lugar de ejecución.....24
2.2 Materia prima.....24
2.3 Equipos y materiales.....24
2.3.1 Equipo e instrumentos 24
2.3.2 Materiales de laboratorio.....24
2.2.3 Reactivos 25
2.4 Desarrollo experimental.....25
2.4.1 Análisis químico proximal 25
2.4.2 Metodología experimental.....26
2.4.3 Descripción del proceso 27
2.4.4 Determinación del calor específico en piel y músculo en la edad (juvenil y adulto) y la especie (tilapia y doncella).....27
2.4.5 Desnaturalización de proteínas en piel y músculo en la edad (juvenil y adulto) y laespecie (tilapia y doncella), en la temperatura de desnaturalización y entalpía de desnaturalización 28
2.4.6 Temperatura de congelación y entalpía de congelación.....28
2.4.7 Análisis estadístico.....28

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....30

3.1 Análisis químico proximal 30
3.2 Determinación de la capacidad calorífica del tipo de tejido (músculo y piel), de laedad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) de 5 a 40 ºC……31
3.3 Determinación de la temperatura, entalpía de desnaturalización en piel y musculo de tilapia y doncella 41
3.4 Determinación de la temperatura de congelación y entalpia de congelación del tipode tejido (músculo y piel), de la edad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella)..... 48
3.5 Determinación de la capacidad calorífica del tipo de tejido (músculo y piel), de laedad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) de 0 a -50 ºC 52

CONCLUSIONES 56

RECOMENDACIONES 58

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 59

ANEXOS…… 65

Índice de Tablas

Tabla 1: Composición proximal de la Tilapia (Oreochromis niloticus) 7
Tabla 2: Composición proximal de piel de la Tilapia (Oreochromis niloticus), (Base Seca) 7
Tabla 3: Composición proximal de la doncella (Pseudoplatystoma fasciatum) 9
Tabla 4: Composición proximal de la piel doncella (Pseudoplatystoma fasciatum), (Base Seca) 9
Tabla 5: Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia 11
Tabla 6: Tamaño de maduración sexual en doncella 11
Tabla 7: Aplicaciones del DSC en la industria alimentaria 19
Tabla 8: Composición fisicoquímica de músculo y piel de tilapia (Oreochromis niloticus) y doncella(Pseudoplatystoma punctifer), calculados en base seca 31
Tabla 9: Valor promedio de la Capacidad Calorífica en un rango de 10ºC a 38ºC en músculo y pielde tilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto 39
Tabla 10: Valor promedio de la desnaturalización de la miosina en el músculo de tilapia (Oreochromisniloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto 43
Tabla 11: Valor promedio de la desnaturalización del colágeno en la piel de tilapia (Oreochromisniloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto 44
Tabla 12: Valor promedio de la desnaturalización del colágeno en músculo de tilapia (Oreochromisniloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto 45
Tabla 13: Valor promedio de la desnaturalización de la actina en músculo de tilapia (Oreochromisniloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto 46
Tabla 14: Valor promedio de la temperatura de congelación y entalpia de congelación en músculo y pielde tilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenily adulto 49
Tabla 15: Valor promedio de la Capacidad Calorífica en un rango de -45ºC a -15ºC en músculo y piel detilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma

punctifer) en edades de juvenil yadulto.....55
Tabla 16: Datos experimentales correspondientes a la capacidad calorífica en temperaturas de 10ºC, 25ºC y 38ºC 66
Tabla 17: ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 10ºC.....67
Tabla 18: ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 25ºC.....67
Tabla 19: ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 38ºC.....68
Tabla 20: Datos experimentales correspondientes a la proteína de la miosina en musculo de tilapia ydoncella.....69
Tabla 21: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpia de la miosina 70
Tabla 22: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset de la miosina 70
Tabla 23: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la miosina.71
Tabla 24: ANOVA de los datos experimentales correspondientes TºEndset de la miosina 71
Tabla 25: Datos experimentales correspondientes al colágeno en piel de tilapia y doncella 72
Tabla 26: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la entalpia del colágeno en piel.....72
Tabla 27: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset del colágeno en la piel.....73
Tabla 28: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak del colágeno en la piel 73
Tabla 29: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al TºEndset de las proteínassarcoplasmáticas en la piel 74
Tabla 30: Datos experimentales correspondientes al colágeno de tilapia y doncella.....75
Tabla 31: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a Entalpia del colágeno en el músculo 76
Tabla 32: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset del colágeno en elmúsculo.....76
Tabla 33: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak del colágeno en el músculo.....77
Tabla 34: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al TºEndset del

colágeno en el músculo 77
Tabla 35: Datos experimentales correspondientes a la proteina actina en músculo de tilapia y doncella 78
Tabla 36: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpia de la actina 79
Tabla 37: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºOneset de la actina 79
Tabla 38: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la actina 80
Tabla 39: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºEndset de la actina 80
Tabla 40: Datos experimentales correspondientes a la TºCongelación en músculo y piel de tilapia y doncella 81
Tabla 41: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºOnset de la temperatura decongelación 82
Tabla 42: ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpía de la temperatura decongelación 82
Tabla 43: ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la temperatura decongelación 83
Tabla 44: Datos experimentales correspondientes a la capacidad calorífica en -45 a -15ºC 84
Tabla 45: ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp -45ºC 85
Tabla 46: ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp -15 85
Tabla 47: Cálculo de la cantidad de hielo mediante los datos obtenidos de Cp en congelación y Tª de congelación 86

Glosario de términos

DSC: Calorimetría Diferencial de Barrido.

Cp: Capacidad Calorífica.

T_d: Temperatura de desnaturalización.

ΔH_d: Entalpia de desnaturalización.

T_c: Temperatura de congelación.

ΔH_c: Entalpia de congelación.

SD: Desviación Estándar.

Resumen

El conocimiento de las propiedades térmicas de los alimentos es importante para su procesamiento. El objetivo del presente trabajo fue determinar la capacidad calorífica (C_P), temperatura (T_d) y entalpia (ΔH_d) de desnaturalización y temperatura (T_c) y entalpia (ΔH_c) de congelación de músculo y piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*) en dos grupos etarios (juveniles y adultos). Fue usado un calorímetro diferencial de exploración (DSC). Las C_P obtenidas en dos rangos de temperatura (de 0 a 40ºC y de 0 a -50ºC) y las T_c y ΔH_c (desde 10 a -50ºC y de -50 a 10ºC) fueron obtenidos con velocidad de calentamiento/enfriamiento de 5ºC/min. Para la determinación de las T_d y ΔH_d, se utilizó DSC modulado, 3°C/min, con periodo de 60s y amplitud de 2°C, entre 10 y 90 °C. Los valores de C_P, para el caso de músculo de la tilapia y medidos entre 0 a 40ºC, permanecieron con mínimas variaciones hasta aproximadamente 24 y 29°C para adulto y juvenil, respectivamente, a partir de las cuales, aumentaron en forma lineal con la temperatura. En el caso de la piel de tilapia, los valores de C_P, entre 26 a 32°C, la C_P disminuyó ligeramente para posteriormente aumentar con el aumento de la temperatura. Para la doncella, en todos los casos, la C_P disminuyó notoriamente entre 25 y 32°C para a continuación aumentar en forma lineal con el aumento de la T°. Las temperaturas y entalpías de desnaturalización de las proteínas del músculo presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre especies, pero no entre estados etarios. Sin embargo, en la piel, existieron diferencias significativas entre especies y entre edades. Comportamiento similar tuvieron las temperaturas y entalpias de congelación. La C_P, medida desde 0 a -50°, indicó que, para todos los casos, disminuyó exponencialmente con la disminución de la temperatura.

Palabras clave: Propiedades térmicas, piel, músculo, tilapia *(Oreochromis niloticus),* doncella *(Pseudoplatystomapunctifer.*

Abstract

The knowledge about thermal properties of foods is important for their processing. The objective of the present work was to determine the heat capacity (C_P), temperature (T_d) and enthalpy (ΔH_d) of denaturation and temperature (T_c) and enthalpy (ΔH_c) of freezing of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and catfish (*Pseudoplatystoma punctifer*) muscle and skin in two age groups (juveniles and adults). A differential scanning calorimeter (DSC) was used. The C_P obtained in two temperature ranges (from 0 to 40ºC and from 0 to-0ºC) and the T_c and ΔH_c (from 10 to -50ºC and from -50 to 10ºC) were obtained with heating/cooling rate of 5ºC/min. For the determination of T_d and ΔH_d, modulated DSC was used, 3°C/min, with period of 60s and amplitude of 2°C, between 10 and 90°C. C_P values, for tilapia muscle and measured between 0 and 40°C, remained with minimal variations until approximately 24 and 29°C for adult and juvenile, respectively, after which they increased linearly with temperature. In the case of tilapia skin, C_P values, between 26 to 32°C, C_P decreased slightly and then increased with increasing temperature. For the catfish, in all cases, C_P decreased markedly between 25 and 32°C and then increased linearly with increasing T°. The temperatures and enthalpies of denaturation of muscle proteins showed significant differences ($p<0.05$) between species, but not between age stages. However, in the skin, there were significant differences between species and between ages. Similar behavior was observed for freezing temperatures and enthalpies. The C_P, measured from 0 to -50°, indicated that, for all cases, it decreased exponentially with decreasing temperature.

Key words: thermal properties, skin, muscle, tilapia (*Oreochromis niloticus*), catfish (*Pseudoplatystoma punctifer*).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
COORDINACIÓN
CENTRO DE IDIOMAS

Introducción

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella *(Pseudoplatystoma punctifer*) son especiesque se encuentran en la amazonia peruana que se caracterizan por presentar una excelente calidad nutricional y el exquisito sabor de su carne.

El pescado constituye en la alimentación una de las principales fuentes de proteína animal y su comercialización actual en el mercado mundial viene aumentando en forma acelerada. La actividad piscícola se ha incrementado grandemente en la Región San Martín, en los últimos años. Esta situación traería consigo la aplicación de métodos de conservación del pescado como la refrigeración o el congelamiento. En general los pescados son muy nutritivos, proporcionalmente más que la mayoría de los animales terrestres y aviares, aunque con mayoresdificultades de conservación y prolongación de su vida útil, requerimiento por lo general menores gastos energéticos para la conservación de su carne comparado con la de otros animales.

Las propiedades térmicas (calor específico, conductividad térmica y difusividad térmica) influyen en la transferencia de calor. Su conocimiento es necesario para el cálculo y diseño de procesos y equipos; están influenciadas en un mayor o menor grado por la temperatura y la composición del producto, durante un tratamiento térmico (Rahman, 1995; Singh, 2000; Alvis et al., 2009). Las propiedades térmicas son necesarias para calcular la rapidez de calentamiento o enfriamiento en procesos o para estimar las cantidades de calor requeridas en los procesos como: escaldado, pasteurización, evaporación, fritura, refrigeración, congelación, esterilización, secado, entre otras, en los cuales hay intercambio de energía y masa (Alvis et al.,2009).

Una de las técnicas disponibles para la determinación de las propiedades termofisicas (calor específico, entalpía, temperatura de congelación y entalpia de congelación) es la calorimetría diferencial de barrido, muy aplicada en el caso de alimentos. Para analizar la transferencia de calor en alimentos sometidos a congelación o descongelación, la entalpía y el calor específico deben ser conocidos o estimados con precisión; al no estar disponibles en la literatura científica esos datos para músculo y piel de peces amazónicos, deben ser determinados experimentalmente mediante el calorímetro diferencial de barrido.

Los objetivos de la presente investigación fueron:

Objetivo general.

- Determinar las propiedades térmicas, en piel y músculos de peces amazónicos, tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*), mediante el calorímetro diferencial de barrido (DSC)

Objetivos específicos.

1. Determinar la composición físico química del músculo de dos especies amazónicas tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*).
2. Determinar la influencia del tipo de tejido (piel y músculo), de la edad (joven y adulto) y la especie (tilapia y doncella), en la capacidad calorífica de 0ºC a 40ºCy de -50º a 0C.
3. Determinar la influencia del tipo de tejido (piel y músculo), de la edad (joven y adulto) y la especie (tilapia y doncella), en la temperatura, entalpia de desnaturalización y congelación.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación

Reyes, Pérez & Mahn (2013) determinaron el calor específico y la conductividad térmica de la carne fresca, cocida y deshidratada de locos (*Concholepas concholepas*), y compararon sus valores con los predichos por modelos reportados en la literatura. Emplearon calorimetría diferencial de barrido modulada (MDSC) mediante un equipo MDSC 2920 (TA Instruments, Ltd.), y temperaturas entre 0 y 60 °C. La velocidad de calentamiento lineal fue de 3 °C/min, y el período de modulación fue de 60 s con una amplitud de ± 0.5 °C. La línea de base, la temperatura, el flujo de calor y la calibración de calor específica se realizaron utilizando zafiro como material de referencia. Las muestras de locos (5–15 mg) se sellaron herméticamente (Prensa de encapsulación de muestras, instrumentos de TA) en crisoles de cobre pesados (balanza analítica, XA105DU, Mettler Toledo, España). Se utilizó nitrógeno seco (80 ml/min) para eliminar el agua condensada en la celda de medición. Todos los valores reportados corresponden a un rango de temperatura de 5 °C a 45 °C. Se encontraron valores de calor específico entre 2.93 y 3.11 kJ/kg °C para locos frescos y entre 1.68 y 1.83 kJ/kg °C para locos cocidos con un contenido de humedad igual a 70% y 63.8%, respectivamente. Cuando la carne de locos se liofilizó después de hervirlos, se observó una disminución del calor específico, según el contenido de humedad y la temperatura. El calor específico mostró un ligero incremento con la temperatura en el rango estudiado en todos los casos. Además, se observó una dependencia muy marcada del contenido de humedad. De hecho, se detectaron diferencias significativas entre el calor específico de locos de acuerdo a los contenidos de humedad, para cada temperatura($p < 0.05$).

Radhakrishnan (1997) midió las propiedades térmicas de diez mariscos diferentes. Ellos incluyeron Pez azul (*Pomatomus saltatrix*) con 78,125% de humedad, corvina (*Micropogonias undulatus*) 79,605%, caballa (*Scomberomorus maculatus*) 73,081%, salmón rosado (*Oncorhynhus gorbuscha*) 72,513%, lubina negra (*Atractoscion nobilis*) 79,80%, mancha (*Leiostomus xanthurus*), camarón (*Pandalus borealis*) 84,655%, tilapia (*Tilapia aurea*) 77,712%, trucha gris (*Cynoscion regalis*) 79,080% y atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). 73,107% de humedad. Las propiedades térmicas medidas fueron

conductividad térmica, difusividad térmica y Calor específico de 5 a 30°C, la entalpía se midió entre -40 y 30°C. Se midieron el calor específico y la entalpía utilizando un calorímetro de barrido diferencial. Las muestras se escanearon a una velocidad de calentamiento de 5°C/min en el rango de -40 a 30°Cpara la entalpía y a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min en el rango de 5 a 30°C para calor específico. Los valores de entalpía oscilaron entre 242,12 y 376,57 kJ/kg y para el calor específicos para cada muestra, y osciló entre 3,1 y 3,8 kJ/kg.°C.

Thorarinsdottir, Arason, Geirsdottir, Bogasonn & Kristbergsson (2002) determinaron las temperaturas de desnaturalización de bacalao salado (*Gadus morhua*) con una humedad de 75,86%; para ello usaron la calorimetría diferencial de exploración se realizó en un Perkin- Elmer DSC-7 (Perkin-Elmer, Norwalk, USA). El instrumento fue calibrado por temperatura, usando agua e indio. La entalpía fue calibrada con el indio. Se utilizaron crisoles vacíos como referencia. Las rebanadas, libres de tejido conectivo, se diseccionaron de todo el músculo. Las muestras, con un peso de 20-25 mg (precisión de 0,01 mg) fueron selladas en bandejas de muestras volátiles de Perkin-Elmer y escaneado a una velocidad de calentamiento de 10 C/min. en el rango de 15-110 °C. En el músculo fresco del bacalao, determinaron que la Tmáx para la miosina fue de 43,5 °C, para la actina de 73,6 °C y para las proteínas sarcoplásmicas de 59,3 °C.

Olivas, Sandez, Haard, Aguilar & Brauer (2004) midieron los cambios en la firmeza, la actividad de la proteasa total muscular y el comportamiento térmico del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) durante 15 días de almacenamiento en hielo. Se observó una disminución significativa ($p < 0,05$) en la fuerza de corte del músculo del manto crudo después de 7 días de almacenamiento en hielo. La mayor actividad de proteasa total detectada fue de 1,24 U/g de manto. Los termogramas obtenidos el día cero mostraron cuatro estados de transición. Los tres primeros estados de transición fueron endotérmicos y corresponden a miosina (50°C), proteínas sarcoplásmicas (69°C) y actina (79°C). El cuarto estado de transición fue exotérmico a 107°C y probablemente estuvo asociado con la agregación de proteínas. El comportamiento térmico del músculo mostró una tendencia decreciente en la temperatura y la entalpía de transición para la miosina, las proteínas sarcoplásmicas y la actina con el tiempo de almacenamiento. El análisis de electroforesis en gel de poliacrilamida-dodecilsulfato de sodio mostró un cambio en el patrónde proteínas miofibrilares, que, con la fuerza de corte y los datos de calorimetría

de barrido diferencial, sugieren una desnaturalización parcial de esa fracción de proteína durante el almacenamiento en hielo.

Wright, Leach & Wilding (1977) investigaron mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC) las proteinas en el músculo de conejo y sus constituyentes. El músculo post- rigor produjo un termograma complejo que comprende al menos tres transiciones endotérmicascon valores de Tmax de 60, 67 y 80 ° C. La comparación con las proteínas o fracciones purificadas indicó que estas transiciones correspondían a la desnaturalización de miosina, proteínas sarcoplásmicas y actina, respectivamente. Además de estas transiciones endotérmicas,el músculo previo al rigor produjo una única exotermia grande de Tmax 54 ° C. La evidencia sugirió que esta transición estaba estrechamente relacionada con el proceso de contracción.

Bainy, Eduarda, Corazza, Marcos, Lenzi & Marcelo (2014) determinarom el punto de congelación (Tf) de la hamburguesa de pescado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con un contenido de humedad del 72%, usando la curva de enfriamiento y el método de calorimetría de escaneo diferencial (DSC). Las curvas de enfriamiento fueron obtenidas para dos refrigeradores domésticos, un congelador sin función de congelación rápida y otro equipado con un compartimento de congelación rápida. Se determinó el punto de congelación, el tiempo de congelación y las tasas de congelación de las curvas de enfriamiento. Los congeladoresmostraron tasas de congelación lentas que iban de 0,10 a 0,40 cm/h. La función de congelaciónrápida mejoró el proceso de congelación, ya que redujo significativamente los tiempos de congelación aumentando significativamente las tasas de congelación. Tf y DH de la hamburguesa de pescado de tilapia fue (-2,8 ± 0,4)ºC y (136,4 ± 16,6) J/g, respectivamente. Tfno era significativamente diferente de la Tf (-2,7 ± 0,1 C) obtenida por el método de la curva de enfriamiento usando un congelador doméstico. Este resultado validado por ambos métodos pueden ser utilizados para determinar la congelación puntos de alimentos de alta humedad, como la hamburguesa de pescado.

Chen & Pan (1995) determinaron a partir de la temperatura máxima de los termogramas DSC como la temperatura aumentó de -30 a 20ºC. A una velocidad de calentamiento de 1.13ºC min^{-1} , el pico la temperatura se produjo a -0,89ºC para el músculo de la tilapia. A una tasa de calentamiento de 0,2ºC min^{-1}, la temperatura máxima media de cinco muestras de músculo de tilapia fue de -1.03 ºC±0.07, o 0.14ºC más baja

que el medido a una tasa de calentamiento de 1,13ºC min^{-1}. La tasa de calentamiento más lenta se utilizó para reducir la influencia del retardo de la temperatura, y -1.03ºC fue considerado como el punto de congelación de músculo de tilapia. Los termogramas dieron un cambio medio de entalpía de fusión, ΔH, de 219,1 kJ/kg±11.2 para el músculo de tilapia.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. **Tilapia** (*Oreochromis niloticus*)

Las tilapias (*Oreochromis niloticus*) son peces de origen tropical, por lo que sus mejores crecimientos se obtienen a temperaturas entre 34°C y 36°C. La producción de tilapia en el Perúha sido muy variable hasta 1990, siendo la Región San Martín la de mayor producción, pues cuenta con más de 400 granjas operativas, llegando a sobrepasar las 1100 TM/mes, las cuales son comercializadas dentro de la propia región (Baltazar, 2007).

En la Figura 1, podemos apreciar un ejemplar de tilapia que es la especie más cultivadaen la Región San Martín. Se caracteriza por ser una de las especies de más rápido crecimiento.Se adapta, crece, reproduce y se desarrolla en varios sistemas de cultivo. Tiene alta aceptaciónentre los consumidores debido a su calidad y sabor, lo que motiva una gran demanda en el mercado nacional (Baltazar, 2007).

Figura 1. Ejemplar de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (PRODUCE, 2004)

1.2.1.1. Composición proximal de la Tilapia

La composición proximal de la tilapia varía considerablemente según las

condiciones de cultivo (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, turbidez, altitud, luz o luminosidad, etc.) y en función de las especies, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año. Así, las especies criadas en acuicultura también pueden mostrar variaciones en su composición, pero en este caso varios factores son controlados (temperatura, pH del agua, salinidad, turbidez y la dieta o alimentación) y por lo tanto se puede predecir mejor la composición proximal de la Tilapia (Hurtado, 2014). En la Tabla 1 se muestra la composición proximal del músculo y en la Tabla 2 de piel de tilapia.

Tabla 1

Composición proximal de la Tilapia (Oreochromis niloticus)

COMPONENTE	Laboratorio de Tecnología y Productos Curados I.P,2013.	Base seca
Humedad	80,03	-
Grasa	5,31	26,59
Ceniza	0,54	2,70
Proteína	14,12	70,71

Fuente: Hurtado, 2014

Tabla 2

Composición proximal de piel de la Tilapia (Oreochromis niloticus), (Base Seca)

COMPONENTE%	PIEL TILAPIA
Humedad	69,94
Grasa	18,37
Cenizas	1,26
Proteínas	82,27

Fuente: Quintero & Zapata (2017)

1.2.2. **Doncella** (*Pseudoplatystoma fasciatum*)

En la Figura 2 se aprecia un ejemplar de *Pseudoplatystoma fasciatum*, es uno de los bagres amazónicos que presentó un gran potencial para la producción comercial en toda América del Sur (Reid 1983; Kossowski, 1996 & Goulding,

1980) asi como en la actualidad. Debido a la amplia aceptación por su valor nutricional, calidad de carne, sabor agradable y ausencia de espinas intramusculares, además que por la belleza, color y forma de sus espinas negras son comercializadas como ornamentales, esto unido a los altos precios alcanzados, ha llegado a generar una gran demanda en el mercado regional e internacional (Rebaza 2010; Fernández, 2012; Diaz et al., 2009; Tello & García, 2009; Montalván, 2008; Nuñez et al., 2008; Deza et al., 2005; Guarnizo, 2007; Lopes et al., 1996).

