

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR DURANTE EL
FREÍDO DE LÁMINAS DE *Arapaima gigas* (PAICHE), *Pseudoplatystoma
fasciatum* (DONCELLA) y *Salminus brasiliensis* (DORADO)**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por

Junior Frank Julcarima Falcon

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 012-2023

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 8 de noviembre del 2023, a horas 8:00 a.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. JUNIOR FRANK JULCARIMA FALCON, titulada:

"COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR DURANTE EL FREÍDO DE LÁMINAS DE *Arapaima gigas* (PAICHE), *Pseudoplatystoma fasciatum* (DONCELLA) Y *Salminus brasiliensis* (DORADO)"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran ... **APROBADO**... con el calificativo de ... **MUY BUENO**...; en consecuencia, el sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 8 de noviembre del 2023


Dr. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Presidente


M.Sc. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro


M.Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas
Miembro


M.Sc. Williams Vicente Roldán Carbajal
Asesor



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 082 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

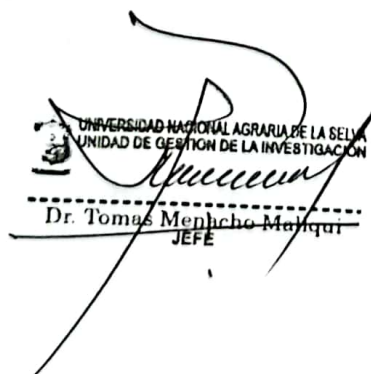
Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional
-------	---	------------------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR DURANTE EL FREÍDO DE LÁMINAS DE Arapaima gigas (PAICHE), Pseudoplatystoma fasciatum (DONCELLA) y Salminus brasiliensis (DORADO)	Junior Frank Julcarima Falcon	21 % Veintiuno

Tingo María, 05 de marzo de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Mencho Maniqui
JEFE

C.C. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO
(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Escuela profesional : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de Tesis : Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de *Arapaima gigas* (PAICHE), *Pseudoplatystoma fasciatum* (DONCELLA) y *Salminus brasiliensis* (DORADO)
Autor de la tesis : Julcarima Falcon, Junior Frank
Documento Identidad (DNI) : 45026961
Correo Electrónico : fjulcarimafalcon@gmail.com
Asesor de Tesis : M.Sc. Roldan Carbajal, Williams
Área de Investigación : Ciencia de Alimentos.
Grupo de Investigación : Ingeniería de Alimentos - IA
Línea de investigación : Ingeniería de alimentos
Eje Temático : Propiedades Termofísicas y Reológicas
Lugar de Ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Fecha Inicio : febrero 2022.
Fecha Término : noviembre 2023
Presupuesto : S/.5345,00
Financiamiento : Propio (x) FEDU () Externo ()

Junior Frank Julcarima Falcon
Tesista

Williams Roldan Carbajal
Asesor

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Breve historia.....	4
2.3 Fritura de alimentos.....	6
2.4 Coeficiente de transferencia de calor.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1 Lugar de ejecución	10
3.2 Materia prima y aditivos	10
3.2.1 Materiales de vidrio y otros.....	10
3.2.2 Equipos e instrumentos de laboratorio.....	10
3.3 Métodos de análisis	10
3.4 Tratamiento, selección y control de datos.....	11
3.5 Metodología experimental.....	11
3.6 Procesamiento de datos	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	18
4.1 Análisis químico proximal de los filetes: Dorado, paiche y doncella.....	18
4.2 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de <i>Salminus brasiliensis</i> (dorado) en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.....	20
4.2.1 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Salminus brasiliensis</i> (dorado) en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 130°C.....	20
4.2.2 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Salminus brasiliensis</i> (dorado) en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 140°C.....	23