Los peces del orden Siluriformes, comúnmente llamados peces gato, comprenden 33 familias, unos 400 géneros y más de 3,093 especies; entre ellas, se encuentra la familia de Pimelodidae que vive exclusivamente en aguas dulces y al mismo tiempo es la más importante como recurso pesquero. Su época reproductiva se inicia con la temporada de lluvias, en los meses de abril-mayo de cada año, estando los ciclos de maduración gonadal de la doncella, asociados a fenómenos migratorios durante la época estacional de lluvia, los cuales están sumados a otros factores ambientales como la temperatura (FONDEPES, 2016).

Figura 2. Ejemplar de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*). (Fuente: IIAP, 2000).

1.2.2.1. Composición proximal de la Doncella

En la Tabla 3 se muestra la composición proximal de la doncella y para la piel en laTabla 4 respectivamente:

Tabla 3

Composición proximal de la doncella (Pseudoplatystoma fasciatum)

COMPONENTE	RANGO %	Base Seca
Humedad	74,80 - 81,50	-
Grasa	0,37 – 8,06	1,47 - 43,57
Cenizas	1,01 – 1,30	4,01 - 7,03
Proteína	16,00 – 18,00	86,49 – 97,30

Fuente: Boletín de Investigación, Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (2009)

Tabla 4

Composición proximal de la piel doncella (Pseudoplatystoma fasciatum), (Base Seca)

COMPONENTE%	PIEL DONCELLA
Humedad	59,73 ± 0,61
Proteina	80,14 ± 2,31
Ceniza	1,22 ± 0,08
Lipidos	18,66 ± 4,32

Fuente: Bravo, Dario, Vela, Arce, Alva, Tello (2019).

1.2.3. Madurez sexual en peces

Un rasgo importante en la historia de vida de los peces teleósteos es la transición de la fase juvenil a la madurez sexual. En términos pesqueros y de evaluación de stock, la talla y/o la edad en que se alcanza la madurez sexual constituye un parámetro reproductivo básico ya que permite separar la fracción madura de un stock de peces. A menudo es usado como un punto biológico de referencia en un esfuerzo por permitir que los peces puedan reproducirse al menos una vez antes de ser capturados (Lowerre et al., 2011).

El procedimiento de estimación de este parámetro reproductivo se basa en determinar ojivas de madurez en función de la talla o edad, sobre la base de un muestreo que cubra la mayor parte del área de distribución de la especie, con un adecuado tamaño de muestras. Es fundamental, que el muestreo también abarque el

espectro de longitudes y/o edades de la población, especialmente en el rango de transición entre individuos inmaduros y maduros (Murua & Saborido, 2003; Brown, Wyanski, Saborido, Macewicz & Barbierie, 2011).

La relación entre la edad y el crecimiento con la abundancia, a menudo se usa para determinar la producción íctica y, por lo tanto, son factores importantes en la gestión o manejode las pesquerías (Pauly, 1983; Morales, 1991; Pascual, 1996). Es importante conocer la edad en la que una especie alcanza la longitud adecuada para la pesca y su reclutamiento a la pesquería, así como el crecimiento, mortalidad y otros parámetros fundamentales de una población, para la aplicación en la regulación pesquera (Tresierra & Culquichicon, 1993).

La edad de muchas especies puede determinarse a partir de las marcas de crecimiento presentes en algunas estructuras duras, como escamas, otolitos, cleitra, urohiales, vértebras, espinas y radios (Holden & Raitt, 1975; Tavares, 2001; Araya & Cubillos, 2002), que se forman debido a factores intrínsecos, como el desove, metabolismo y cambios de residencia, o ambientales, como temperatura, salinidad, luz y alimento (González, 1979).

1.2.3.1. Madurez sexual en la Tilapia

Según Delgadillo (1998), la madurez sexual de la Tilapia se puede describir en 4 estados:

- Alevín: Es la etapa del desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín (pez pequeño), se caracteriza porque presenta un tamaño de 0,5 a 1 cm, y posee un saco vitelino en el vientre.
- Cría: Se les llama cría cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 3 a 5 cm.De longitud.
- Juvenil: Son peces con una talla que varía entre 7 y 10 cm, la cual alcanzan a los2 meses de edad.
- Adulto: Es la última etapa del desarrollo, los individuos presentan tallas de 10 a18 cm y pesos entre 70 y 100 g, características que obtienen alrededor de los 3.5meses de edad.

Tabla 5

Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia.

Estadio	Talla (cm)	Peso (g)	Tiempo (días)
Huevo	0,2 - 0,3	0,01	3 - 5
Alevín	0,7 - 1,0	0,10 - 0,12	10-15
Cría	3 - 5	0,5 - 4,7	15 - 30
Juvenil	7 - 12	10-50	45 - 60
Adulto	12 - 18	70 - 100	70 - 90

Fuente: Delgadillo, 1998.

1.2.3.2. Madurez Sexual en la Doncella

La Doncella presenta un periodo de maduración sexual que se extiende de diciembre a junio, con un pico máximo en marzo. El desove tiene estrecha relación con el ciclo hidrológico de media creciente garantizando la protección y la disponibilidad de alimento para las larvas y alevinos, dentro de las áreas de inundación reciente, asegurando de esta forma la preservación de la especie, la longitud media de madurez sexual en las hembras de 77,9 cm., y 72 cm. de longitud estándar en machos (Salas et al., 2009). No obstante, García et al., (2001) determinaron que el 50% de las hembras de *Pseudoplatystoma fasciatum* alcanzan la talla de primera maduración (medida hasta la horquilla), a los 89,8 cm, mientras que los machos comienzan a reproducirse a los 82,5 cm.

Tabla 6

Tamaño de maduración sexual en doncella

	Salas et al., 2009	**García et al., 2001**
Hembras	77,9 cm	89,8 cm
Machos	72 cm	82,5 cm

Fuente: Salas et al., 2009; García et al., 2001

1.2.4. Generalidades sobre la carne de pescado

La carne del pescado está constituida por tejido muscular, tejido conectivo y grasa. La composición química de su carne depende de muchos factores entre los que se destacan la especie, edad, estado fisiológico, época y región de captura. En general la carne del pescado demás edad es más rica en grasa y contiene una menor proporción de agua. Normalmente, después del desove, su carne tiene un contenido mayor de agua y su riqueza en proteínas y en grasa es menor. En la mayoría de las especies que viven en aguas templadas o árticas este estado ocurre en primavera. Una vez que los peces comienzan a alimentarse de nuevo, recuperan sus características habituales. Puede decirse, que, de acuerdo con las estaciones, se observan cambios cíclicos en la composición de la carne en la mayoría de las especies (Ordoñez, 1998).

El contenido de agua depende de las especies y la época del año: puede variar entre el 60 y el 80% del total; sin embargo, se ha establecido que las especies de pescados magros o blancos contienen un porcentaje que oscila entre el 75 y el 80%. Los pescados azules presentanun contenido menor al 75% (Ramírez, 2012).

1.2.4.1. Proteínas

La mayor parte de los componentes nitrogenados del pescado están formando parte de las proteínas. El contenido proteico es semejante al de otras especies. La carne de pescado tiene como característica principal una menor cantidad de tejido conectivo, y dentro del mismo, menor proporción de elastina que de colágeno. Esto se pone de manifiesto ante la cocción húmeda, que provoca que los haces musculares se separen con facilidad. En base a su solubilidad, las proteínas pueden dividirse en sarcoplasmáticas, miofibrilares e insolubles o del estroma (Ordoñez, 1998).

- **Proteínas Sarcoplasmáticas**

Proteínas sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas). Normalmente, las proteínas sarcoplasmáticas comprenden cerca del 15-25% del total de las proteínas del músculo de los animales acuáticos. El contenido en proteínas sarcoplasmáticas suele ser más elevado en los peces pelágicos, como la

sardina y la caballa y más bajo en los neríticos como la solla y el pargo (FAO, 1993).

La mayor parte de las proteínas sarcoplasmáticas de los peces pelágicos se coagulan al ser calentadas en agua o encima de los 50°C, por ejemplo, a 90°C durante 10 minutos. Solo el 65-75% de la proteína sarcoplasmática de los peces neríticos se coagula por el calor (Suzuki, 1981).

- **Proteínas Miofibrilares**

Las proteínas miofibrilares constituyen el 70-80% del contenido total de proteínas. Se componen de actina, miosina, tropomiosina y actomiosina (Ordoñez, 1998).

Según Ruiter (1999), las proteínas miofibrilares son aquellas que componen el aparato contráctil o miofibrilla de la célula del musculo. La miosina y la actina son las proteínas miofibrilares que actúan directamente en el ciclo de contracción-relajación. Las proteínas estructurales conforman el aparato contráctil responsable de los movimientos musculares. La composición de aminoácidos es aproximadamente la misma que en las correspondientes proteínas del músculo de mamíferos, a pesar de que las propiedades físicas pueden ser ligeramente diferentes.

- **Proteína del Estroma**

Según Ruiter (1999), la fracción insoluble que queda después de haber extraído las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares del musculo contiene las proteínas del estroma. Los dos tipos principales de proteína de esta fracción son las proteínas de tejido conjuntivodenominadas colágeno y elastina.

Proteínas del tejido conectivo (colágeno), constituyen aproximadamente el 13 por ciento del total de las proteínas en teleósteos y cerca del 10 por ciento en elasmobranquios.

Los tejidos conjuntivos están localizados principalmente en la matriz extracelular y contienen pocas células vivas en una sustancia amorfa compuesta por carbohidratos y lípidos y proteínas. Los fibroblastos son células que sintetizan y

segregan colágeno, elastina y otras sustancias, como los proteoglicanos, que ocupan el espacio intersticial del músculo y otros tejidos.

1.2.4.2. Aminoácidos

Las diversas especies del pescado no difieren mucho en su composición de aminoácidos, aunque algunas especies pueden ser excepcionalmente ricas en histamina. Debido al contenido en aminoácidos esenciales el valor nutritivo de las proteínas del pescado es muy alto (Huss, 1998).

En la mayoría de los peces predominan la taurina, alanina, glicina y aminoácidos que contienen imidazol. De estos últimos, la histidina ha concentrado la mayor atención debido a que la misma puede descarboxilarse microbiológicamente a histamina (Huss, 1998).

1.2.4.3. Lípidos

Los lípidos presentes en las especies de peces óseos pueden ser divididos en dos grandesgrupos: los fosfolípidos y los triglicéridos. Los fosfolípidod constituyen la estructura integral de la unidad de membranas en la célula, por lo tanto, a menudo se le denomina lípidos estructurales. Los triglicéridos son lípidos empleados para el almacenamiento de energía en depósitos de grasas, generalmente dentro de células especiales rodeadas por una membrana fosfolipídica y una red de colágeno relativamente débil. Los triglicéridos son a menudo denominados depósitos de grasa (FAO, 1993).

La fracción fosfolipídica en el pescado magro consiste en un 69 por ciento de fosfatidi- colina, 19 por ciento de fosfatil-etanolamina y 5 por ciento de fosfatidilserina. Adicionalmente existen otros fosfolípidos, pero en cantidades inferiores. Todos los fosfolípidos se encuentran almacenados en las estructuras de la membrana, incluyendo la membrana celular, el retículo endoplasmático y otros sistemas tubulares intracelulares, como también en membranas de los organelos como las mitocondrias. Además de fosfolípidos, las membranas también contienen colesterol, que contribuye a la rigidez de la membrana. En el tejido muscular de pescados magros se puede encontrar colesterol hasta en un 6 por ciento del total de los lípidos (FAO, 1993).

Los pescados con un alto contenido de grasas, como es el caso de la sardina, el atún, el salmón, la trucha o el jurel, aportan ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPICL): Omega-3; esenciales para el desarrollo de los niños, y para reducir los riesgos de enfermedades del corazón. Los AGPICL omega-3 solo se encuentran en los animales marinos y en los vegetales; de ahí la importancia del consumo del pescado. Dentro de los AGPICL omega-3 se encuentran: el ácido eicosapentaenoico el cual está asociado con la protección cardiovascular y el ácido docosahexaenoico, que es esencial para la formación y correcto funcionamiento del tejido nervioso (Ruiter, 1999).

1.2.4.4. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente inferior al 0.5%. Esto es típico del músculo estriado, en el cual los carbohidratos se encuentran en forma de glucógeno y como parte de los constituyentes químicos de los nucleótidos. Estos últimos son la fuente de ribosa liberada como una consecuencia de los cambios autolíticos post mortem (Belitz & Grosch, 1997).

1.2.4.5. Otros componentes menores

- Compuestos nitrogenados menores

  Los componentes nitrogenados no proteicos son sustancias minoritarias del pescado que están disueltas en el sarcoplasma y en el líquido intercelular. Los principales componentes de esta fracción son: bases volátiles como el amoníaco y el óxido de trimetilamina, creatina, aminoácidos libres, nucleótidos y bases purínicas, y urea en el caso de peces cartilaginosos.

  Sin embargo, existen diferencias entre individuos de una misma especie debido sobre todo a la estación del año, el tamaño y la edad (Ordoñez, 1998).

- Minerales y Vitaminas

  El pescado y los mariscos tienen una gran variedad de minerales, los más abundantes son calcio, fósforo, potasio y magnesio. En menor proporción pueden

encontrarse hierro, cobre, flúor, cobalto y zinc. Los peces de mar tienen un alto contenido de yodo. El contenido de sodio en el pescado es bajo y, de hecho, se recomienda su consumo a personas que necesitan una dieta baja en este mineral (Ordoñez, 1998).

1.2.5. Calorimetría Diferencial de exploración (DSC)

Dentro de los métodos de análisis térmicos se encuentra el método de calorimetría diferencial de exploración, (sus siglas en inglés: DSC). Según Kodre et al., (2014), la técnica del DSC es una de las técnicas más usadas para la evaluación de las transiciones de fase en compuestos inorgánicos, polímeros y alimentos. Así mismo, Coello & Garcés (2012) mencionan que la calorimetría diferencial de barrido permite el estudio de los procesos en los que se produce una variación de entalpía como puede ser la determinación de calores específicos, puntos de ebullición y cristalización, pureza de compuestos cristalinos, entalpias de reacción y determinación de otras transiciones de primer y segundo orden.

El objetivo del DSC, según Kodre et al., (2014), es evaluar las transformaciones físicas y químicas en función al flujo calórico que es suministrado a la materia en estudio. Esto se da debido a un diferencial de entalpía que existe entre una cápsula que contiene la muestra en estudio y otra cápsula vacía que sirve de referencia. El DSC mide la energía necesaria suministrada a la cápsula que contiene la muestra en estudio para mantenerla a la misma temperatura de la cápsula “referencia”; la cual es de composición conocida y no sufre modificaciones durante la variación de temperatura (Lasanta, 2013).

Un calorímetro diferencial de barrido (DSC) es un equipo que consta de dos calentadores individuales y un controlador que permite la regulación del flujo de calor y Controlar la temperatura. Lauro et al., (2000) mencionan que, en un DSC, la muestra en estudio y la muestrade referencia se someten a calentamiento en las piletas metálicas, la temperatura de la muestra en estudio y del material referente se mantienen iguales variando la potencia de los calentadores.

El calorímetro diferencial de barrido proporciona un flujo calórico, a una velocidad constante, a la muestra y a un material de referencia. Se conoce que la

transmisión de calor se da de forma instantánea, razón por la cual se trabaja con pequeñas cantidades de muestra. Las muestras son colocadas en cápsulas selladas herméticamente, lo cual protegerá la muestra e impedirá algún cambio en la humedad de esta; este es un factor importante para la determinación de la transición, ya que la cantidad de agua influye en la temperatura a la cual se puede dar los cambios.

Por lo general, el DSC puede trabajar en un intervalo de temperaturas que va desde la temperatura más baja (similar a la del nitrógeno líquido) hasta unos 600 °C. Debido a que la energía térmica es exactamente equivalente en magnitud a la energía absorbida o liberada en latransición, el balance de energía proporciona una medición calorimétrica directa de la energía de la transición (Coello & Garcés, 2012).

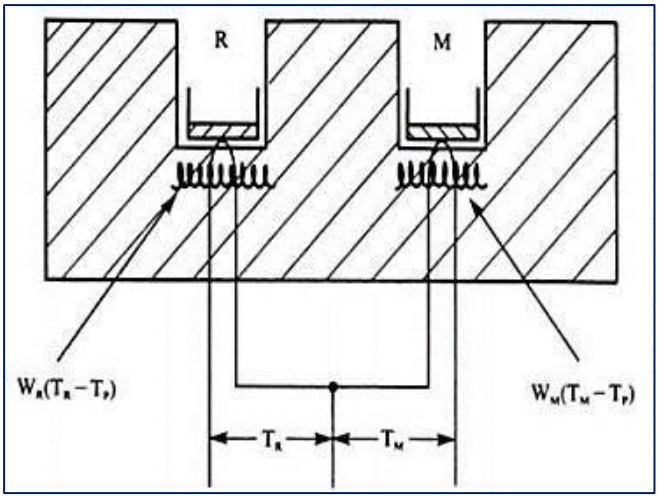

Figura 3. Esquema del DSC (Coello & Garcés, 2012)

En la Figura 3, se muestra que en el DSC la muestra y la referencia se calientan independientemente, por lo que se puede medir directamente la diferencia en flujo de calor para mantener una temperatura igual en ambas. Así, los datos se obtienen en forma de entradas diferenciales de calor (dH/dt) en función de la temperatura. Con estos datos se pueden obtener temperaturas y entalpías de transición o de reacción. Algunas recomendaciones para la operación del DSC son las siguientes (Lund, 1983).

a) La mayoría de sistemas de DSC, utilizan porta muestras de muestreo de aluminioque permiten el análisis de 10-20 µl de muestra. Para obtener un pico

definido ycon alta resolución se recomienda que la superficie de contacto entre el recipientey la muestra sea la máxima, lo cual se logra si la muestra se prepara en forma dediscos delgados, láminas o polvo fino; en materiales biológicos, la muestra frecuentemente se dispersa en agua.

b) La calibración del instrumento se lleva a cabo con un metal de alta pureza, con su entalpía y su punto de fusión conocidos, generalmente se utiliza indio (ΔH fusión = 28.55 J/g; p.f.= 429,8 K).

c) La determinación de la entalpía del proceso bajo estudio requiere la medición delárea endo/exo térmica, lo cual puede ser difícil debido a que la línea base no es horizontal y el pico generalmente no es simétrico (Figura 4).

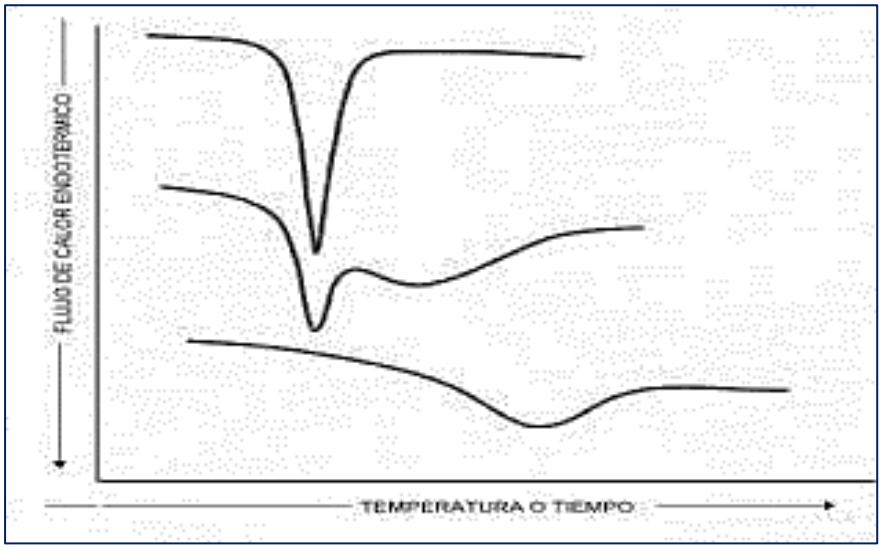

Figura 4. Representación esquemática de termogramas de DSC (Tester & Debon, 2000).

1.2.5.1. Aplicaciones de las propiedades termo físicas en el DSC

Según Martins (2009), el conocimiento de las propiedades termofísicas de los alimentos son parámetros de gran necesidad cuando se realiza cálculos de transferencia de calor para los diferentes procesos que se usan dentro de la industria alimentaria, tales como calentamiento y enfriamiento de alimentos. Además, son datos esenciales en el diseño de equipos, y dentro de la ingeniería de alimentos; todo ellos con el fin de reducir costos de operación y garantizar unacorrecta calidad final de los alimentos.

En la Tabla 7 se presenta las aplicaciones más comunes del calorímetro diferencial de barrido dentro del área de la industria alimentaria.

Tabla 7

Aplicaciones del DSC en la industria alimentaria

Tipo de muestra	Tipo de información
Aceites, grasas y alimentos untables	Temperatura inicial de Fusión/Cristalización/Comportamiento polimórfico. Estabilidad a la oxidación.
Harinas y almidón de arroz	Retogradación/Gelatinizacón/Transición Vítrea (Tg)
Polvos Vegetales	Transición Vitrea (Tg)
Pastas y geles que contiene polisacáridos o gomas	Calor específico (Cp), temperatura inicial de fusión y cristalización.
Proteínas	Desnaturalización/Agregación
Azúcares	Temperatura de Cristalización/ Fusión/Transición Vítrea
Productos Congelados	Transición Vitrea/Temperatura de Cristalización (Estabilidad de fase de congelación).

Fuente: Coello & Garcés, 2012

1.2.5.1.1. Entalpia

La entalpía de un alimento congelado es una propiedad importante a la hora de realizar los cálculos de la refrigeración necesaria para la congelación del producto. El contenido de calor es normalmente cero en -40◦C y aumenta al aumentar la temperatura de una manera ilustrada en la figura 5. Cambios significativos en la entalpía se producen a 10◦C justo por debajo de la temperatura de congelación inicial, cuando la mayor parte del cambio de fase en agua del producto se produce (Santos, 2012).

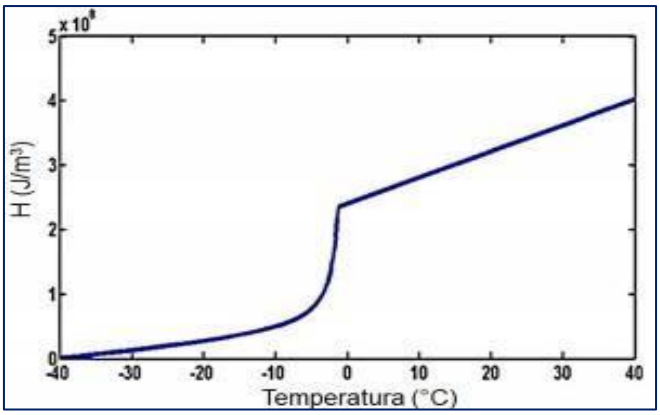

Figura 5. Curva de Entalpía del agua (Santos, 2012)

1.2.5.1.2. Capacidad calorífica (Cp)

Singh & Heldman (1982), presentan la ecuación (Ec.1), según la cual cuando no existe cambio de fase o reacciones involucradas, el calor especifico es la cantidad de calor que gana o pierde un kilogramo de masa de material alimenticio, para producir un cambio de temperatura requerido.

$$Cp = \frac{Q}{W(\Delta T)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (Ec.1)$$

Donde: (Cp) es el calor específico,

(Q) es la cantidad de calor,

(W) es la masa y

(ΔT) es el incremento de temperatura.

El calor específico es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de una unidad de masa de la sustancia por unidad de grado. Por consiguiente, sus unidades en el sistema SI son J/kg K. El calor específico depende de la naturaleza del proceso de adición de calor tanto de un proceso a presión constante como de un proceso a volumen constante. Sin embargo, debido a que los calores específicos de los sólidos y de los líquidos no dependen mucho de la presión, excepto para presiones extremadamente elevadas, y debido a que los cambios de presión en los problemas de

transmisión de calor de los materiales agrícolas son usualmente pequeños, se considera el calor específico a presión constante (Sahin & Sumnu, 2009).

El agua líquida tiene un calor específico extremadamente alto, mucho más alto que la mayoría de los demás líquidos. Esto es por lo que se usa como tan ampliamente como refrigerante. Cuando el agua congela, el calor específico se reduce drásticamente, por un factoraproximadamente 2. Ya que el agua tiene un calor específico mucho más alto que la mayoría de los constituyentes alimenticios, el calor especifico de los alimentos se ve significativamente afectada por la cantidad de agua y por el estado físico que este el agua. Los alimentos congelados con alto contenido en agua pueden tener valores de calor específico aproximadamente la mitad que los correspondientes a su estado fresco (Lewis, 2000). Así una considerable menor energíase necesita para reducir la temperatura del alimento desde -1ºC a 30°C que la que se necesita para pasarlo de 28°C a -1°C (muchos alimentos congelan alrededor de -1°C); conviene tambiénnotar que la congelación no es un proceso bien definido, es decir, el agua congela a temperatura constante. Durante procesos tales como evaporación y deshidratación, el calor especifico del alimento puede disminuir (Lewis, 2000).

1.2.6. Desnaturalización

La desnaturalización de una proteína se refiere a la ruptura de los enlaces que mantenían sus estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria, conservándose solamente la primaria. En estos casos las proteínas se transforman en filamentos lineales y delgados que se entrelazan hasta formar compuestos fibrosos e insolubles en agua (Serrano, 2011).

Los agentes que pueden desnaturalizar a una proteína pueden ser: calor excesivo; sustancias que modifican el pH; alteraciones en la concentración; alta salinidad; agitación molecular; etc. El efecto más visible de éste fenómeno es que las proteínas se hacen menos solubles o insolubles y que pierden su actividad biológica (Serrano, 2011).

La mayor parte de las proteínas experimentan desnaturalizaciones cuando

se calientan entre 50 y 60 ºC; otras se desnaturalizan también cuando se enfrían por debajo de los 10 a 15ºC.La temperatura a la cual una proteína se desnaturaliza es la temperatura de desnaturalización, Td (Serrano, 2011).

La temperatura de desnaturalización (Td) de los colágenos es importante tenerla en consideración para conocer su influencia en la estructura y en las aplicaciones biomédicas. La misma permite conocer la estabilidad del colágeno con el incremento de la temperatura y se puede medir por el análisis óptico rotacional. El análisis óptico rotacional se mide en un polarímetro con un incremento paso a paso de la temperatura, la cual se mantiene por 5 min., en cada paso (1 ºC). La temperatura donde el cambio en rotación fue la mitad del máximo valores tomada como la Td (Serrano, 2011)

1.2.6.1. Congelación

La congelación es la acción de someter a un producto al frio de manera que provoque una transformación del agua que contiene a un agua en estado sólido, esta operación tiene como objetivo aumentar la vida útil del producto y para ello más del 80% de agua debe transformarse en hielo. Cuando la congelación es muy rápida y el almacenamiento ulterior del producto se hace a una temperatura que no supera los -18 ºC, se habla de "sobre congelación" (Genot, 2000).

El pescado contiene alrededor del 75 % de su peso en agua. El proceso de congelado convierte la mayoría del agua en hielo. El agua se encuentra disuelta o en estado coloidal, lo cual baja el punto de congelación por debajo de 0ºC; esta disminución es proporcional a la concentración de solutos (Garthwaite, 1997). El punto de congelación en el pescado se ubica entre –1ºC y –2ºC. Durante el proceso de congelado, el agua es convertida en hielo en forma gradual, mientras que las concentraciones de sales orgánicas e inorgánicas se incrementan, disminuye el punto de congelación. Cuando la temperatura llega a –25ºC, el 90-95% del agua se halla en estado congelado. Aquí no se incluye el agua que se halla ligada (por ejemplo, aquella químicamente unida a sitios específicos como lo son los grupos carbonilos y grupos aminos de las proteínas), la cual no está disponible al congelarse (Heen & Karsti, 1965; Dyer, 1971).

Sin embargo, la mayor parte del agua (alrededor del 75-80%) se encuentra congelada cuando la temperatura se encuentra entre –1ºC y –5ºC. Este rango de temperatura es conocido como zona crítica de congelación (Heen & Karsti, 1965; Dyer, 1971).

Durante el proceso de congelado, la temperatura del pescado disminuye rápidamente desde su temperatura inicial hasta debajo de 0ºC. Luego, la misma baja muy lentamente hasta que la mayoría del agua ha cambiado de estado y se ha transformado en hielo. Una vez pasada la zona crítica, la temperatura disminuye rápidamente (Johnston et al., 1994). A fin de detener el proceso de deterioro, es importante atravesar la zona crítica lo más rápido posible.

La formación de cristales de hielo ocurre en dos etapas. En primer lugar, se produce una "nucleación", que corresponde a la formación de pequeñas partículas insolubles suspendidas en el líquido o la agregación al azar de moléculas de agua hasta un tamaño crítico. En segundo término, ocurre el crecimiento de los cristales (Garthwaite, 1997). Es conocido que la baja remoción de calor da como resultado un congelado lento (velocidad de congelación alrededor de 0,2 cm/h), produciéndose cristales de hielo comparativamente grandes en tamaño y baja cantidad, los cuales pueden causar la ruptura de las membranas celulares, una pérdida de fluidosy cambios en la textura del producto descongelado.

En contraste, una rápida remoción del calor, conduce a un congelado rápido (velocidad de congelación alrededor de 0,5 cm/h, produciendo un gran número de cristales pequeños, por lo que se reduce la posibilidad de ruptura.

Sin embargo, en el pescado, las membranas celulares pueden ser consideradas lo suficientemente elásticas como para resistir el daño causado por la presencia de grandes cristalesde hielo (Johnston et al., 1994). Este hecho, por lo tanto, no origina una pérdida evidente de agua en el descongelado. En efecto, la mayoría del agua que se halla unida a estructuras proteicas no se elimina por el goteo en el descongelado.

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación y Laboratorio de Análisisy Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA) de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martin-Tarapoto (UNSM-T) y otras evaluaciones se complementaron en el Laboratorio de Química y Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

2.2. Materia prima

Se utilizaron especímenes de Tilapia y Doncella en estado juvenil y adulto los cuales fueron adquiridos en el fundo de Sr. Amancio Ramirez Garcia, ubicado en la Car. A Oasis s/n -Morales.

2.3. Equipos y Materiales

2.3.1. Equipo e instrumentos

- Balanza analítica 0.001 mg, marca AND, modelo BM-22, procedencia Japon
- Calorímetro Diferencial de Barrido DSC, marca TA Instruments, modelo Discovery2500, procedencia USA.
- Selladora de crisoles, marca TA Instruments
- Nitrógeno analítico (pureza 99,9 %)
- Extractor soxhlet.
- Equipo kjeldhal
- Estufa con aire forzado, marca POL-EKO, modelo APARATURA SP, procedenciaUSA.
- Bisturí, pinzas y utensilios menores de laboratorio.
- Equipo microkjeldahl
- Equipo soxhlet

2.3.2. Materiales de laboratorio

- Placas Petri

- Pipeta digital de 5 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 100 ml.
- Vasos de precipitación de 1000 ml, 500 ml y 50 ml.
- Fiolas de 100 ml y 50 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Pipetas
- Campana de desecación
- Cuchillo
- Tabla de picar

2.3.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio al 35%
- Agua destilada
- Éter de petróleo

2.4. Desarrollo experimental

2.4.1. Análisis químico proximal

Se determinó la composición química de la piel y músculo de Tilapia y Doncella.

- **Humedad:** Se realizó por el método de la estufa a 105° C durante 24 horas(AOAC, 1990).

- **Proteína Total:** Se utilizó el equipo microkjeldhal, el porcentaje de nitrógenose multiplicó por el factor 6,25 (AOAC, 1990).

- **Grasa Total:** Método AOAC (2019). Metodos 948.15 Cap. 35. Pag 11. 21thEdition.

2.4.2. Metodología experimental

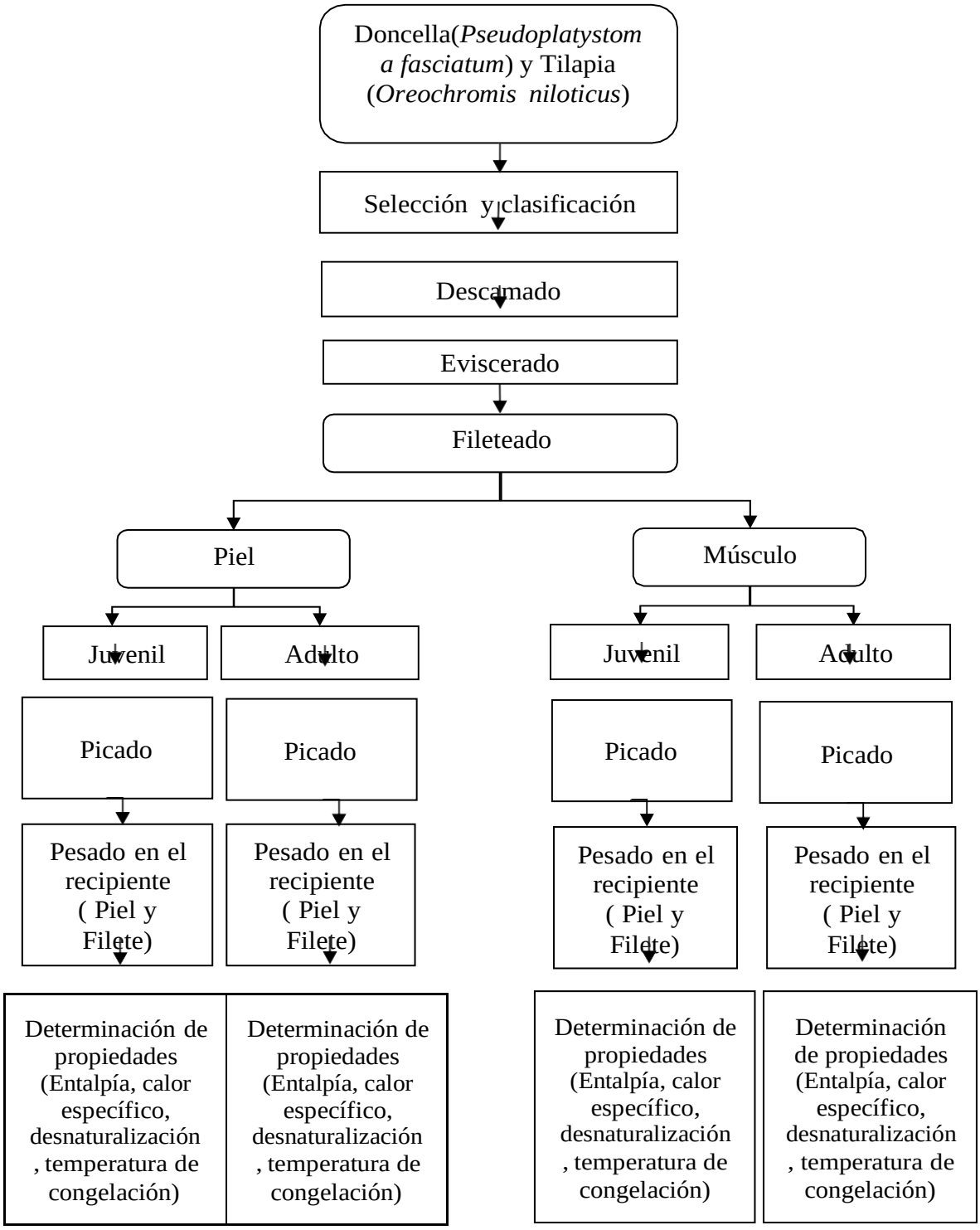

Figura 6. Flujograma de acondicionamiento de muestras para el análisis de las propiedades térmicas enel DSC.

2.4.3. Descripción del proceso:

1. **Materia prima:** Se utilizaron pescados procedientes del fundo del Sr. Amancio RamirezGarcia, ubicado en la Car. A Oasis s/n – Morales, como Tilapia y Doncella juveniles y adultas.
2. **Selección y clasificación:** Se seleccionaron los pescados frescos y que cumplan con el tamaño adecuado para cada experimento.
3. **Descamado:** Se realizó el proceso de descamado de los pescados.
4. **Eviscerado:** Se realizó haciendo un corte desde el ano a la cabeza, se extrayeron todaslas vísceras hasta que el abdomen quede limpio.
5. **Fileteado:** Se separó la piel del músculo y se realizó un fileteado para realizar análisisquimico.
6. **Picado:** La piel y el músculo fueron picadas de acuerdo al tamaño del crisol (pan).
7. **Pesado en crisol:** Se pesó en la balanza analítica de alta precisión 0,001 mg, para mayor exactitud juntos con las muestras con sus respectivos pesos descritos en cada metodología.
8. **Determinación de proìedades:** Se determinaron las propiedades térmicas como el Cp, Entalpia, Tº congelación y desnaturalización de proteínas en músculo y piel de tilapia ydoncella juvenil y adulto.

2.4.4. Determinación del calor específico en piel y músculo en la edad (juvenil y adulto)y la especie (tilapia y doncella).

Para determinar todas las propiedades térmicas se utilizó un equipo de calorimetría diferencial de exploración – DSC, modelo Discovery 2500 de TA Instruments procedencia USA, las muestras se escanearon a una velocidad de calentamiento de 5 ° C / min en un intervalode 0°C hasta 40 °C y de -50°C a 0°C para congelación. La línea de base se optimizóutilizando dos bandejas vacías (una colocada en el compartimiento del horno de referencia y laotra en el compartimiento del horno de muestra) y otra bandeja que contenía el zafiro y otra la muestra con un peso de 15 mg. Se utilizó el software de análisis de calor TA

Instruments (USA) para calcular la capacidad de calor específica aparente a partir de los datos de flujo de calor utilizando dos bandejas vacías como referencia. Los termogramas obtenidos se ajustaron a un modelo lineal para representar de manera más exacta los datos obtenidos mediante el DSC.

2.4.5. Desnaturalización de proteínas en piel y músculo en la edad (juvenil y adulto) y la especie (tilapia y doncella), en la temperatura de desnaturalización y entalpía de desnaturalización

Para el análisis de desnaturalización de proteínas. Se realizó mediante la metodología delmodulado DSC que se llevó a cabo dentro de un intervalo de temperatura oscilante entre 10
°Cy 90 °C. La velocidad de calentamiento lineal fue de 3°C/min, y la condición de modulacióndecalentamiento por un periodo de 60 s con una amplitud de 2°C. Se utilizó como muestra los tejidos de piel y músculo de cada especie de pescado en el estado de juvenil y adulto cada muestra por triplicado utilizando un peso alrededor de 15-20 mg en cápsulas (crisol) herméticas de aluminio, que posteriormente fueron tapadas utilizando una selladora marca TA Instruments. Se utilizó como referencia una cápsula vacía. En los termogramas obtenidos se determinó la temperatura inicial (onset) de desnaturalización de las proteínas, el pico de temperatura (peak temperature) máxima y la entalpía de desnaturalización de cada proteína (ΔH total (J/g)).

2.4.6. Temperatura de congelación y entalpía de congelación

Para determinar la temperatura de congelación y entalpía de congelación, la metodología que se utilizó fue enfriar de 10 ºC hasta -50 ºC a una velocidad de 5 °C/min manteniéndose en equilibrio en el punto luego un calentamiento de -50 ºC hasta 10 ºC a una velocidad de 5 °C/min. El muestreo de los tejidos de piel y músculo en la etapa de juvenil y adulto se realizó de acuerdo a lo descrito en el 2.4.4.

2.4.7. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de 2x2x2, teniendo entre ellas como primer factor Especie (tilapia y doncella), Edad

(juvenil y adulto) y el tipo de tejido (piel y músculo) con tres repeticiones, totalizando 24 ensayos para cada propiedad determinada Cp (en dos rangos de temperaturas), temperatura y entalpia de desnaturalización y temperatura y entalpía de congelación. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparados utilizando la prueba de Tukey. Las diferencias se consideron significativas al nivel del 5% y fueron determinadas utilizando un software estadístico SAS (Sistema de análisis Estadístico).

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis químico proximal

La composición química proximal en base seca, de piel y músculo de las especies tilapia(*Oreochromis niloticus*) y doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*), en edad juvenil y adulta, se expone en la Tabla 8. El contenido de humedad para músculo de tilapia en estado adulto y juvenil fue de 76,4% a 79,77%, en cuanto a la proteína está entre 91,47% y 91,53% y para la grasa este presentó de 2,39% a 3,39%. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Bravo et al., (2013), quienes reportaron una humedad de 80,03%, para la grasa está por encima de lo obtenido en el presente trabajo de investigación y para la proteína (70,71%) este se encuentra por debajo del valor obtenido para ejemplares de ambas edades, que va desde 91,47% a 91.53%.

Para la piel de tilapia en base seca (bs) se encontraron valores para el contenido de humedad entre 76,4% a 77,84%, para las proteínas de 93,33% a 95,74% y con un contenido de grasa de 2,27% a 2,84%. Los valores obtenidos son superiores a los determinados por Quintero(2017) quien obtuvo valores para humedad en piel de tilapia de 69,94%, proteína de 82,27% y contenido de grasa de 18,37% el cual es superior en el presente trabajo.

En cuanto a músculo de doncella, en edad juvenil y adulta, se obtuvieron valores de humedad entre 71,2% a 76,90%, proteínas de 76,39% a 83,12% y con un porcentaje de grasa de 13,89% a 15,54%, estos resultados están dentro de los rangos obtenidos por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (2012), quienes reportaron que la humedad de la doncella va desde 74,80% a 81,50%, con proteína entre 86,49% a 97,30% y con un contenido de grasa entre 1,47% a 43,57%.

Bravo et al., (2019), en piel de doncella, en base seca, obtuvo 59,73% de humedad, con un porcentaje de grasa de 18,66% y con un contenido proteico de 80,14%. En cuanto a los valores obtenidos en el presente trabajo, la humedad es ligeramente menor estando entre 52,56% a 57,8% en juvenil y adulto, para proteina este es inferior estando entre 49,37% a 54,03% y para grasa este es superior a lo reportado por Nuñes et al., (2008) estando entre 13,91% a 23,22%.

La variación en la composición químico proximal que existe en cada estado de las especies puede deberse a muchos factores como la alimentación y el contenido de

humedad, mientras en estado adulto se encuentra dentro de lo reportado.

Tabla 8

Composición fisicoquímica de músculo y piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella(*Pseudoplatystoma punctifer*), calculados en base seca.

Especie	Edad	Tipo de tejido	Componentes Bh	Componentes Bs	
			Humedad %	Proteína %	Grasa %
Tilapia	Juvenil	Piel *	77,84	91.47*	2,39*
		Músculo *	79,77	93,33*	2,27*
	Adulto	Piel**	71,80	95,74**	2,84**
		Músculo **	76,4	91.53**	3,39**
Doncella	Juvenil	Piel *	56,66	67,64*	16,01*
		Músculo *	76,90	83,12*	15,54*
	Adulto	Piel **	57,8	54,03**	23,22**
		Músculo **	71,2	76,39**	13,89**

**Laboratorio de Química y Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
*Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA) de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martin-Tarapoto (UNSM-T)

3.2. Determinación de la capacidad calorífica del tipo de tejido (músculo y piel), de laedad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) de 5 a 40 ºC.

Todas las gráficas de la figura 7 representan al promedio de la capacidad calorífica del músculo y piel de tilapia, adulto y juvenil, en un rango de 0 a 40ºC, se ajustaron a una temperatura de 10ºC a 38ºC ya que desde 0 a 10ºC la muestra entra a una etapa de adaptación el cual no representa una capacidad calorífica adecuada para predecir el modelo de regresión lineal. La gráfica (a) se ajustó mejor a un modelo polinomial de tercer grado, con un ajuste de R2 por encima del 80%. Sin embargo, para la gráfica (b) que corresponde de 23ºC a 38ºC se ajustó a un modelo lineal, con un R2 de más del 97% lo cual indicaría que es altamente predictivo.

Para la gráfica (c) al igual que las otras gráficas se tomó desde una temperatura de 10ºC hasta 26ºC, donde se ajustó a un modelo polinomial de tercer grado este modelo presentó un coeficiente de determinación R2 de 85,95 %., mientras que para la gráfica (d) presenta una ecuación lineal con un coeficiente de determinación R2 de 97,43%.

De acuerdo a la Figura 7, podemos decir que para el músculo de tilapia adulta la capacidad calorífica con una humedad de 76,4% se encuentra en un rango de 3,1191 J/(g.

ºC) para una temperatura de 10ºC y para 38ºC una capacidad calorífica de 3,1419 J/(g. ºC). Mientrasque para piel con humedad de 71,80% este rango va desde 3,1034 J/(g. ºC) para 10ºC hasta los38ºC con una capacidad calorífica de 3,1403 J/(g. ºC), al comparar ambos tejidos se puede apreciar que a mayor humedad mayor será la capacidad calorífica, esto se debe a que al tener una cantidad elevada de agua se va acercando a la capacidad calorífica del agua pura que es de4,182 J/(g. ºC).

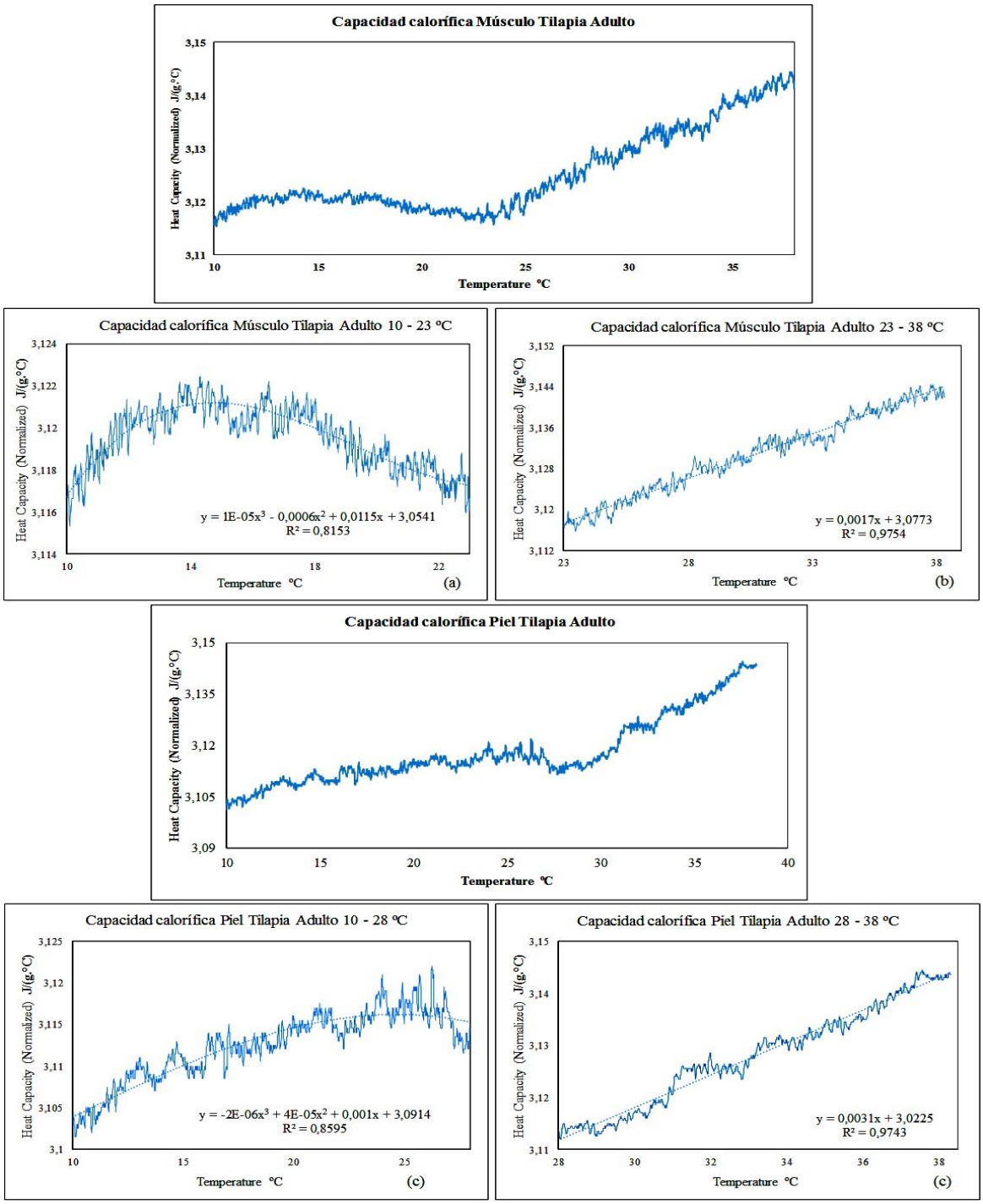

Figura 7. Tilapia adulta; (a) Músculo 10ºC a 23ºC, (b) Músculo de 23ºC a 38ºC, (c) Piel 10ºC a 28ºC, (d) Piel28ºC a 38ºC.