4.2.3	Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Salminus brasiliensis</i> (dorado) en aceite de palma a la temperaturas a temperaturas de 150°C.....	27
4.3	Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de <i>Arapaima gigas</i> (paiche), en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.	30
4.3.1	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Arapaima gigas</i> (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 130°C.....	30
4.3.2	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Arapaima gigas</i> (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 140°C.....	34
4.3.3	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas del <i>Arapaima gigas</i> (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 150°C.....	37
4.4	Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (doncella) en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.....	41
4.4.1	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas de <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 130°C.	41
4.4.2	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas de <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 140°C.	45
4.4.3	Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas de <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 150°C.	48
V.	CONCLUSIONES	53
VI.	PROPUESTA A FUTURO.....	54
VII.	REFERENCIAS	55
VIII.	ANEXOS	60

TABLAS

Tabla	Página
1:Clasificación taxonómica del paiche.	5
2:Composición de la carne de piache	5
3:Clasificación taxonómica del dorado.	6
4:Ecuaciones para la determinación de las propiedades termofísicas	14
5:Análisis de varianza de la significación de la regresión en una regresión múltiple	17
6:Composición proximal del filete del dorado	18
7:Composición proximal del filete del paiche	19
8:Composición proximal del filete de la doncella.	19
9:Perfil de temperatura en el filete del dorado a a 130 °C de temperatura del aceite	21
10:Propiedades termofísicas del file del dorado a 130 °C	22
11: Perfil de temperatura en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C	25
12:Propiedades termofísicas de la carne del dorado a 140 °C	26
13: Perfil de temperatura en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 150 °C	28
14:Propiedades termofísicas del filete del dorado a 150 °C	29
15:Perfil de temperatura en el paiche a temperatura del aceite a 130 °C	32
16:Propiedades termofísicas del filete del paiche a 130 °C	33
17:Perfil de temperatura en el paiche a temperatura del aceite a 140 °C	35
18: Propiedades termofísicas del filete del paiche a 140 °C	36
19: Perfil de temperatura en el paiche a temperatura del aceite a 150 °C	39
20: Propiedades termofísicas del filete del paiche a 150 °C	40
21: Perfil de temperatura en la dnncella a temperatura del aceite a 130 °C	43
22: Propiedades termofísicas del filete de la doncella a temperatura del aceite a 130 °C	44
23: Perfil de temperatura en la doncella a temperatura del aceite a 140 °C	46
24: Propiedades termofísicas del fiñlete de doncella a temperatura del aceite a 140 °C	47
25: Perfil de temperatura en la doncella a temperatura del aceite a 150 °C	49
26: Perfil de temperatura en la doncella a temperatura del aceite a 150 °C	50

FIGURAS

Figura	Página
1:Acondicionamiento de la carne de pescado en una rejilla de cobre.	12
2 : (a) Sensor Data Loger (b) Interfaz del sensor	15
3:Diagrama de flujo para evaluar el tratamiento térmico durante el freído de láminas de los filetes.	16
4:Perfil de temperatura en el filete del pescado el dorado a temperatura del aceite a 130 °C.....	22
5:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 130 °C	22
6:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 130 °C	26
7:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C	26
8:Perfil de temperatura en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 150°C.....	29
9:Perfil de temperatura en el pescado el Ddrado a temperatura del aceite a 150°C.....	29
10:Perfil de temperatura en el pescado paiche a temperatura del aceite a 130 °C	33
11:Perfil de temperatura en el pescado paiche a temperatura del aceite a 130 °C	33
12:Perfil de temperatura en el paiche a temperatura del aceite a 140 °C	36
13:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado paiche a temperatura del aceite a 140 °C.....	36
14:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado paiche a temperatura del aceite a 140 °C.....	40
15:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado paiche a temperatura del aceite a 150 °C.....	40
16:Perfil de temperatura en la doncella a temperatura del aceite a 130 °C	44
17:Linealización y cálculo de la pendiente en la doncella a temperatura del aceite a 130 °C.....	44
18:Linealización y cálculo de la pendiente en la dnncella a temperatura del aceite a 130 °C.....	47