Para la capacidad calorífica en músculo de tilapia juvenil Figura 8, se puede apreciar enla figura (a), que puede ser representa por un modelo polinomial de tercer grado, el cual presentó un coeficiente de determinación R2 de 85,69% en un rango de temperatura de 10ºC a 27ºC. En cuanto a la figura (b) el rango para la determinación del modelo de regresión lineal fue de 27ºC a 38ºC, resultando una ecuación lineal con un coeficiente de determinación R2 de 92,76%.

En el caso de la capacidad calorífica para la gráfica (c) se tomó desde los 5ºC a 28ºC, el cual se ajustó a una ecuación polinomial de tercer grado con un coeficiente de determinación R2 de 91,05%. En la figura (d) se observa un comportamiento lineal con un coeficiente de determinación de 96,48% en el rango de 28ºC a 38ºC.

Para el músculo de tilapia juvenil la capacidad calorífica alcanza un valor de 3,3166 J/(g.ºC) a una temperatura de 10ºC y a 38ºC, utilizando la ecuación lineal, la capacidad calorífica esde 3,334 J/(g. ºC) con una humedad de 79,77%; para el caso de piel de tilapia juvenil con humedad de 77,84%, se obtiene un valor de capacidad calorífica de 2,9343 J/(g. ºC) a temperatura de 10ºC y a 38ºC la capacidad calorífica es de 2,972 J/(g. ºC) aplicando a la ecuación lineal que representa esta propiedad en la gráfica (d).

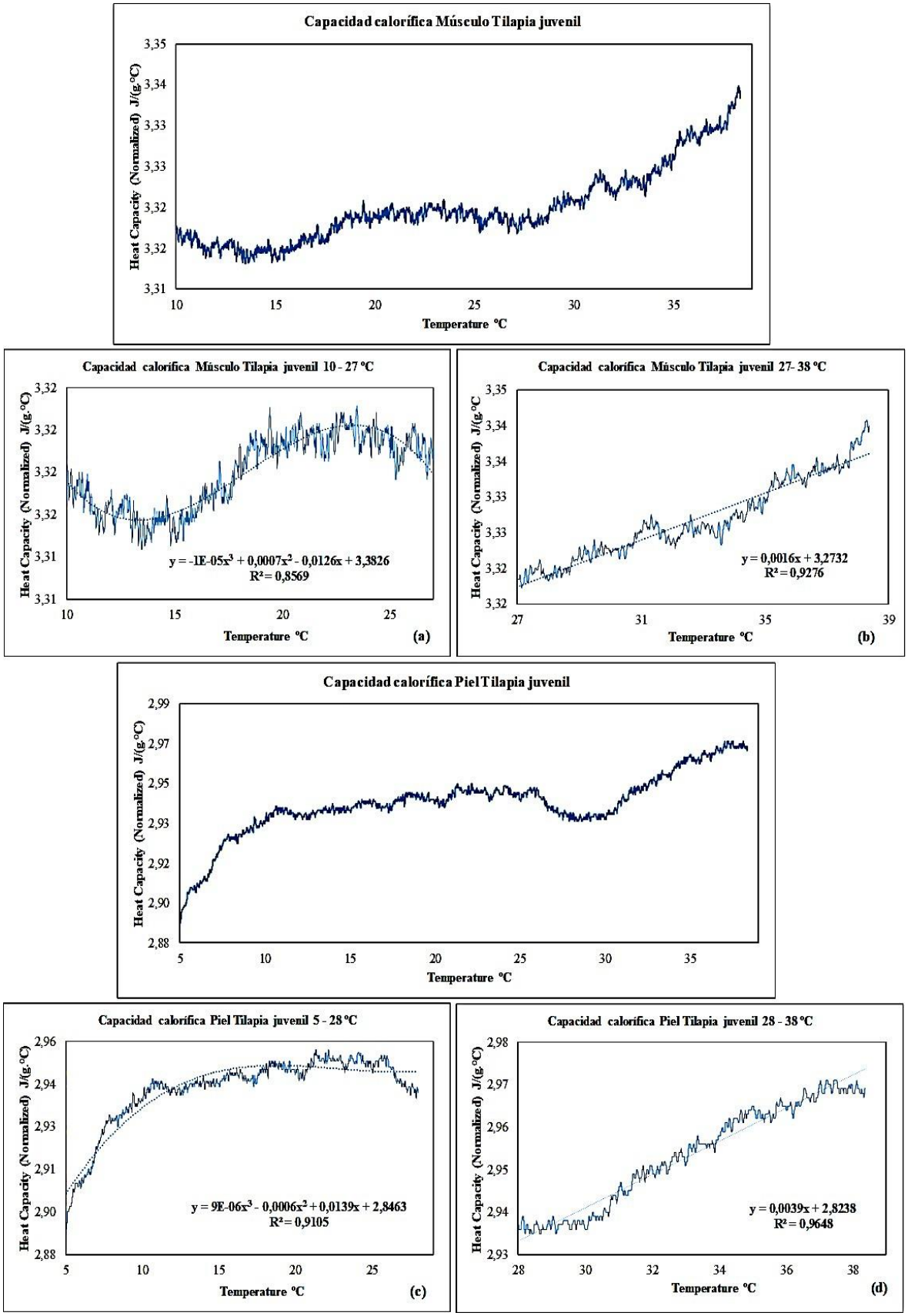

Figura 8. Tilapia juvenil; (a) Músculo 10ºC a 27ºC, (b) Músculo 27ºC a 38ºC, (c) Piel 5ºC a 28ºC, (d) Piel 28ºCa38ºC.

En la figura 9 se puede observar la variación de la capacidad calorífica del músculo de doncella, en la gráfica (a) para el intervalo de temperatura de 10ºC a 30ºC se ajustó con una ecuación polinomial de tercer grado con un coeficiente de determinación R2 de 93,11%. Para la gráfica (b) esta se ajustó mediante una ecuación lineal con un coeficiente de determinación R2 de 98,12%.

Para piel de doncella adulta se consideró un intervalo de 10ºC hasta los 38ºC para la predicción del calor especifico, para la gráfica (c) se consideró desde 10ºC a 27ºC ajustándose a los valores experimentales una ecuación polinomial de tercer grado con un R2 de 94,59%, así mismo para la gráfica (d) se ajustó a los valores experimentales una ecuación lineal con un coeficiente de determinación de 97,37% en un rango de temperatura de 27ºC a 38ºC.

Para el caso de doncella adulta se puede ver una gran diferencia en cuanto a la humedad entre músculo y piel el cual es un factor importante en la variación de la capacidad calorífica, para músculo con contenido de humedad de 71,2% al usar el polinomio de grado 3 para la determinación de la capacidad calorífica, se obtiene un valor mínimo de 3,3578 J/(g. ºC) a temperatura de 10ºC y con temperatura de 38ºC alcanza 3.3845 J/(g. ºC), respecto a la piel de doncella con contenido de humedad del 57,8% la capacidad calorífica calculada mediante la ecuación lineal alcanza valores 2,794 J/(g. ºC) a temperatura de 10ºC y a 38ºC es de 2,8483 J/(g.ºC), estos valores son inferiores a los obtenidos para músculo debido a su menor contenido de humedad (agua).

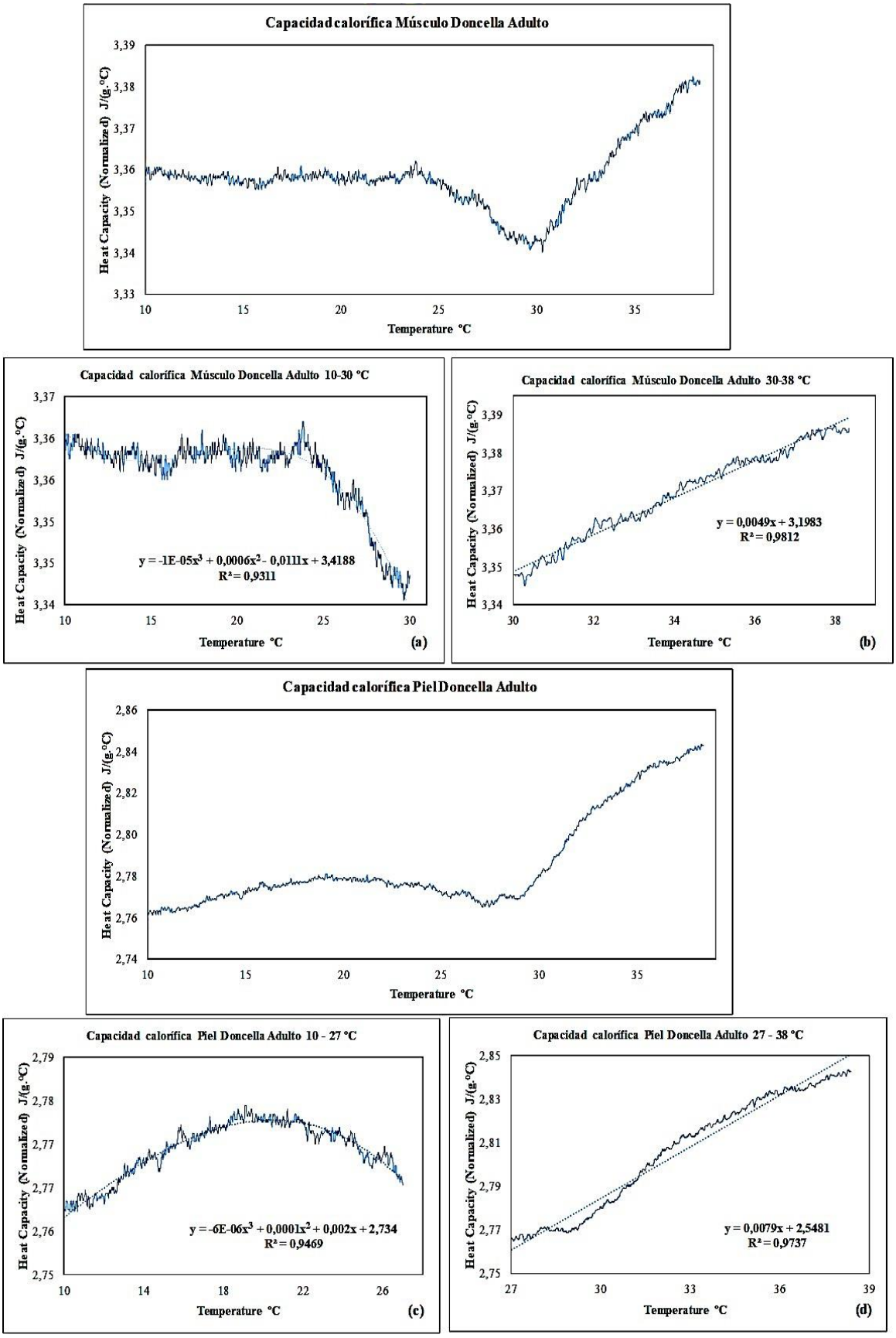

Figura 9. Doncella adulta; (a) Músculo 10ºC a 30ºC, (b) Músculo 30ºC a 38ºC, (c) Piel 10ºC a 27ºC, (d) Piel 27ºCa 38ºC.

En cuanto al músculo de doncella juvenil Figura 10, en la gráfica (a) se consideró un rango de temperatura de 10ºC a 30ºC, presentando mejor grado de ajuste un modelo polinomialde tercer grado con R2 de 92,42%. En la gráfica (b) para el intervalo de 30ºC a 38 ºC los datos fueron mejor representados por un modelo lineal con coeficiente de determinación R2 del 96,63%.

Para la capacidad calorífica de la piel de doncella juvenil, en la gráfica (c) se consideró un intervalo de temperatura de 10ºC hasta los 33,5ºC ya que hasta esta temperatura hay una disminución de la capacidad calorífica, a un modelo polinomial de tercer grado representó adecuadamente los valores experimentales con R2 del 97,82% y para la gráfica (d) un modelo lineal ajustó de manera adecuada los valores experimentales con un coeficiente de determinación del 99,41% en un rango de temperatura de 33,5ºC a 38ºC.

Al comparar ambos tejidos (músculo y piel) de doncella juvenil, asi como la figura 9, estos tienen una gran diferencia en el contenido de humedad, en este caso para músculo tiene 79,29% de humedad y capacidad calorífica entre 3,6838 J/(g. ºC) a temperatura de 10ºC y 3,6944 J/(g. ºC) para temperatura de 38ºC, con relación a la piel con contenido de humedad del52,56% su capacidad calorífica está entre los 3,1139 J/(g. ºC) para 10ºC y 3,1703 J/(g. ºC) para38ºC, esto se debe al contenido de humedad de cada tejido ya que al valor más elevado corresponde al agua pura.

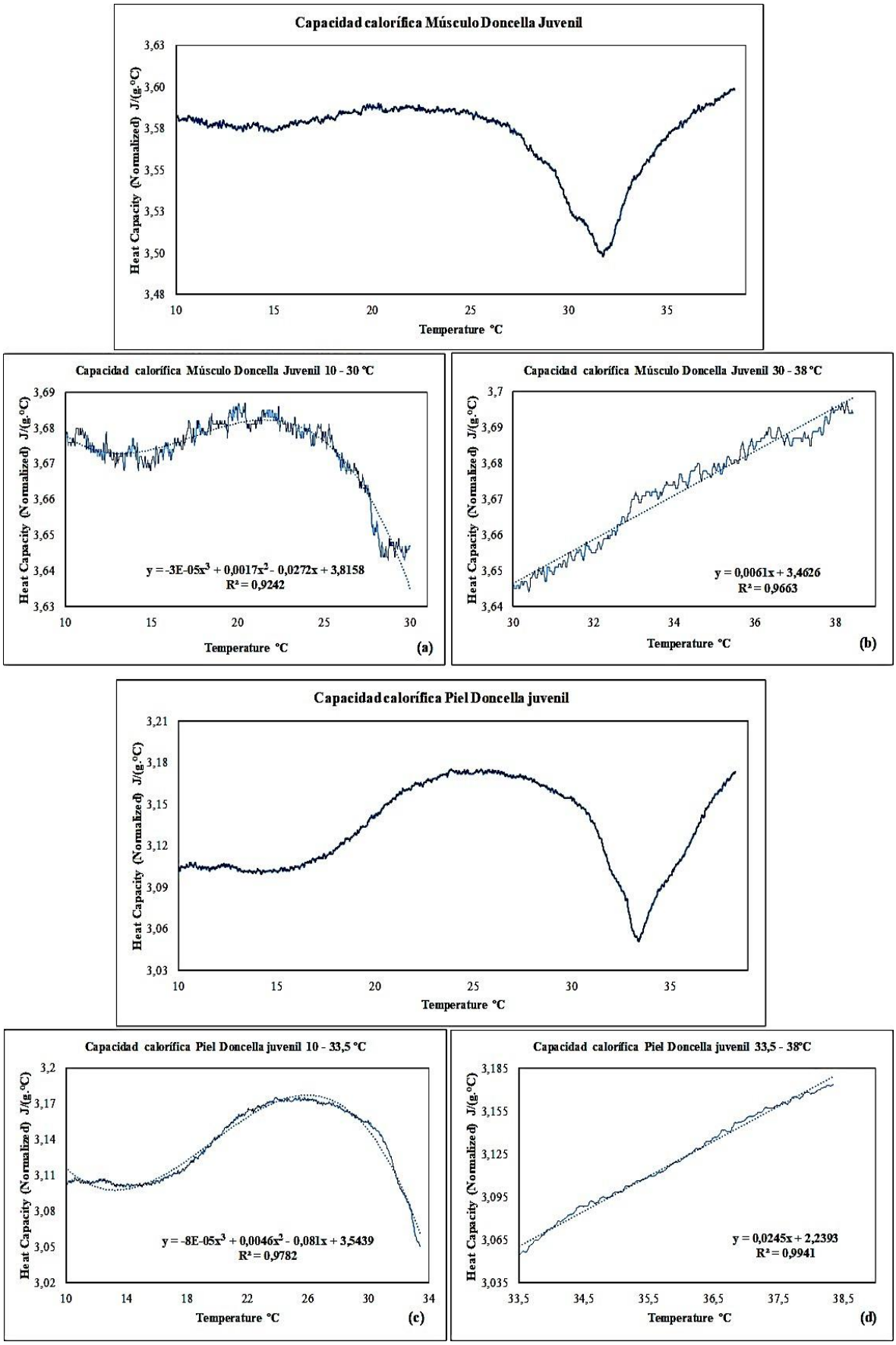

Figura 10. Doncella juvenil; (a) Músculo 10ºC a 30ºC, (b) Músculo 30ºC a 38ºC, (c) Piel 10ºC a 33ºC, (d) Piel33ºC a 38ºC.

Tabla 9

Valor promedio de la Capacidad Calorífica en un rango de 10ºC a 38ºC en músculo y piel de tilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto

Tratamien-tos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Cp J/(g. ºC) 10ºC	Cp J/(g. ºC) 25ºC	Cp J/(g. ºC) 38ºC
t1	Tilapia	Adulto	Piel	$3,1020^{C}$±0,02	$3,1150^{C}$±0,01	$3,1425^{C}$±0,00
t2	Tilapia	Adulto	Músculo	$3,1160^{C}$±0,01	$3,1190^{C}$±0,01	$3,1388^{C}$±0,00
t3	Tilapia	Juvenil	Piel	$2,9320^{D}$±0,00	$2,9400^{D}$±0,01	$2,9745^{D}$±0,01
t4	Tilapia	Juvenil	Músculo	$3,3183^{B}$±0,01	$3,3202^{B}$±0,00	$3,3386^{B}$±0,02
t5	Doncella	Adulto	Piel	$2,7620^{E}$±0,00	$2,7723^{E}$±0,00	$2,8415^{E}$±0,01
t6	Doncella	Adulto	Músculo	$3,3590^{B}$±0,00	$3,3577^{B}$±0,02	$3,3750^{B}$±0,02
t7	Doncella	Juvenil	Piel	$3,1050^{C}$±0,02	$3,1720^{C}$±0,00	$3,1670^{C}$±0,00
t8	Doncella	Juvenil	Músculo	$3,5806^{A}$±0,10	$3,5840^{A}$±0,010	$3,5623^{A}$±0,11

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, d y e en la misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente (p <0,05).

El Cp para la temperatura de 10ºC (Tabla 18) presentó diferencia altamente significativa ($p<0,01$) en especies, edades, tejidos y en la interacción especies por edades y por tejidos.

Para la temperatura de 25ºC el Cp (Tabla 19), muestra que en especies, edades y tejido existe una diferencia altamente significativa ($p<0,01$), así mismo en las interacciones especies por edades, especie por tejido y la interacción de las especies por edades por tejidos también existe diferencia altamente significativa ($p<0,01$), en cambio en la interacción edades por tejidospresentó diferencia significativa ($p<0,05$).

En la temperatura de 38ºC (Tabla 20) para la capacidad calorífica, al igual que el cp para 25ºC este presenta las mismas diferencias altamente significativas para especies, edades y tejidos, como también en las interacciones especies por edades, especie por tejido y la interacción de las especies por edad por tejido ($p<0,01$), mientras que para las edades por tejidospresentó diferencia significativa ($p<0,05$).

Reyes, Pérez & Mahn (2013) reportan que los valores de calores específico de la carne de locos (*Concholepas concholepas*), en un rango de temperatura de 5 °C a 45 °C, están entre 2,93 y 3,11 J/kg °C para locos frescos y entre 1,68 y 1,83 J/g °C para locos cocidos con un contenido de humedad igual a 70% y 63.8%, respectivamente; mientras que Radhakrishnan (1997) midió el calor especifico de diez mariscos diferentes, entre ellos incluyeron Pez azul con78,125% de humedad, corvina 79,605%, caballa 73,081%, salmón rosado 72,513%, lubina

negra 79,80%, mancha, camarón 84,655%, tilapia 77,712%, trucha gris 79,080% y atún aleta amarilla 73,107% de humedad. En la presente investigación para músculo de tilapia adulta (figura 7), la capacidad calorífica para una humedad de 76,4% se encuentra en un rango de 3,1191 J/(g. ºC) a 3.1419 J/(g. ºC); mientras que para la piel con una humedad de 71,80% este rango va desde 3,1034 J/(g. ºC) a 3,1403 J/(g. ºC), al comparar ambos tejidos se puede apreciarque a mayor humedad mayor será su capacidad calorífica. En la Figura 8 para el músculo de tilapia juvenil la capacidad calorífica se encuentra en un rango de 3,3166 J/(g. ºC) a 3,334 J/(g.ºC) con una humedad de 79,77%, para el caso de la piel este presenta una humedad de 77,84%, obteniendo una capacidad calorífica en un rango de 2,9343 J/(g. ºC) a 2,972 J/(g. ºC). En en el caso de la doncella existe gran diferencia en cuanto a la humedad del músculo y piel el cual es un factor importante en la variación de la capacidad calorífica, para el músculo este posee un contenido de humedad de 71,2% con una capacidad calorífica en un rango entre 3,3578 J/(g. ºC) a 3.3845 J/(g. ºC), respecto a la piel de doncella esta contiene una humedad del 57,8% y la capacidad calorífica varía de 2,794 J/(g. ºC) a 2,8483 J/(g. ºC). En la figura 10 para el músculo de doncella juvenil con 79,29% de humedad se tiene rango de capacidad calorífica entre 3,6838 J/(g. ºC) a 3,6944 J/(g. ºC), en cuanto a la piel con un contenido de humedad del 52,56% se tiene una capacidad calorífica de 3,1139 J/(g. ºC) a 3,1703 J/(g. ºC), todos los valores obtenidos dentro del presente trabajo de investigación son coincidentes con los reportados por los diferentes autores, en cuanto al músculo de ambas especies y edades con contenidos de humedad comprendidos entre 71,80% a 79,77%. La capacidad calorífica se encuentra en un rango de 3,1191 a 3,3578 J/(g. ºC) y en piel para ambas especies de diferentes edades de 2,794J/(g. ºC) a 3,1703 J/(g. ºC), con valores de humedad de 52% a 77,84% siendo los valores más bajos para la doncella ya queestos presentaron menor humedad y por ende menor capacidad calorífica en comparación a la tilapia.

3.3. Determinación de la temperatura, entalpía de desnaturalización en piel y musculo de tilapia y doncella

Se obtuvieron termogramas donde se pueden observar tres regiones, correspondientes alcomponente proteico principal, pueden identificarse miosina, proteínas sarcoplásmicas y actina,las cuales se presentan en las figuras 12 y 13 en piel y músculo de tilapia en estado adulto y juvenil y figura 14 y 15 en piel y músculo de doncella en estado adulto y juvenil.

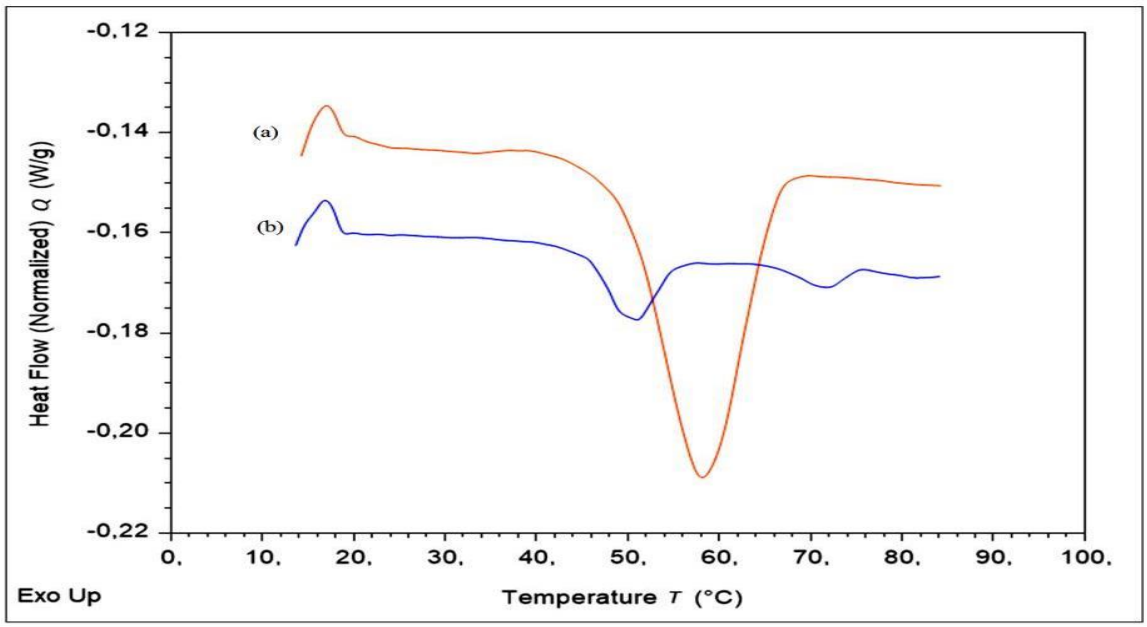

Figura 11. Termograma de tilapia adulta (a) piel; (b) músculo.

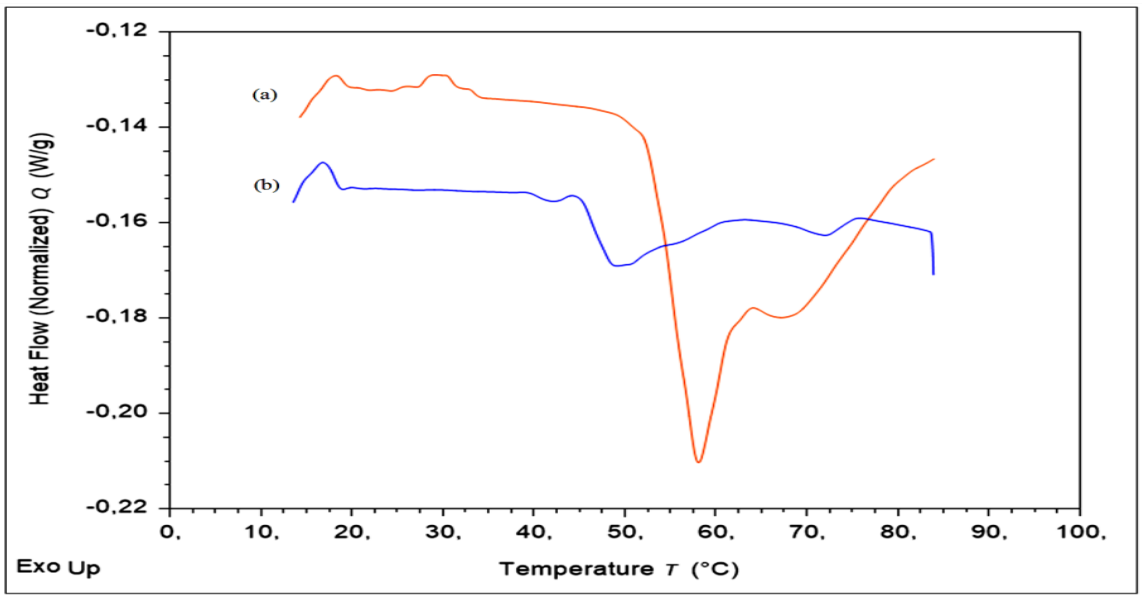

Figura 12. Tilapia en estado juvenil: (a) piel; (b) músculo.

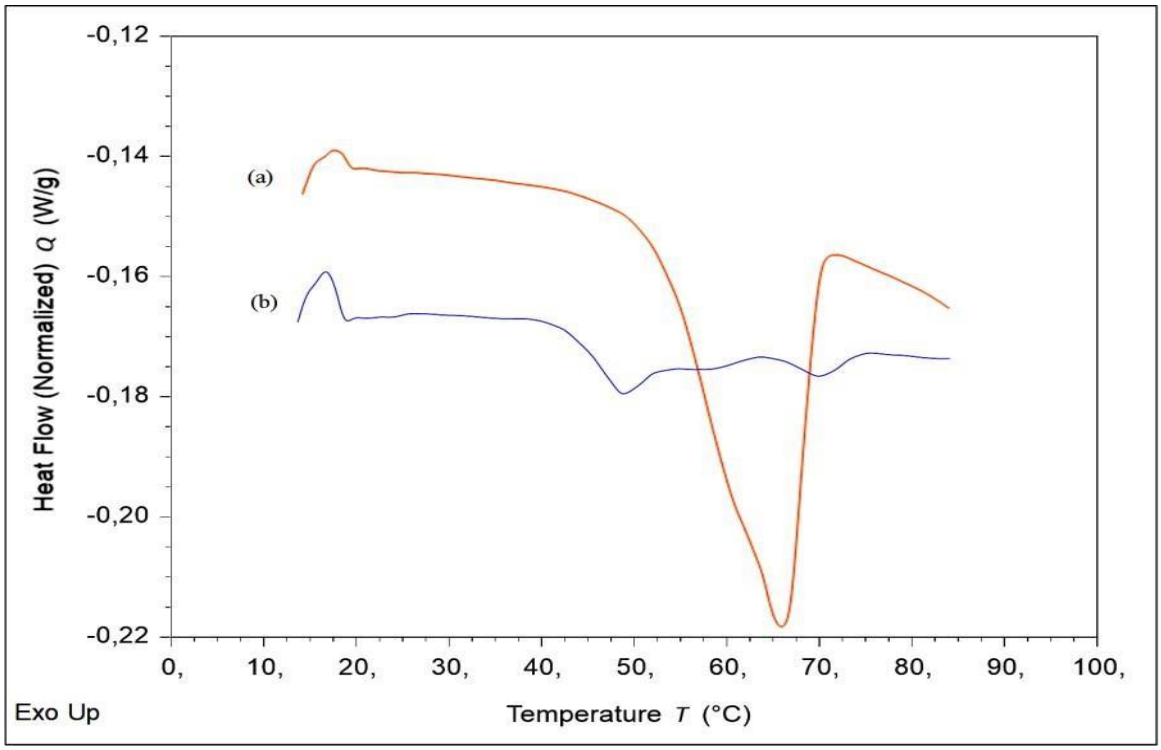

Figura 13. Doncella en estado adulto: (a) piel; (b) músculo.

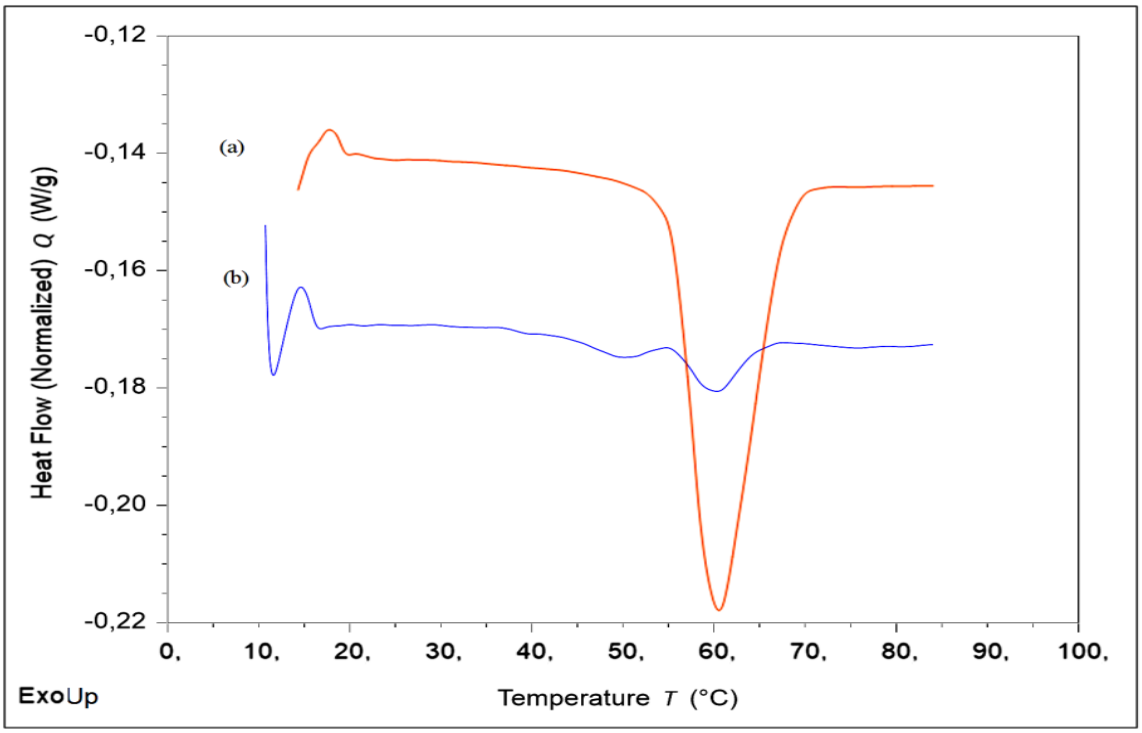

Figura 14. Doncella en estado juvenil: (a) piel; (b) músculo.

Se realizó el análisis de varianza en la desnaturalización de la actina en el músculo de tilapia y doncella en edades juvenil y adulto, en la entalpia de desnaturalización de la actina (Ver Tabla 22) se determinó que existe diferencia altamente significativa ($p<0,01$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey revela que hay diferencia significativa ($p<0,05$) en cuanto a las especies, también existe diferencia altamente significativa ($p<0,05$) en cuanto las edades y la interacción de especie por edades.

De acuerdo a los análisis de varianza (ANOVA) en la Temperatura inicial (TºOnset) (Tabla 23) realizados a los tratamientos y para las especies, se observó que existe diferencia significativa ($p<0,05$), para las especies y la interacción de especie por edades se observó que no hay diferencia estadística ($p>0,05$).

En la Temperatura máxima (Peak Temperature) muestra que existe diferencia significativa ($p<0,05$) en los tratamientos, la prueba Tukey (Tabla 24) indicó que entre las especies existe diferencia significativa ($p<0,05$), mientras que en las edades y la interacción deespecies por edades no existe diferencias significativas ($p>0,05$).

En cuanto a la Temperatura final (TºEndset) (Tabla 25) el análisis de varianza mostró que tanto los tratamientos, las especies y la interacción de especies por edades estadísticamenteexiste diferencia altamente significativa ($p<0,05$), lo contrario ocurre en las edades ya que no existe diferencia significativa ($p>0,05$).

Tabla 10

Valor promedio de la desnaturalización de la miosina en el músculo de tilapia (Oreochromisniloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto.

Tratamientos	Especie	Edad	ΔH (J/g) miosina	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	Adulto	$1,1173^{B}$±0,07	$44,21^{B}$±0,61	$48,88^{B}$±0,26	$56,95^{B}$±0,60
t4	Tilapia	Juvenil	$0,2744^{C}$±0,02	$44,31^{B}$±0,23	$49,81^{B,A}$±0,43	$54,41^{C}$±0,13
t6	Doncella	Adulto	$0,1914^{C}$±0,11	$45,66^{B,A}$±1,07	$50,03^{B,A}$±0,83	$56,89^{B}$±0,13
t8	Doncella	Juvenil	$1,6552^{A}$±0,11	$46,04^{A}$±0,08	$50,60^{A}$±0,61	$59,12^{A}$±0,58

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, en la misma columnacon diferentes superíndices difieren significativamente ($p<0,05$).

En el análisis de varianza de la desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas en la piel de tilapia y doncella en edades juvenil y adulto para la entalpia (Tabla 27) se encontró que en los tratamientos existe diferencia altamente significativa ($p<0,01$), asi mismo las especies y edades se observó que también existe diferencia altamente significativa ($p<0,05$), mientras en la interacción de las especies por edades solo existe diferencia significativa ($p<0,05$).

Para la Temperatura inicial (TºOnset) (Tabla 28) al realizar el análisis de varianza, si existe diferencia significativa ($p<0,05$) para los tratamientos y especies, para las edades se observó que existe diferencias altamente significativas ($p<0,01$), lo contrario ocurre para la interacción de especies por edades ya que no hay diferencia significativa ($p>0,05$).

De igual manera para la Temperatura máxima (Peak Temperature) (Tabla 29) la pruebaTukey arrojó que, para los tratamientos, especies, edades y la interacción entre las edades y especies estos presentan diferencia altamente significativa ($p<0,01$).

Finalmente, para el análisis de varianza de la Temperatura final (TºEndset) (Tabla 30) laprueba Tukey al contrario de la Temperatura máxima solo mostró que, para los tratamientos, especies, edades y la interacción que hay entre las edades y especies solo existe diferencia significativa ($p<0,05$).

Tabla 11

Valor promedio de la desnaturalización del colágeno en la piel de tilapia(Oreochromis niloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto.

Tratamientos	Especie	Edad	ΔH (J/g) Colágeno	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t1	Tilapia	Adulto	$15,4055^{A}$±0,17	$52,65^{C}$±0,60	$65,75^{A}$±0,67	$71,86^{A}$±0,87
t3	Tilapia	Juvenil	$10,6917^{C}$±0,31	$55,49^{B,A}$±0,38	$60,60^{B}$±0,25	$70,50^{A}$±1,00
t5	Doncella	Adulto	$3,3999^{D}$±0,26	$53,62^{B,C}$±0,43	$58,34^{C}$±0,92	$63,71^{B}$±0,27
t7	Doncella	Juvenil	$12,3315^{B}$±0,41	$56,99^{A}$±1,63	$57,17^{C}$±0,38	$69,46^{A}$±2,99

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, en la misma columnacon diferentes superíndices difieren significativamente ($p<0.05$).

Para la desnaturalización del colágeno de músculo de tilapia y doncella en edades juvenil y adulto el análisis de varianza (ANOVA) en la entalpia de desnaturalización (Tabla 32) se obtuvo que para los tratamientos y las edades estudiadas existe diferencia

altamente significativa (p<0,01), mientras la prueba de Tukey revela que no existe diferencia significativa (p>0,05) en cuanto a las especies, y para la interacción de las especies por las edades existe diferencia significativa (p<0,05).

Al realizar el análisis de varianza para la Temperatura inicial (TºOnset) (Tabla 33) se observó que tanto para los tratamientos, especies, edades y la interacción que hay entre las especies por edades existe diferencia altamente significativa (p<0,01).

Al igual que la Temperatura inicial (TºOnset), la Temperatura máxima (Peak Temperature) (Tabla 34) al realizar la prueba Tukey indicó que los tratamientos, especies, edades y la interacción que hay entre las especies por edades existe diferencia altamente significativa (p<0,01).

En cuanto a la Temperatura final (Tº Endset) (Tabla 35) el análisis de varianza mostró que tanto los tratamientos, las especies, edades y la interacción de especies por edades estadísticamente existe diferencia altamente significativa (p<0,01).

Tabla 12

Valor promedio de la desnaturalización del colágeno en músculo de tilapia (Oreochromis niloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto.

Tratamientos	Especie	Edad	ΔH (J/g) Colágeno	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	Adulto	$0,0633^{B}$±0,02	$65,00^{B}$±0,98	$69,61^{B}$±0,96	$75,11^{A}$±0,41
t4	Tilapia	Juvenil	$0,4847^{A}$±0,06	$56,30^{C}$±0,33	$60,47^{C}$±0,14	$66,61^{B}$±0,14
t6	Doncella	Adulto	$0,1808^{B}$±0,07	$69,77^{A}$±1,17	$72,04^{A}$±0,32	$74,58^{A}$±1,16
t8	Doncella	Juvenil	$0,4274^{A}$±0,01	$66,53^{B}$±0,31	$71,65^{A}$±0,51	$75,73^{A}$±0,17

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, enla misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente (p <0.05).

En primer lugar, el análisis de varianza en el músculo de tilapia, doncella en edades juvenil y adulto (Tabla 37) se determinó que para la Entalpia de desnaturalización de la actina en los tratamientos y las especies existe diferencia altamente significativa (p<0,01), para las edades y la interacción que existe entre las especies por edades se observó que no existe diferencia significativa (p>0,05).

En segundo lugar, el análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 38) para la Temperatura

inicial (TºOnset) nos arrojó que, para los tratamientos, edades y como para las especies existe diferencia altamente significativa (p<0,01), en cuanto a la interacción de especies por edades nohay diferencia significativa (p>0,05).

En tercer lugar, para la Temperatura máxima (Peak Temperature) (Tabla 39) la prueba Tukey demostró que para los tratamientos y especies existe diferencia estadística altamente significativa (p<0,01), y en las edades como para la interacción entre las especies por edades existo solo diferencia significativa (p<0,05).

Finalmente, para la Temperatura final (TºEndset) de la desnaturalización de la actina (Tabla 40) se observó que en la prueba Tukey los tratamientos y especies hay diferencia significativa (p<0,05), sin embargo, para las edades y la interacción de las especies por edadesno se encontró diferencia significativa (p>0,05).

Tabla 13

Valor promedio de la desnaturalización de la actina en músculo de tilapia (Oreochromis niloticus), doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil y adulto.

Tratamientos	Especie	Edad	ΔH (J/g) Actina	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	Adulto	$0,0389^{A}$±0,01	$76,21^{B}$±0,28	$79,64^{A}$±0,47	$82,73^{B,A}$±0,23
t4	Tilapia	Juvenil	$0,0424^{A}$±0,01	$73,45^{C}$±0,84	$76,16^{B}$±0,98	$81,74^{B}$±0,06
t6	Doncella	Adulto	$0,0141^{B}$±0,00	$79,28^{A}$±0,64	$81,14^{A}$±0,83	$83,29^{B,A}$±0,77
t8	Doncella	Juvenil	$0,0187^{B}$±0,01	$77,08^{B}$±0,79	$80,95^{A}$±0,18	$83,02^{A}$±0,76

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, enla misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente (p <0.05).

Los termogramas obtenidos del DSC (Figura 12 a 15) expresados en las tablas (Tabla 10 a 13) del músculo y piel de tilapia y doncella en estado juvenil y adulto, se observa que las proteínas de ambas especies presentan 3 picos endotérmicos, en cuanto al músculo podemos observar que los termogramas de los distintos tratamientos, presentan un patrón similar entre sí, sin observarse cambios aparentes en la naturaleza de las transiciones térmicas. Sin embargo, mediante el análisis de los termogramas se observó que existe una tendencia hacia incrementarse los valores de Tmax promedio para las

especies juveniles (tilapia y doncella) siendo 49,81±0,43 ºC y 50,60±0,61 ºC y los adultos (tilapia y doncella) de 48,88±0,26 ºC y 50,03±0,83 ºC para el primer pico de transición térmica, en cuanto a la segunda transición térmica obtenido del músculo estas presentaron temperaturas de 60,47±0,14 ºC para tilapia juvenil y 69,61±0,96 para tilapia adulta y para las doncellas en estado (joven y adulto) presentaron temperaturas de desnaturalización de 71,65±0,51 ºC y 72,04±0,32 ºC respectivamente, para la piel estos presentaron temperaturas de 60,60±0,25 ºC y 65,75±0,67 para tilapia (joven, adulto), así mismo para la doncella en estado (joven, adulto) obtuvieron temperaturas de 57,17±0,38 ºC y 58,34±0,92 ºC, para la tercera transición térmica obtenida en el músculo fue de 76,16±0,98 ºC para tilapia juvenil y 79,64±0,47 ºC para tilapia adulta, en la doncella para los estados (juvenil y adulto) estos presentaron temperaturas máximas de 80,95±0,18 ºC y 81,14±0,83 ºC respectivamente. Resultados similares a los del presente estudio fueron reportados por Olivas, Sandez, Haard, Aguilar, & Brauer, (2004) atribuyen la primera transición endotérmica y corresponde a la miosina (50°C), en la segunda a la proteínas sarcoplásmicas (69°C) y por ultimo a la actina (79°C), a comparación de Thorarinsdottir, Arason, Geirsdottir, Bogasonn& Kristbergsson (2002) quienes obtuvieron las temperaturas de desnaturalización de bacalao salado (*Gadus morhua*) con una humedad 75,86%, estos autores registraron temperaturas inferiores a lo descrito anteriormente, Tmáx para la miosina fue de 43,5ºC, para las proteínas sarcoplasmáticas de 59,3 ºC y para la actina de 73,6 ºC. Mientras que Wright, Leach & Wilding (1977) obtuvieron picos de transición endotérmicos en el músculo de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el cual la temperatura Tmax para la miosina fue mayor a lo obtenido y reportados por los demás autores esta fue de 60ºC, mientras que las transiciones endotérmicas de la desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas y actina fueron de 67ºc y 80ºC respectivamente los cuales se aproximan a lo obtenido en la presente investigación.

De acuerdo a los autores citados y los promedios de los datos obtenidos de las temperaturas de desnaturalización, es muy probable que los picos I, II y III obtenidos en los termogramas del presente estudio (Figura 12 al 15) correspondan a los picos de transición térmica de la miosina, colágeno y actina respectivamente; es por ello que para este estudio asumiremos que los 3 picos de transición térmica encontrados en el perfil calorimétrico del tipo de tejido (músculo y piel), de la edad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) correspondan Pico I (Miosina), Pico II (Colágeno) y Pico III (Actina).

3.4. Determinación de la temperatura de congelación y entalpia de congelación del tipode tejido (músculo y piel), de la edad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella).

Los registros de temperatura de congelación y entalpia de congelación en el tejido (músculo y piel), de la edad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) , se presentan enla tabla 14, y su respectivas curvas de congelación en las Figuras (20 al 23), donde se observa un comportamiento similar para las muestras, estos datos nos permiten visualizar la temperatura dentro del filete de cada especie; los que permiten obtener las curvas de congelación y entalpia de congelación así mismo identificar el inicio de la formación de cristales de hielo dentro de losfiletes de cada especie.

En la tabla 14, podemos observar la temperatura TºOnset de congelación en la piel y músculo de las especies Tilapia y Doncella en las edades de juvenil y adulto (Tabla 42) el cual presentó diferencia altamente significativa ($p<0,01$) para los tratamientos, así mismo para las especies, edades y tejido estas no presentaron diferencia significativa ($p>0,05$), en la interacciónespecies por edades existe diferencia significativa ($p<0.05$), en cuanto a la interacciones de las especies por tejidos, edades por tejidos y especies por edades por tejidos la prueba Tukey presento una diferencia altamente significativa ($p<0,01$).

De acuerdo a los análisis de varianza (ANOVA) para la entalpia de congelación (Tabla 43) realizados a los tratamientos este se observó que existe diferencia altamente significativa ($p<0,05$), para las especies, edades, tejido y las interacciones de estas al igual que los tratamientosestos también presentaron diferencia altamente significativa ($p<0,01$).

En cuanto a la Temperatura máxima (Peak Temperature) (Tabla 44) el análisis de varianza mostró que muestra que existe diferencia altamente significativa ($p<0,01$) en los tratamientos, la prueba Tukey al igual que los tratamientos las especies y tejidos presentaron diferencia altamente significativa ($p<0,01$), mientras para las edades así como la interacción de las especies por tejidos, edades por tejidos y la interacción de las especies por edades por tejidosmostraron que existe diferencia significativa ($p<0,05$), y la interacción de especies por edades no existe diferencias significativas ($p>0,05$).

Tabla 14

Valor promedio de la temperatura de congelación y entalpia de congelación en músculo y piel de tilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenily adulto.

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Peak temperature (°C)	T° Onset (°C)	ΔH (J/g) Congelación
t1	Tilapia	Adulto	Piel	-0,30^{C}±0,17	-1,98^{A}±0,54	131,6567^{F}±1,56
t2	Tilapia	Adulto	Musculo	0,37^{B,A}±0,25	-3,48^{B}±0,50	194,3467^{B}±2,39
t3	Tilapia	Juvenil	Piel	-0,15^{B,C}±0,10	-3,44^{B}±0,37	182,4967^{C}±2,30
t4	Tilapia	Juvenil	Musculo	0,58^{A}±0,21	-3,48^{B}±0,17	225,7667^{A}±1,98
t5	Doncella	Adulto	Piel	-0,29^{C}±0,33	-4,55^{C}±0,09	165,5417^{D}±1,35
t6	Doncella	Adulto	Musculo	-0,43^{C}±0,09	-1,55^{A}±0,12	130,6267^{F}±1,93
t7	Doncella	Juvenil	Piel	-0,52^{C}±0,01	-2,26^{A}±0,36	146,9767^{E}±2,81
t8	Doncella	Juvenil	Musculo	0,32^{B,A}±0,21	-3,34^{B}±0,25	170,8467^{D}±2,36

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, d, e, f, en la misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente (p <0.05).

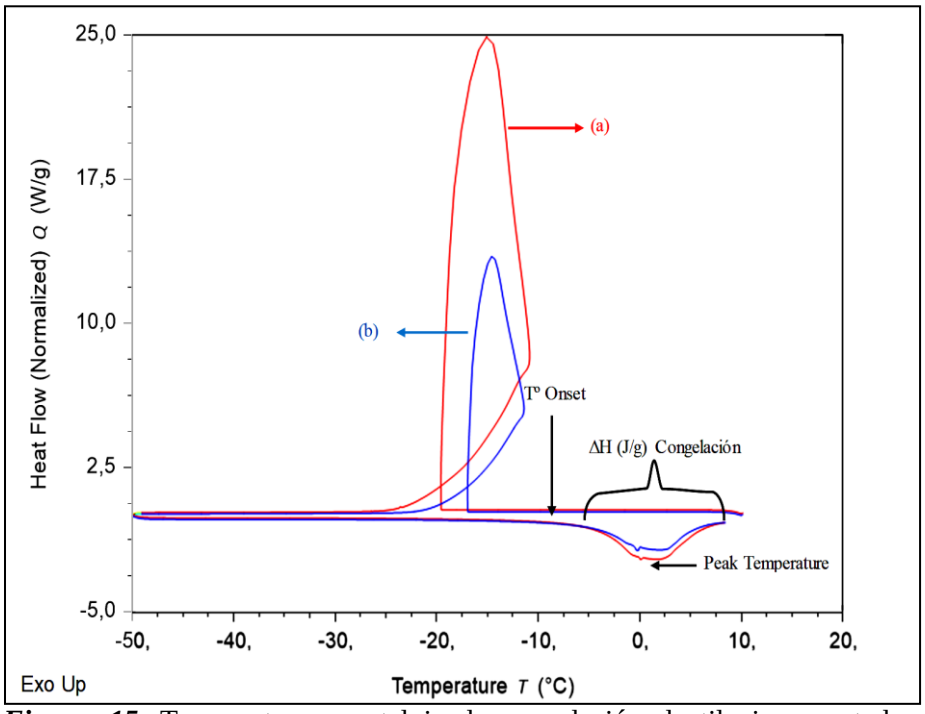

Figura 15. Temperatura y entalpia de congelación de tilapia en estado adulto: (a) músculo; (b) piel.

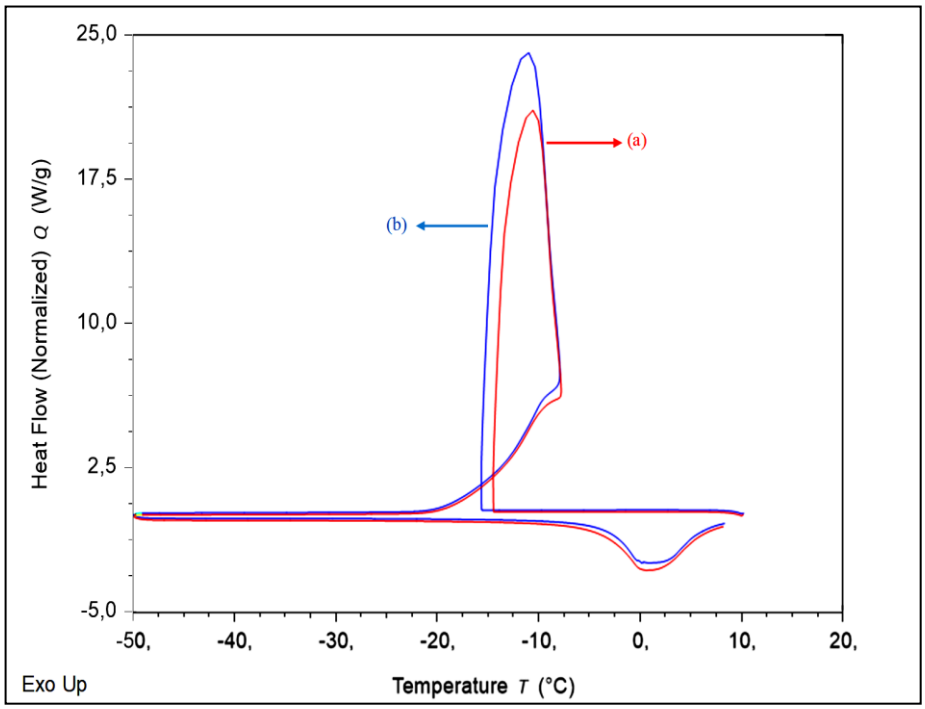

Figura 16. Temperatura y entalpia de congelación de tilapia en estado juvenil: (a) músculo; (b) piel.

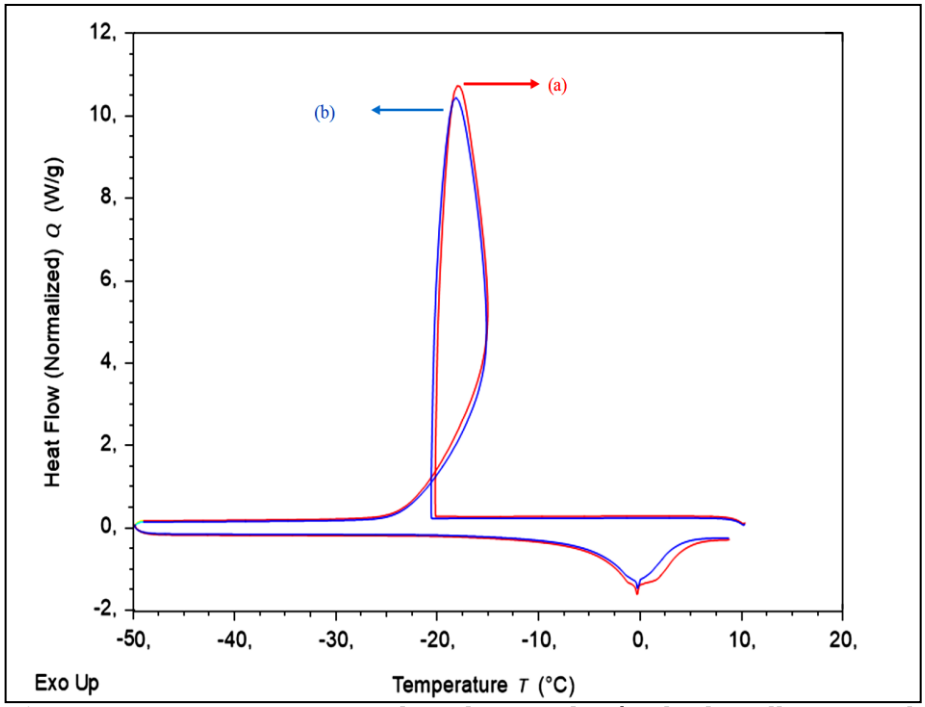

Figura 17. Temperatura y entalpia de congelación de doncella en estado adulto: (a) músculo; (b) piel.

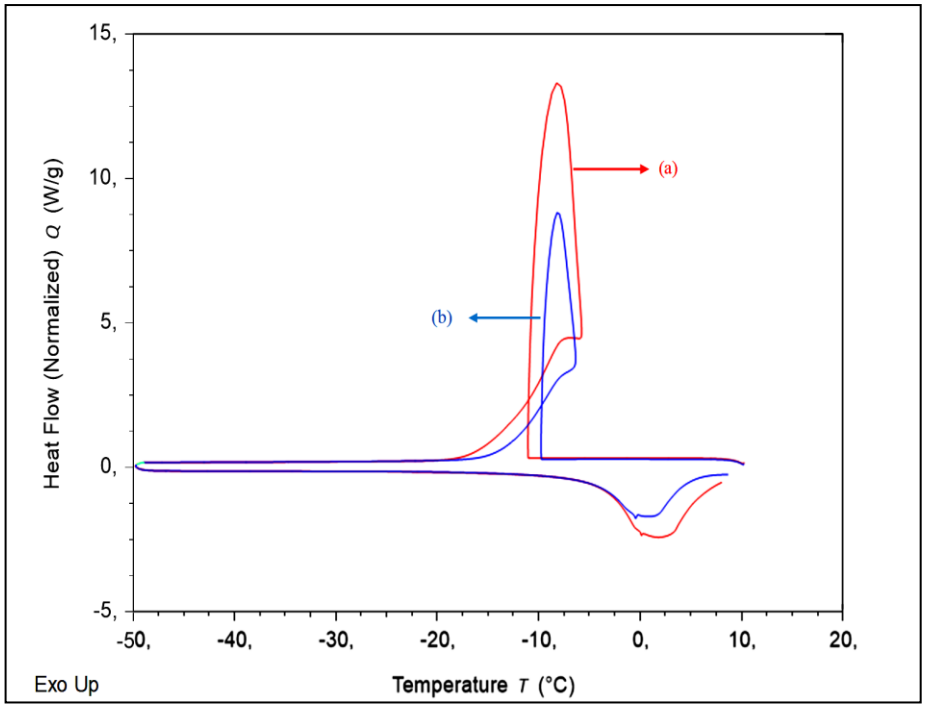

Figura 18. Temperatura y entalpia de congelación de doncella en estado juvenil: (a) músculo; (b) piel.

El conocimiento de la cantidad de hielo en un alimento es de suma importancia ya que este nos ayuda para aumentar la vida útil del producto y para ello más del 80% de agua debe transformarse en hielo (Genot 2000). Como podemos observar en la tabla 14, se obtuvieron valores para la temperatura de congelación y entalpía de congelación de las especies juveniles (tilapia y doncella) en cuanto al músculo estos fueron de 0,58±0,21 a -3,48±0,17 ºC y 0,32±0,21 ºC a -3,34±0,25 con entalpías de 225,77±1,98 J/g y de 170,85±2,36 J/g y para los adultos en unrango de (tilapia y doncella) de 0,37±0,25 ºC a -3,4±0,50 y -0,43±0,09 ºC a -1,55±0,12 ºC con entalpías de 194,35±2,39 J/g y 130,63±1,93 J/g, para la piel en las especies juveniles se obtuvo temperaturas de -0,15±0,10 ºC a -3,44±0,37 ºC para tilapia con entalpia de 182,50±2,30 ºC y para doncella una temperatura de -0,52±0,01 ºC a -2,26±0,36ºC y en cuanto a entalpia de 146,98±2,81 J/g, en cuanto a los adultos (tilapia y doncella) estos presentaron temperaturas -0,30±0,17 ºC a -1,98±0,54 ºC y -0,29±0,33 ºC a 4,55±0,09 ºC así como las entalpias de 131,66±1,56 J/g y 165,54±1,35 J/g respectivamente. Estos datos son muy similares a los reportados por Bainy, Eduarda, Corazza, Marcos, Lenzi, Marcelo (2015) quienes determinaronla temperatura de congelación (Tf) de la hamburguesa de pescado tilapia por medio del DSC fue de -2,8 ± 0,4ºC con una entalpía de 136,4 ± 16,6 J/g datos que fueron similares al método de la curva de enfriamiento que obtuvieron una temperatura Tf de -

2,7 ± 0,1 ºC, mientras que Chen & Pan (1995) reportaron que para muestras de músculo de tilapia. La temperatura máximamedia de congelación fue de -1.03 ºC±0,07 y en cuanto a la entalpía los termogramas dieron una entalpía de fusión, ΔH, de 219,1 kJ/kg±11.2 para el músculo de tilapia.

3.5. Determinación de la capacidad calorífica del tipo de tejido (músculo y piel), de laedad (joven y adulto) en la especie (tilapia y doncella) de 0 a -50 ºC.

Para la determinación de la capacidad calorífica de -50 a 0ºC se tomó el mismo criteriodescrito en el cálculo de la capacidad calorífica entre 0 a 40º para poder predecir mediante un ajuste lineal el modelo que mejor determine la capacidad calorífica en función al tipo de tejido (músculo y piel), edad (juvenil y adulto) y especie (tilapia y doncella).

Para la determinación de la capacidad calorífica se empleó el mismo método que para elcalor especifico de 0ºC a 40ºC, en la figura 24 se muestra las variables y constantes para determinar la capacidad calorífica de músculo y piel de tilapia en estado juvenil y adulto en unrango de temperatura de -45 a -15 °C ya que a este rango se ajusta mejor a los datos obtenidos por el DSC. Para el músculo de tilapia en estado juvenil (a) se obtuvo un ajuste a una ecuaciónpolinomial de tercer grado con un coeficiente de determinación R^2 del 99,58%, para la piel en este estado se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 97,54% con un ajuste polinomial de tercer grado como se muestra en la figura (b), en el caso del estado adulto para la tilapia al igual que los dos anteriores se ajustaron a un modelo polinomial de tercer grado para músculo de doncella (c) y para piel de doncella (d) con un coeficiente de determinación R^2 de 99,69% y96,69% respectivamente.

La capacidad calorífica para cada uno de ellas, usando el ajuste polinomial de tercer grado, se obtiene que para el músculo de tilapia en estado juvenil se encuentra entre 1,6178 J/(g.ºC) para la temperatura de -45ºC y 2,6618 J/(g. ºC) a una temperatura de -15ºC con una humedadde 79,77%, para piel estos se encuentran comprendidos entre 1,7862 J/(g. ºC) en -45ºC y 2,5332 J/(g. ºC) en -15ºC con humedad del 77,84%, mientras la capacidad calorífica para la tilapia en estado adulto es de 1,6582 J/(g. ºC) para -45ºC y 2,7202 J/(g. ºC) en -15ºC con humedad del 76,4% y para la piel de este es 1,6934 J/(g. ºC) y 2,3384 J/(g. ºC) comprendidos entre (-45ºC a -15ºC) respectivamente.

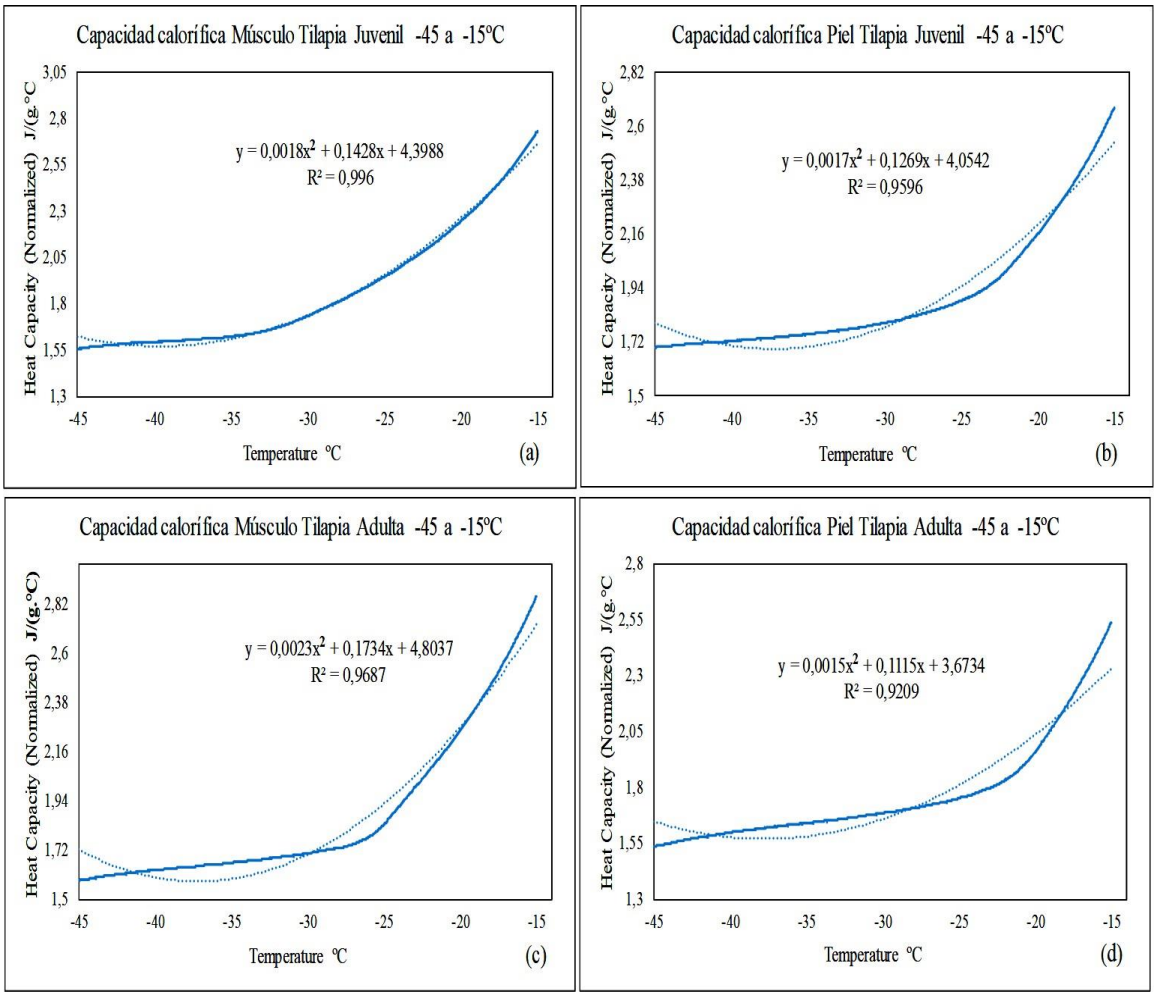

Figura 19. Tilapia de -45 a -15ºC; (a) Músculo juvenil, (b) Piel juvenil, (c) Músculo adulto, (d) Piel adulto.

En el figura 25, determinamos las ecuaciones para músculo y piel de doncella en estado juvenil y adulto, donde el promedio se ajustó a un modelo polinomial de tercer grado, mostrándose también el coeficiente de correlación R^2 de 99,93% para el músculo de doncella en estado juvenil (a), al igual que la piel (b) este presentó un modelo polinomial de tercer grado con un R^2 de 99,77%, por otra parte para el estado adulto en músculo (c) y piel (d) ambos presentaron un modelo polinomial de tercer grado con un coeficiente de correlación R^2 de 99,75% y 99,06% respectivamente.

Al usar cada una de los modelos de regresión lineal podemos obtener que para el músculo de doncella en estado juvenil la capacidad calorífica se encuentra entre 1,912 J/(g. ºC) para la temperatura de -45ºC y 2,578 J/(g. ºC) a una temperatura de -15ºC con una humedad de 79,29%, para piel estos se encuentran comprendidos entre 1,7667 J/(g. ºC) en -45ºC y 2,2437 J/(g. ºC) en -15ºC con humedad del 52,56%, mientras la capacidad calorífica para la doncella en estado adulto es de 1,8760 J/(g. ºC) para -45ºC y 2,5960

J/(g. ºC) en -15ºC con humedad del 71,2% y para la piel de este es 1,8378 J/(g. ºC) a -45ºC y 2,0928 J/(g. ºC) a -15ºC con una humedad del 57,8%.

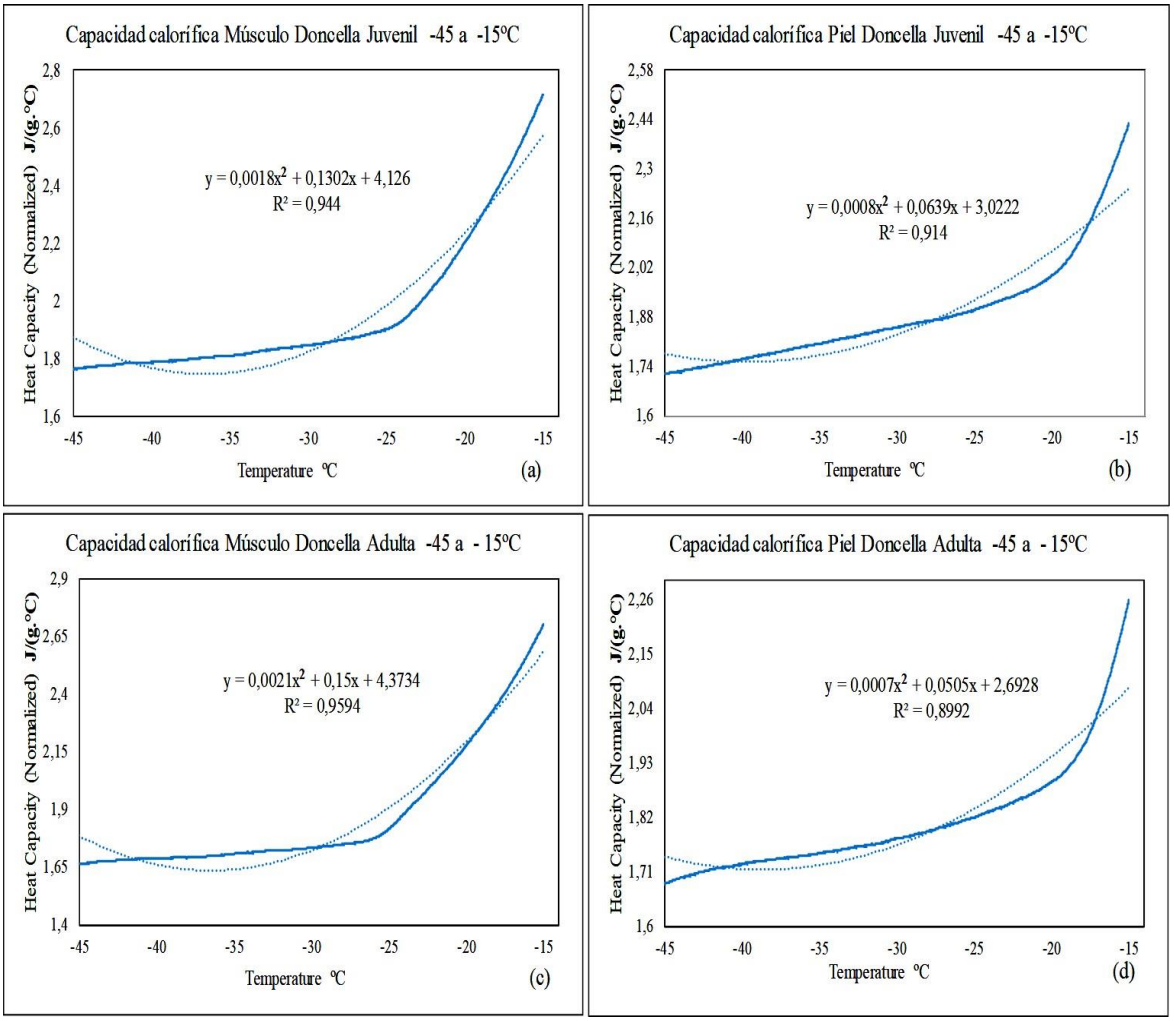

Figura 20. Doncella de -45 a -15ºC; (a) Músculo juvenil, (b) Piel juvenil, (c) Músculo adulta, (d) Piel adulta.

En la tabla 15, observamos la capacidad calorífica para la temperatura de -45ºC, los cuales en la (Tabla 46) se encuentra el grado de significancia para cada tratamiento, los cuales presentan diferencia altamente significativa ($p<0,01$) para las especies, edades y la interacción de las especies por edades por tejidos, mientras que para las especies por tejidos presentó diferencia significativa ($p>0,05$) y en cuanto a tejidos, especies por edades y edades por tejidosno presentaron diferencias significativas ($p>0,05$).

Para la capacidad calorífica en la temperatura de -15ºC el análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 47) se observó que existe diferencia altamente significativa ($p<0,01$), para las especies y tejidos, a de las edades, especies por tejidos y edades por tejidos presentó diferencia significativa ($p<0,05$), mientras que para las especies por edades y la

interacción de las especiespor edades y tejidos no existe diferencia significativa (p>0,05).

Tabla 15

Valor promedio de la Capacidad Calorífica en un rango de -45ºC a -15ºC en músculo y piel detilapia (Oreochromis niloticus) y doncella (Pseudoplatystoma punctifer) en edades de juvenil yadulto

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Cp J/(g. ºC) -45ºC	Cp J/(g. ºC) -15ºC
t1	Tilapia	Adulto	Piel	$1,5847^{D}$±0,02	$2,5383^{B,C}$±0,02
t2	Tilapia	Adulto	Músculo	$1,6255^{D,C}$±0,00	$2,8517^{A}$±0,00
t3	Tilapia	Juvenil	Piel	$1,6973^{B}$±0,01	$2,6737^{B,A}$±0,04
t4	Tilapia	Juvenil	Músculo	$1,6285^{D,C}$±0,04	$2,7303^{B,A}$±0,19
t5	Doncella	Adulto	Piel	$1,7097^{B}$±0,03	$2,2590^{D}$±0,05
t6	Doncella	Adulto	Músculo	$1,6873^{B,C}$±0,02	$2,7047^{B,A}$±0,06
t7	Doncella	Juvenil	Piel	$1,7203^{B,A}$±0,03	$2,4041^{D,C}$±0,02
t8	Doncella	Juvenil	Músculo	$1,7743^{A}$±0,02	$2,7163^{B,A}$±0,02

Todos los valores son la media ± desviación estándar de dos mediciones. Los valores a, b, c, d en la misma columnacon diferentes superíndices difieren significativamente (p <0.05).

Como podemos tanto para la figura 24 y 25 el músculo de cada especie (tilapia y doncella) en estado (juvenil y adulto) el contenido de agua es mayor encontrándose entre 71,2 y 79,77% es por ello que la capacidad calorífica es mayor a comparación que la piel para ambas especies y en distintas edades que se encuentra entre 57,8% a 77,84% , era mayor humedad mayor será la capacidad calorífica, de acuerdo a esto podemos corroborar lo descrito por Heldman y Singh (2009) y Lewis (2000) que a medida que el contenido de agua o humedad va disminuyendo el calor especifico de igual manera disminuye, por ende en el presente trabajo se verifica esa variación entre las especies, edades y tejidos.

CONCLUSIONES

1. El músculo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*)en estado adulto en la caracterización proximal presentó un porcentaje de humedad, proteína de 76,4% y 71,2% base seca, grasa de 3,39% y 13,89% en base seca respectivamente. En estado juvenil para músculo de tilapia y doncella se obtuvo 79,77% y 76,90% de humedad, en cuanto a la proteína 93,33% y 83,12%, para la grasa de 2,27% y 15,54%. Para la piel la caracterización proximal en base seca se obtuvo para la tilapia y doncella en estado adulto de 71,80% y 57,8% de humedad, proteína de 95,74% y 54,03% y grasa de 2,84% y 23,22%. En cuanto al estado juvenil presentó una humedad de 77,84% y 57,8%, proteína de 91,47% y 67,64% y un contenido de grasa de 2,39% y 13,91% respectivamente.

2. El método usado en la calorimetría diferencial exploración para obtener los parámetros de Cp de 0 a 40ºC el cual se ajustó a una ecuación lineal para generar un modelo matemático que permitió explicar y predecir el Cp obtenido encontrando, para el músculo y piel de tilapia juvenil fue 3,32J/g.ºC y 3,34J/g.ºC y de 2,93J/g.ºC y 2,97J/g.ºC, en cuanto a la determinación del cp de doncella juvenil en músculo y piel se estuvo un Cp entre 3,58 y 3,56 y 3,11 y 3,17; para el músculo y piel de doncella adulto fue de 3,35y 3,38 y 2,76 y 2,84 J/g°C, respectivamente.

3. Las temperaturas y entalpías de desnaturalización de las proteínas tomando el Peak temperature de la miosina, colágeno y actina obtenidos mediante la metodología del DSC fueron, para la miosina para tilapia juvenil y adulto fue de 49,81ºC±0,43 y 0,27J/g±0,07 y 48,88ºC±0,26 y 1,12J/g±0,02, para doncella juvenil y adulta 50,60ºC±0,61 y 1,66J/g±0,11 y 50,03ºC±0,83 y 0,19J/g±0,11. Para el colágeno en piel para tilapia juvenil y adulto fue de 60,60ºC±0,96 y 10,69J/g±0,02 y 65,75ºC±0,67 y 15,4055J/g±0,17; para el músculo en tilapia juvenil y adulto fue de 60,47ºC±0,14 y 0,48J/g±0,06 y 69,61ºC±0,96 y 0,06J/g±0,02, en la piel de doncella juvenil y adulto 57,17ºC±0,38 y 12,33J/g±0,26 y 58,34ºC±0,92 y 3,40J/g±0,26, para la doncella juvenil y adulta en músculo entre 76,16ºC±0,98 y 0,042J/g±0,01, 79,64ºC±0,47 y 0,018J/g±0,07. En la Actina para tilapia juvenil y adulta presentó 76,16ºC±0,98 y 0,04J/g±0,01 y 79,64ºC±0,47 y 0,039J/g±0,01, en doncella

juvenil y adulta de 80,95ºC±0,18 y 0,02J/g±0,01 y 81,14ºC±0,83 y 0,014J/g±0,00, respectivamente.

4. El punto de congelación se obtuvo para tilapia adulta y juvenil estos se encuentran entre 0,5ºC±0,21 a -0,1ºC±0,10 con entalpia de 131,66J/g±1,56 a 225,77J/g±1,98 y para la doncella adulta y juvenil estos fueron de 0,3ºC±0,21 a -0,2ºC±0,33 y 130,63J/g±1,93 a 170,85J/g±2,36 respectivamente.

5. Al igual que la metodología del Cp de 0 a 40ºC se empleó una ecuación lineal para predecir los resultados del Cp en el rango de 0 a -50ºC 10 a -50ºC para el en músculo y piel de tilapia juvenil fue de 1,63 y 2,73 y 1,70 y 2,67 J/g°C; para músculo y piel de tilapia adulto comprendidos en 1,63 y 2,85 y 1,58 y 2,54 J/g°C respectivamente, para loa doncella juvenil en músculo y piel este fue de 1,77 y 2,72 y 1,72 y 2,40 J/g°C; en el músculo y piel de doncella adulto este presento Cp de 1,69 y 2,70 y 1,71 y 2,26 J/g°C, estos datos fueron obtenidos mediante el cálculo por medio de la ecuación lineal.

   Estos resultados se pueden emplear en el diseño de procesos eficientes y en la definición de condiciones óptimas de almacenamiento para pescado, así como también pueden proporcionar información para explorar y comprender la estructura de los músculos de los peces.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio para determinar las propiedades térmicas en estas especies Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y Doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) en cuanto al sexo (hembra y macho).

2. Tener en consideración de estas especies si están en periodo de desove ya que este es un factor importante para la caracterización fisicoquímica.

3. Determinar los parámetros termodinámicos en estas especies con pre tratamientos (salado, pre cocido, cocido).

4. Determinar parámetros de las propiedades térmicas para las especies acuícolas exóticas que existen en la Amazonía peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvis, A.; Cortés, L. & Páez, M. (2009). *Transferencia de calor y materia durante la fritura de trozos de ñame (Dioscórea alata)*. Información Tecnológica 20(1): 99-109.

Bainy, E.M., Bertan, L.C., Corazza, M.L., Lenzi, M.K., 2014. *Measurement of freezing point of tilapia fish burger using differential scanning calorimetry (DSC) and cooling curve method*.J. Food Sci. Technol.

Baltazar, 2007. *La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas*. Centro de Acuicultura Tambo de Mora, Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES).

Belitz, H.D. Y Grosch, W. (1997). *Peces ballenas y moluscos.* En: Química de los Alimentos, p.667-689. 2da. edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza.

Boletín de Investigación, Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (2009). (ISSN 1023 - 7070),*Información Nutricional sobre Algunos Peces Comerciales de la Amazonía Peruana*, Volumen 9 Callao.

Bravo, A., Dario, J., Vela, R., Arce, T., Alva, A., Tello, F., (2019). *Gelatina a partir de piel de Doncella (Pseudoplatystoma fasciatum) y su uso como material encapsulante*.Laboratorio de Investigación en Control de Calidad–CIRNA–Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Pasaje los Paujiles s/n, Iquitos–Perú.

Brown-Peterson N, D Wyanski, F Saborido-Rey, B Macewicz & S Lowerre-Barbierie. 2011. *A standardized terminology for describing reproductive development in fishes*. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 3: 52-70.

Coello, V. & Garcés, C. (2012). *Análisis de propiedades térmicas durante gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el calorímetro diferencial de barrido (DSC)*.Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador.

Chen, Y. L., & Pan, B. S. (1995). *Freezing tilapia by airblast and liquid nitrogen–freezing pointand freezing rate*. International journal of food science & technology, *30*(2), 167-173.

Delgadillo, S. M., 1998. *Sincronización de la producción de Orechromis mossambicus, su reversión sexual y alevinaje a escala comercial*. Taller: La planta experimental de producción Acuícola a cinco años de su creación. UAM-I. pp. 67- 75.

Deza, S., Bazán, R. & Culquichicón, Z. (2005). *Biología y pesquería de Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766; Pisces), doncella, en la región Ucayali*. Folia amazónica. 14 (2) IIAP.

Díaz, J., Cruz, N., Marciales, L., Medina, V. & Cruz P. (2009). *Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de Pseudoplatystoma fasciatum Orinoquia*. Universidad de Los Llanos Colombia 3(1): 21-30.

Dyer, W.J. (1971). *Speed of freezing and quality of frozen fish*. En: Fish Inspection and QualityControl, p. 75-78.. Kreuzer, R. (Ed.). Fishing News Books.

FAO (1993). FAO Yearbook: *Fishery Stat*. Vol 72 and 73. FAO. Rome. FAO (1993). *The State of Food and Agriculture 1993*. FAO Agric. Ser. 26

Fernández, C., Castro-Ruíz, D., García-Dávila, C., Duponchelle, F., Renno, j-f. & Nuñez, J. (2012). *Adaptación, crecimiento y supervivencia de alevines de doncella Pseudoplatystoma punctifer al consumo de alimento balanceado*. Folia Amazónica, 21(1- 2), 63-69.

FONDEPES (2016). *Protocolo de Reproducción de Doncella Pseudoplatystoma punctifer.*Ministerio de la producción.

García, A., Montreuil, V. & Rodríguez, R. 2001. *Talla de primera maduración y época de desova de la "doncella", Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus), y el "tigre zúngaro", Pseudoplatystoma tigrinum (Valenciennes), en la Amazonía Peruana*. Boletín do MuseoParaense Emilio Goeldi. Serie Zoológica 17(1):3- 13.

Garthwaite, G.A. (1997). *Chilling and freezing of fish*. En Fish Processing Technology, p. 93-118. Hall, G.M. (Ed.). Blackie Academic & Professional, Londres.

Genot, C. 2000. *Congelación y calidad de la carne*. 1 ed. Zaragoza, España, Acribia. 104p. González, L.W. 1979. *Determinación de la edad del Paralonchurus peruanus (Steindachner,1875) (Pisces: Sciaenidae) mediante el uso de los otolitos*. Informe Museo del Mar 22:1-19.

Goulding, M. (1980). *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history*. University of Californian Press, Berkeley, CA, USA. (pp. 280).

Guarnizo-Pineda, M. 2007. *Caracterización seminal y ensayos preliminares de crioconservación de semen de bagre rayado (Pseudoplatystoma Fasciatum – Linnaeus 1766)*. Trabajo de grado para optar el título de Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. 102p.

Heen, E. y Karsti,O. (1965). *Fish and shellfish frezing*. En Fish as Food, Vol. 4, p. 335-418. Borgstrom, G. (Ed.). Academic Press, Londres.

Huss, H. H. 1998. *El pescado fresco: Su calidad*. Documento técnico de pesca nº348. FAO. Roma. Italia.

IIAP. (2000). *Cultivo y procesamiento de peces nativos: Una propuesta productiva para la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú*, 86p.

Johnston, W.A., Nicholson, F.J., Roger, A., Stroud, G.D., 1994. *Freezing and refrigerated storage in fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper No. 340, FAO, Rome.

Kodre, K.; Attarde, S.; Yendhe, P.; Patll, R. & Barge V. (2014). *Differential Scanning Calorimetry: A Review*. PDEA's Shankarrao Ursal College of Pharmaceutical Sciences and Research Centre, Kharadi, Pune - 411014, Maharashtra, India. E-ISSN: 2321-0812.

Kossowski, C. (1996). *Perspective de L'élevage dês poisons-chats (Siluroidei) en Amérique duSud*. Aquat. Living Resour. 1996. Hors Série: 189-195.

Larrea-Wachtendorff, D., Tabilo-Munizaga, G., Moreno-Osorio, L., Villalobos-Carvajal, R., &Pérez-Won, M. (2015). *Protein changes caused by high hydrostatic pressure (HHP): a study using differential scanning calorimetry (DSC) and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy*. Food engineering reviews, 7(2), 222-230.

Lasanta, I. (2013). *Estudio de adiciones de bismuto en aleaciones zinc-aluminio*. Departamento de ciencia de materiales e ingeniería metalúrgica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Lauro M; Poutanen, K. & Forsell, P. (2000) *Effect of partial gelatinization and lipid addition on α-amylolisis of barley starch granules*. Cereal Chem. 77:595-601.

Lewis, M.J. (2000). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. España:Acribia.

Lopes, M.C.; Freire, R.A.B.; Vicensotto, J.R.M.; Senhorini, J.A. (1996). *Alimentação de larvas de surubim pintado, Pseudoplatystoma coruscans(Agassiz,1829), em laboratório, na primeira semana*. En: Bol. Tec. CEPTA.Pirassununga, vol, 9 p 11-21.

Lowerre-Barbieri S, M Brown-Peterson, H Murua, J Tomkiewicz, D Wyanski & F Saborido- Rey. 2011. *Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology*. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science3: 32-51.

Lund, D.B. *Applications of differential scanning calorimetry in foods*. En: Physical properties of foods. Edit. M. Pelleg y L. Baglye. Conneticut, AVI (1983), 125-155 p.

Mamani, C., (2014) *Optimizacion Del Proceso De Congelacion De Tilapia (Oreochromis Aureus) En Bloques E IQF Para Lograr Una Maxima Calidad*. Tesis para obtar por titulo Profesional de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional De San Agustin Facultad De Ciencias Biologicas. Arequipa – Peru.

Martins, M. (2009). *Caracterização do comportamento reológico e determinação de propriedades termofísicas de polpa de manga ubá*. Minas Gerais, Brasil.

Ministerio de la Producción (PRODUCE), (2004). "*Cultivo de Tilapia"*. Documento Técnico de la Dirección Nacional de Acuicultura – Viceministro de Pesquería. Lima.

Montalván, G. (2008). *Ontogenia de la doncella, Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766), y su relación con la dinámica del canibalismo.* Tesis Ing. Pesq. Acui. UniversidadNacional Federico Villarreal. Lima, PE. 113 p

Morales, B. 1991. *Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos.* FAO Documento Técnico de Pesca No. 322. Roma, Italia.

Murua H & F Saborido-Rey. 2003. *Female reproductive strategies of marine fish species of theNorth Atlantic*. Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science 33: 23-31.

Nuñez, J., Dugué, R., Corcuy-Arana, N., Duponchelle, F, Renno, J.F., Raynaud, T., Hubert, N.& Legendre, M. (2008). *Induced breeding and larval rearing of Surubí, Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon*. AquacultureResearch, 39, 7664-776

Olivas, R. R., Sández, O. R., Haard, N. F., Aguilar, R. P., & Brauer, J. M. E. (2004*). Changes in firmness and thermal behavior of ice-stored muscle of jumbo squid (Dosidicus gigas)*.European Food Research and Technology, 219(4), 312-315.

Ordoñez, J.A. (1998). *Tecnología de los Alimentos – Volumen II Alimentos de Origen Animal*. Editorial Síntesis. Madrid.

Pascual, A. 1996. *Métodos para el estudio de la edad y crecimiento en peces*. Programa de Pesca VECEP ALA 92/43. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.

Pauly, D. 1983. *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*.

FAO Documento Técnico de Pesca. No. 234. Roma, Italia.

Quintero, J., & Zapata, J. E. (2017). *Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (Oreochromis spp) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta*. Información tecnológica, 28(1), 109-120.

Radhakrishnan, S. (1997). *Measurement of thermal properties of seafood*. M. Sc. Thesis in Biological Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

Rahman, S (1995). *Food properties handbook*. ((p. 34)239). Boca Ratón, FL; CRC Press.

Ramírez, J. (2012). *Composición química de pescados y mariscos. Obtenido de Bioquímica enproductos de origen cárnico*: http://bioquimicadeproductoscarnicos.blogspot.com/2012/06/composicionquimica -de- pescados-y_03.html

Rebaza C. 2010. *Avance en el manejo de alevinos de "doncella", Pseudoplatystoma fasciatumen el IIAP Ucayali (en diapositivas)*. Pucallpa, PE. 18 diapositivas.

Reid, S. (1983). *La Biología de los Bagres Rayados Pseudoplatystoma fasciatum y P. tigrinum en la cuenca del río Apure*, Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Serie: Prod. Agric. Año 1/No. 1/ Barinas, Diciembre de 1983.

Reyes, A.; Pérez, N.; Mahn, A (2013). *Determination of specific heat and thermal conductivityof "Loco" (Concholepas concholepas)*. Food Bioprocess Technology, 6 (7), 1873–1877.

Ruiter, A (1999). *El pescado y los productos derivados de la pesca -Composición,*

propiedadesnutritivas y estabilidad. Editorial Acribia S.A. Zaragosa – España.

Sahin, S. & Sumnu, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*; España: Acribia.

Salas, A.; Barriga, M.; Albrech, M; Chu, F. & Ortega, H. (2009). *Información nutricional sobre algunos peces comerciales de la Amazonia Peruana. Boletín de Investigación*. InstitutoTecnológico Pesquero del Perú 9:42 – 44.

Santos, M. (2011). *La papa nuestra de cada día*. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Lima – Perú.

Santos, M.V., Dima, J.B., Baron P.J., Califano, A., y Zaritzky, N (2012). *Simulación Numérica Del Proceso Industrial De Congelación De Cangrejos Patagónicos*. Journal of Food Engineering.

Serrano Gaona, J. C. (2011). *Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partirde los residuos de fileteo de tilapia (Oreochromis sp) y cachama (Piaractus brachypomus)/Standardization of a process for extracting collagen from filleting waste from tilapia (Oreochromis sp) and cachama (Piaractus brachypomus)*. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

Singh, R. (1982). *Thermal diffusivity in food processing*. Food Technology, p. 87-91.

Suzuki, T. (1981). *Fish and Krill Protein: Processing Technology*. Applied Science Publ., Ltd,.London, 62-147 p.

Tello, S.; García, A. 2009. *La pesquería de grandes bagres en la región Loreto*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 28pp. Wang, D.; Waye, M.M.Y.; Taricani, M.;Buckingam,

Tester, R.F., Debon, S.J (2000). Annealing of starch: a review. En: International journal of biological macromolecules. Vol. 27; p. 1-12.

Thorarinsdottir, K. A., Arason, S., Geirsdottir, M., Bogason, S. G., & Kristbergsson, K. (2002). *Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (Gadus morhua) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry*. Food Chemistry, 77(3), 377-385.

Tresierra, A. y Z. Culquichicón. 1993. *Biología pesquera*. Trujillo. Perú. 432pp.

Wright, D. J., Leach, E. B., & Wilding, P. (1977). *Differential scanning calorimetric studies of muscle and its constituent proteins: myosin and its subfragments*. Journal of Science ofFood and Agriculture, 28, 557–564.

ANEXOS

Anexo 1.

Datos de la capacidad calorífica de 10ºC, 25ºC y 38ºC

Tabla 16

Datos experimentales correspondientes a la capacidad calorífica en temperaturas de 10ºC, 25ºC y 38ºC

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Repeticiones	Cp10ºC	Cp25ºC	Cp38ºC
				R1	3,087	3,108	3,139
t1	Tilapia	adulto	Piel	R2	3,117	3,122	3,146
				R3	3,102	3,115	3,143
				R1	3,111	3,114	3,137
t2	Tilapia	Adulto	Musculo	R2	3,121	3,124	3,137
				R3	3,116	3,119	3,142
				R1	2,930	2,930	2,980
t3	Tilapia	juvenil	Piel	R2	2,934	2,950	2,969
				R3	2,932	2,940	2,975
				R1	3,332	3,320	3,358
t4	Tilapia	juvenil	Musculo	R2	3,305	3,320	3,320
				R3	3,318	3,321	3,338
				R1	2,762	2,775	2,847
t5	Doncella	adulto	Piel	R2	2,762	2,770	2,836
				R3	2,762	2,772	2,842
				R1	3,359	3,377	3,403
t6	Doncella	adulto	Musculo	R2	3,359	3,338	3,361
				R3	3,359	3,358	3,361
				R1	3,128	3,170	3,163
t7	Doncella	juvenil	Piel	R2	3,082	3,174	3,171
				R3	3,105	3,172	3,167
				R1	3,675	3,677	3,695
t8	Doncella	juvenil	Musculo	R2	3,486	3,491	3,496
				R3	3,581	3,584	3,496

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 10ºC.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	1,37936667	0,19705238	158,11	<,0001	**
a=Especie	1	0,04166667	0,04166667	33,43	<,0001	**
b=Edad	1	0,13142400	0,13142400	105,45	<,0001	**
c=Tejido	1	0,80813400	0,80813400	648,41	<,0001	**
a*b	1	0,10827267	0,10827267	86,87	<,0001	**
a*c	1	0,17204267	0,17204267	138,04	<,0001	**
b*c	1	0,02457600	0,02457600	19,72	<,0004	**
a*b*c	1	0,09325067	0,09325067	74,82	<,0001	**
Error	16	0,01994133	0,00124633			
Total	23	1,39930800				

R^2= 0,985749 Cv= 1,117198 x= 3,160000

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 18

ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 25ºC.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	1,33749596	0,19107085	165,90	<,0001	**
a=Especie	1	0,05752604	0,05752604	49,95	<,0001	**
b=Edad	1	0,15957704	0,15957704	138,55	<,0001	**
c=Tejido	1	0,71587604	0,71587604	621,56	<,0001	**
a*b	1	0,13485004	0,13485004	117,08	<,0001	**
a*c	1	0,14091338	0,14091338	122,35	<,0001	**
b*c	1	0,01545337	0,01545337	13,42	<,0021	*
a*b*c	1	0,11330004	0,11330004	98,37	<,0001	**
Error	16	0,01842800	0,00115175			
Total	23	1,35592396				

R^2=0,986409 Cv= 1,069724 x= 3,172542

**: Altamente Significativo n.s: No Significativo *: Significativo

Tabla 19

ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp 38ºC.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	1,10404383	0,15772055	88,56	<,0001	**
a=Especie	1	0,04628817	0,04628817	25,99	<,0001	**
b=Edad	1	0,11124817	0,11124817	62,47	<,0001	**
c=Tejido	1	0,62274817	0,62274817	349,69	<,0001	**
a*b	1	0,08664017	0,08664017	48,65	<,0001	**
a*c	1	0,12126817	0,12126817	68,09	<,0001	**
b*c	1	0,01983750	0,01983750	11,14	<,0042	*
a*b*c	1	0,09601350	0,09601350	53,91	<,0001	**
Error	16	0,02849400	0,00178088			
Total	23	1,13253783				

R^2=0,974841 Cv= 1,321827 x= 3,192583

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo2.

Datos de la desnaturalización de la miosina de tilapia y doncella

Tabla 20

Datos experimentales correspondientes a la proteína de la miosina en musculo de tilapia ydoncella

Tratamientos	Especie	Edad	Repeticiones	ΔH (J/g) miosina	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	adulto	R1	1,1867	44,92	49,16	57,55
			R2	1,1173	43,90	48,65	56,95
			R3	1,0479	43,82	48,84	56,35
t4	Tilapia	juvenil	R1	0,2925	44,08	49,49	54,41
			R2	0,2640	44,31	49,64	54,29
			R3	0,2667	44,54	50,29	54,54
t6	Doncella	adulto	R1	0,3038	45,66	50,03	57,02
			R2	0,1914	44,59	49,20	56,76
			R3	0,0790	46,72	50,86	56,89
t8	Doncella	juvenil	R1	1,7009	46,08	49,90	58,54
			R2	1,5279	45,95	50,93	59,12
			R3	1,7368	46,08	50,98	59,69

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpia de la miosina.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	4,43497608	1,47832536	195,94	<,0001	**
a=Especie	1	0,15519823	0,15519823	20,57	0,0019	*
b=Edad	1	0,28914071	0,28914071	38,32	0,0003	**
a*b	1	3,99063713	3,99063713	528,94	<,0001	**
Error	8	0,06035716	0,00754464			
Total	11	4,49533324				

R^2= 0,986573 Cv= 10,72906 x=0,809576

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 22

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset de la miosina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Trat	3	7,76729167	2,58909722	6,6	0,0148	*
a=Especie	1	7,536675	7,536675	19,22	0,0023	*
b=Edad	1	0,17040833	0,17040833	0,43	0,5283	n.s
a*b	1	0,06020833	0,06020833	0,15	0,7054	n.s
Error	8	3,1378	0,392225			
Total	11	10,9050917				

R^2= 0,712263 Cv= 1,390057 x= 45,05417

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 23

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la miosina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	4,60230625	1,53410208	4,71	0,0355	*
a=Especie	1	2,82755208	2,82755208	8,68	0,0186	*
b=Edad	1	1,68375208	1,68375208	5,17	0,0526	n.s
a*b	1	0,09100208	0,09100208	0,28	0,6116	n.s
Error	8	2,60731667	0,32591458			
Total	11	7,20962292				

R^2= 0.638356 Cv= 1.145664 x= 49.83042

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 24

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºEndset de la miosina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	33,2594917	11,0864972	61,32	<,0001	**
a=Especie	1	16,1704083	16,1704083	89,44	<,0001	**
b=Edad	1	0,072075	0,072075	0,4	0,5454	n.s
a*b	1	17,0170083	17,0170083	94,12	<,0001	**
Error	8	1,44633333	0,18079167			
Total	11	34,705825				

R^2= 0.958326 Cv= 7.48025 x= 56.84250

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo 3.

Datos de la desnaturalización del colágeno en la piel de tilapia y doncella

Tabla 25

Datos experimentales correspondientes al colágeno en piel de tilapia y doncella

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Repeticiones	ΔH (J/g) Sarcoplasmaticas	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t1	Tilapia	adulto	Piel	R1	15,2350	52,00	66,39	72,05
				R2	15,4055	52,76	65,81	70,92
				R3	15,5760	53,18	65,05	72,62
t3	Tilapia	juvenil	Piel	R1	10,6917	55,92	60,86	71,53
				R2	10,3864	55,34	60,59	69,53
				R3	10,9970	55,21	60,36	70,45
t5	Doncella	adulto	Piel	R1	3,6551	54,05	57,78	63,44
				R2	3,1446	53,62	59,40	63,98
				R3	3,3999	53,19	57,83	63,70
t7	Doncella	juvenil	Piel	R1	12,7400	58,87	57,55	68,16
				R2	12,3315	55,99	56,79	67,34
				R3	11,9230	56,11	57,17	72,88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la entalpia del colágeno en piel

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	233,578852	77,859617	879,02	<,0001	**
a=Especie	1	80,5878755	80,587876	909,82	<,0001	**
b=Edad	1	13,3425885	13,342589	150,63	<,0001	**
a*b	1	139,648388	139,64839	1576,6	0,0397	*
Error	8	0,7086063	0,0885758			
Total	11	234,287459				

R^2= 0.996975

**: Altamente Significativo

*: Significativo

Cv= 2.846063

n.s: No Significativo

x=10.45714

Tabla 27

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset del colágeno en la piel

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	33,7502	11,250067	13,47	0,0017	*
a=Especie	1	4,58803333	4,5880333	5,49	0,0471	*
b=Edad	1	28,9541333	28,954133	34,68	0,0004	**
a*b	1	0,20803333	0,2080333	0,25	0,6311	n.s
Error	8	6,67986667	0,8349833			
Total	11	40,4300667				

R^2= 0,834780 Cv= 1,670927 x= 54,68667

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 28

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak del colágeno en la piel

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	130,011567	43,337189	115,01	<,0001	**
a=Especie	1	88,2376333	88,237633	234,17	<,0001	**
b=Edad	1	29,8936333	29,893633	79,33	<,0001	**
a*b	1	11,8803	11,8803	31,53	0,0005	**
Error	8	3,0145333	0,3768167			
Total	11	133,0261				

R^2= 0,977339 Cv= 1,015222 x= 60,46500

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 29

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al TºEndset de las proteínassarcoplasmáticas en la piel

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	115,905667	38,635222	14,36	0,0014	*
a=Especie	1	63,48	63,48	23,59	0,0013	*
b=Edad	1	14,4760333	14,476033	5,38	0,049	*
a*b	1	37,9496333	37,949633	14,1	0,0056	*
Error	8	21,5282	2,691025			
Total	11	137,433867				

R^2= 0.843356 Cv= 2.381468 x= 68.88333

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo 4.

Datos de la desnaturalización del colágeno en el músculo de tilapia y doncella

Tabla 30

Datos experimentales correspondientes al colágeno de tilapia y doncella

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Repeticiones	ΔH (J/g) Sarcoplasmaticas	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	adulto	Piel	R1	0,0633	65,94	70,26	74,69
				R2	0,0821	63,98	68,50	75,11
				R3	0,0445	65,08	70,06	75,52
t4	Tilapia	juvenil	Piel	R1	0,4228	56,60	60,63	66,47
				R2	0,4847	55,95	60,36	66,74
				R3	0,5466	56,34	60,42	66,61
t6	Doncella	adulto	Piel	R1	0,1113	70,94	71,72	73,42
				R2	0,2504	68,60	72,36	75,74
				R3	0,1808	69,77	72,04	74,58
t8	Doncella	juvenil	Piel	R1	0,4414	66,18	71,13	75,89
				R2	0,4140	66,62	71,67	75,56
				R3	0,4270	66,79	72,15	75,73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a Entalpia del colágeno en el músculo

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	0,360336	0,120112	52,17	<,0001	**
a=Especie	1	0,0027271	0,0027271	1,18	0,3082	n.s
b=Edad	1	0,3347014	0,3347014	145,36	<,0001	**
a*b	1	0,0229075	0,0229075	9,95	0,0135	*
Error	8	0,0184202	0,0023025			
Total	11	0,3787562				

R^2= 0,951367 Cv= 16,59938 x=0,289075

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 32

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Tº Onset del colágeno en elmúsculo

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	298,19343	99,397808	156,52	<,0001	**
a=Especie	1	168,82501	168,82501	265,84	<,0001	**
b=Edad	1	106,98241	106,98241	168,46	<,0001	**
a*b	1	22,386008	22,386008	35,25	0,0003	**
Error	8	5,0804667	0,6350583			
Total	11	303,27389				

R^2= 0,983248 Cv= 1,237447 x= 64,39917

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 33

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak del colágeno en el músculo

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	264,4383	88,1461	268,85	<,0001	**
a=Especie	1	138,99213	138,99213	423,94	<,0001	**
b=Edad	1	68,068033	68,068033	207,61	<,0001	**
a*b	1	57,378133	57,378133	175,01	<,0001	**
Error	8	2,6228667	0,3278583			
Total	11	267,06117				

R^2= 0,990179 Cv= 0,836609 x= 68,44167

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 34

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al TºEndset del colágeno en el músculo

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	165,7313	55,243767	141,35	<,0001	**
a=Especie	1	55,384033	55,384033	55,384033	<,0001	**
b=Edad	1	40,553633	40,553633	103,76	<,0001	**
a*b	1	69,793633	69,793633	178,58	<,0001	**
Error	8	3,1266	0,390825			
Total	11	168,8579				

R^2= 0,981484 Cv= 0,856325 x= 73,00500

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo 5.

Datos de la desnaturalización de la actina de tilapia y doncella

Tabla 35

Datos experimentales correspondientes a la proteina actina en músculo de tilapia y doncella

Tramientos	Especie	Edad	Repeticiones	ΔH (J/g) Actina	T° Onset (°C)	Peak temperature (°C)	T° endset (°C)
t2	Tilapia	adulto	R1	0,0440	76,49	79,17	82,96
			R2	0,0338	76,21	79,64	82,73
			R3	0,0389	75,93	80,11	82,49
t4	Tilapia	juvenil	R1	0,0479	72,61	75,67	81,68
			R2	0,0456	73,45	75,53	81,74
			R3	0,0338	74,29	77,29	81,80
t6	Doncella	adulto	R1	0,0141	79,92	80,50	82,52
			R2	0,0102	78,64	80,85	84,06
			R3	0,0181	79,28	82,08	83,29
t8	Doncella	juvenil	R1	0,0131	76,94	80,95	82,17
			R2	0,0187	76,37	81,13	83,61
			R3	0,0243	77,94	80,77	83,29

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpia de la actina.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	0,0018142	0,00060473	18,58	0,0006	**
a=Especie	1	0,00176419	0,00176419	54,2	<,0001	**
b=Edad	1	0,00004921	0,00004921	1,51	0,2538	n.s
a*b	1	0,0000008	0,0000008	0,02	0,8792	n.s
Error	8	0,00026039	0,00003255			
Total	11	0,00207459				

R^2= 0,874484 Cv= 19,98898 x=0,028542

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 37

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºOneset de la actina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	52,365425	17,4551417	38,25	<,0001	**
a=Especie	1	33,7010083	33,7010083	73,86	<,0001	**
b=Edad	1	18,4264083	18,4264083	40,38	0,0002	**
a*b	1	0,23800833	0,23800833	0,52	0,4907	n.s
Error	8	3,65046667	0,45630833			
Total	11	56,0158917				

R^2= 0,934832 Cv= 0,882947 x= 76,505883

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 38

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la actina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	47,8599583	15,9533194	33,61	<,0001	**
a=Especie	1	29,673075	29,673075	62,51	<,0001	**
b=Edad	1	10,101675	10,101675	21,28	0,0017	*
a*b	1	8,08520833	8,08520833	17,03	0,0033	*
Error	8	3,79773333	0,47471667			
Total	11	51,6576917				

R^2= 0,926483 Cv= 0,866944 x= 79,47417

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 39

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºEndset de la actina

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	3	4,12456667	1,37485556	4,49	0,0396	*
a=Especie	1	2,55763333	2,55763333	8,36	0,0201	*
b=Edad	1	1,17813333	1,17813333	3,85	0,0853	n.s
a*b	1	0,3888	0,3888	1,27	0,2922	n.s
Error	8	2,44693333	0,30586667			
Total	11	6,5715				

R^2= 0,627645 Cv= 0,668785 x= 82,69500

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo 6.

Datos de la congelación en la piel y músculo de tilapia y doncella

Tabla 40

Datos experimentales correspondientes a la TºCongelación en músculo y piel de tilapia y doncella

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Repeticiones	T° Onset (°C)	ΔH (J/g) Congelación	Peak temperature (°C)
t1	Tilapia	adulto	Piel	R1	-1,40	133,21	-0,15
				R2	-2,07	130,10	-0,26
				R3	-2,46	131,66	-0,48
t2	Tilapia	Adulto	Musculo	R1	-4,02	194,35	0,37
				R2	-3,39	196,73	0,61
				R3	-3,04	191,96	0,12
t3	Tilapia	juvenil	Piel	R1	-3,70	183,91	-0,23
				R2	-3,60	179,84	-0,04
				R3	-3,02	183,74	-0,19
t4	Tilapia	juvenil	Musculo	R1	-3,29	225,77	0,71
				R2	-3,62	227,74	0,34
				R3	-3,53	223,79	0,69
t5	Doncella	adulto	Piel	R1	-4,64	165,54	-0,57
				R2	-4,46	164,19	0,08
				R3	-4,55	166,90	-0,38
t6	Doncella	adulto	Musculo	R1	-1,66	130,63	-0,42
				R2	-1,43	128,70	-0,34
				R3	-1,55	132,55	-0,52
t7	Doncella	juvenil	Piel	R1	-2,12	149,78	-0,52
				R2	-2,67	146,98	-0,52
				R3	-1,99	144,17	-0,51
t8	Doncella	juvenil	Musculo	R1	-3,16	170,85	0,52
				R2	-3,24	168,49	0,11
				R3	-3,63	173,20	0,32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la TºOnset de la temperatura decongelación

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	20,6525	2,9503619	25,86	<,0001	**
a=Especie	1	0,1734	0,1734	1,52	0,2355	n.s
b=Edad	1	0,3504	0,3504167	3,07	0,0988	n.s
c=Tejido	1	0,0523	0,0522667	0,46	0,5082	n.s
a*b	1	1,4308	1,4308167	12,54	0,0027	*
a*c	1	4,5067	4,5066667	39,5	<,0001	**
b*c	1	2,5742	2,57415	22,56	0,0002	**
a*b*c	1	11,5648	11,564817	101,35	<,0001	**
Error	16	1,8256667	0,1141042			
Total	23	22,4782				

R^2= 0,918781 Cv= -11,22236 x= -3,010000

**: Altamente Significativo *: Significativo n.s: No Significativo

Tabla 42

ANOVA de los datos experimentales correspondientes a la Entalpía de la temperatura decongelación

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	22,238,228	3176.88973	700.85	<,0001	**
a=Especie	1	5,426,280	5,426,280	1196,72	<,0001	**
b=Edad	1	4,049,243	4,049,243	893,3	<,0001	**
c=Tejido	1	3,378,203	3,378,203	745,26	<,0001	**
a*b	1	1,377,438	1,377,438	303,88	<,0001	**
a*c	1	5,133,960	5,133,960	1132,6	<,0001	**
b*c	1	581,150	581,150	128,21	<,0001	**
a*b*c	1	2,293,606	2,293,606	505,9	<,0001	**
Error	16	72,527	4.53291			
Total	23	22310.75465				

R^2= 0,996749 Cv= 1,263295 x= 168,5325

**: Altamente Significativo *: Significativo n.s: No Significativo

Tabla 43

ANOVA de los datos experimentales correspondientes al Peak de la temperatura decongelación

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	3,58105	0,5115786	13,48	<,0001	**
a=Especie	1	0,7490667	0,7490667	19,74	0,0004	**
b=Edad	1	0,2860167	0,2860167	7,54	0,0144	*
c=Tejido	1	1,6432667	1,6432667	43,32	<.0001	**
a*b	1	0,0096	0,0096	0,25	0,6218	n.s
a*c	1	0,18375	0,18375	4,84	0,0428	*
b*c	1	0,4056	0,4056	10,69	0,0048	*
a*b*c	1	0,30375	0,30375	8,01	0,0121	*
Error	16	0,607	0,0379375			
Total	23	4,18805				

R^2= 0.855064 Cv= -371.0010 x= -0.052500

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Anexo 7.

Datos de la capacidad calorífica de -45ºC y -15ºC

Tabla 44

Datos experimentales correspondientes a la capacidad calorífica en -45 a -15ºC

Tratamientos	Especie	Edad	Tipo de tejido	Repeticiones	-45ºC	-15ºC
t1	Tilapia	adulto	Piel	R1	1,604	2,521
				R2	1,580	2,539
				R3	1,570	2,555
t2	Tilapia	Adulto	Musculo	R1	1,626	2,852
				R2	1,627	2,855
				R3	1,624	2,848
t3	Tilapia	juvenil	Piel	R1	1,694	2,718
				R2	1,705	2,668
				R3	1,693	2,635
t4	Tilapia	juvenil	Musculo	R1	1,629	2,507
				R2	1,590	2,831
				R3	1,667	2,853
t5	Doncella	adulto	Piel	R1	1,690	2,209
				R2	1,700	2,260
				R3	1,739	2,308
t6	Doncella	adulto	Musculo	R1	1,712	2,767
				R2	1,680	2,640
				R3	1,670	2,707
t7	Doncella	juvenil	Piel	R1	1,710	2,403
				R2	1,749	2,380
				R3	1,702	2,429
t8	Doncella	juvenil	Musculo	R1	1,758	2,735
				R2	1,795	2,710
				R3	1,770	2,704

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp -45ºC.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	0.07925267	0.01132181	22.79	<,0001	**
a=Especie	1	0.04734817	0.04734817	95.30	<,0001	**
b=Edad	1	0.01706667	0.01706667	34.35	<,0001	**
c=Tejido	1	0.00000600	0.00000600	0.01	0.9139	n.s
a*b	1	.00012150	0.00012150	0.24	0.6277	n.s
a*c	1	0.00132017	0.00132017	2.66	0.1226	*
b*c	1	0.00041667	0.00041667	0.84	0.3734	n.s
a*b*c	1	0.01297350	0.01297350	26.11	0.0001	**
Error	16	0.00794933	0.00049683			
Total	23	0.08720200				

R^2= 0,908840 Cv= 1,327957 x= 1,678500

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 46

ANOVA de los datos experimentales correspondientes Cp -15.

F.V	G.L	SCM	CM	F.valor	Pr>f	Nivel de Sig.
Tratamientos	7	0.80393250	0.11484750	19.58	<,0001	**
a=Especie	1	0.18903750	0.18903750	32.22	<,0001	**
b=Edad	1	0.01092267	0.01092267	1.86	0.1913	*
c=Tejido	1	0.47714400	0.47714400	81.33	<,0001	**
a*b	1	0.00763267	0.00763267	1.30	0.2708	n.s
a*c	1	0.05645400	0.05645400	9.62	0.0069	*
b*c	1	0.05703750	0.05703750	9.72	0.0066	*
a*b*c	1	0.00570417	0.00570417	0.97	0.3388	n.s
Error	16	0.09387200	0.00586700			
Total	23	0.89780450				

R^2=0,895443 Cv= 2,935007 x= 2,609750

**: Altamente Significativo

*: Significativo

n.s: No Significativo

Tabla 47

Cálculo de la cantidad de hielo mediante los datos obtenidos de Cp en congelación y Tª de congelación.

Calor latente del hielo:	80	kcal/kg
Masa del pescado:	100	kg
Temperatura de los peces:	18	ºC
1 kj/kgºc a kcal/kgºc:	0,238845897	

$$Hielo\ (kg) = \frac{Cp\ x\ T^{o}\ x\ Masa\ del\ pescado}{Calor\ latente\ hielo}$$

Muestras	Temperatura de congelación	Capacidad calorifica J/gºC	Capacidad calorifica Kcal/KgºC	Cantidad de hielo para congelar (kg)
Tilapia adulto piel	-0,3	3,640	0,869419366	19,56194
Tilapia adulto musculo	0,37	4,868	1,162743114	26,16172
Tilapia juvenil piel	-0,15	4,035	0,963791738	21,68531
Tilapia juvenil musculo	0,58	4,482	1,070562129	24,08765
Doncella adulto piel	-0,29	2,678	0,639680393	14,39281
Doncella adulo musculo	-0,43	4,309	1,029255825	23,15826
Doncella juvenil piel	-0,52	2,989	0,713955364	16,06400
Doncella juvenil musculo	0,32	4,168	0,995473469	22,39815