19:Linealización y cálculo de la pendiente en la doncella a temperatura del aceite a 140 °C.....	47
20:Perfil de temperatura en la doncella a temperatura del aceite a 140 °C	50
21:Linealización y cálculo de la pendiente en el pescado doncella a temperatura del aceite a 150 °C	50

RESUMEN

El objetivo es determinar las composiciones fisicoquímicas y los coeficientes convectivos del freído en aceite de palma de láminas de *Arapaima gigas* (paiche), *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) y (*Salminus brasiliensis* (dorado) a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C. Se desarrolló en el laboratorios de Análisis de Alimentos e Ingeniería de Alimentos de la UNAS. Los coeficientes convectivos fueron analizados por métodos de diferencias finitas, Los cubos de 3 cm de lado de filetes se acoplaron a una rejilla metálica de 3,2x3,2x3,2 cm de lado, insertado a un sensor térmico a 130, 140 y 150 °C de temperaturas de freído. Los resultados de la composición proximal del filete del paiche: 79,27% de humedad, proteína 18,64%, grasa 1,12% y ceniza 0,97%. Del filete de la Doncella: humedad 79,60%, proteína 16,44%, grasa 3,83% y ceniza 1,24%. El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete del Paiche a 130 °C es de 75,7382 W/m².K, a 140 °C es de 69,5344 W/m².K y a 150 °C es de 68,8786 W/m².K. El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete de la Doncella a 130 °C es de 79,0166 W/m².K, a 140 °C es de 72,8831 W/m².K y a 150 °C es de 69,3749 W/m².K. El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete del Dorado a 130 °C es de 73,3372 W/m².K, a 140 °C es de 62,2487 W/m².K y a 150 °C es de 59,97847 W/m².K.

Palabras Claves: Coeficiente convectivo, Paiche, Dorado, Doncella.

ABSTRACT

The objective is to determine the physicochemical compositions and convective coefficients of frying in palm oil of sheets of *Arapaima gigas* (paiche), *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncela) and (*Salminus brasiliensis* (dorado) at temperatures of 130, 140 and 150 °C. developed in the Food Analysis and Food Engineering laboratories of the UNAS. The convective coefficients were analyzed by finite difference methods. The cubes of 3 cm side of fillets were attached to a metal grid of 3,2x 3,2 x 3,2 cm side, inserted into a thermal sensor at 130, 140 and 150 °C frying temperatures. The results of the proximal composition of the paiche fillet: 79,27% moisture, protein 1864%, fat 1,12% and ash 0,97%. From the Maiden fillet: humidity 79,60%, protein 16,44%, fat 3,83% and ash 1,24%. The convective coefficient between palm oil and Paiche fillet at 130 °C is 75,7382 W/m².K, at 140 °C it is 69,5344 W/m².K and at 150 °C it is 68,8786 W/m².K. The convective coefficient between palm oil and the Maiden's fillet at 130 °C is 79.0166W/m².K, at 140 °C it is 72,883146 W/m².K and at 150 °C it is 69,3749 W/m².K. The convective coefficient between palm oil and Dorado fillet at 130 °C is 73,337 W/m².K, at 140 °C it is 62,2489 W/m².K and at 150 °C it is 59,978W/m².K

Keywords: Convective coefficient, Paiche, Dorado, Doncella

Leyenda:

$\frac{\partial T}{\partial t}$: Gradiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}/\text{s}$)

k : Coeficiente de conductividad de calor ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

h : Coeficiente de convección de calor ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)

C_p : Calor específico ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

$\frac{\partial^2 T}{\partial X^2}$: Derivada segunda con respecto al eje X

L : Espesor de transferencia de calor (m)

x : Mitad del espesor X (m)

T_{amb} : Temperatura del medio

T_s : Temperatura de la superficie ($^{\circ}\text{C}$)

T_o : Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)

T : Temperatura en función de t ($^{\circ}\text{C}$)

V : Volumen (m^3)

t : Tiempo (s)

m : Masa (kg)

ρ : Densidad (kg/m^3)

Q_1 : energía Consumida (J)

Q_2 : Energía utilizada (J)

ΔH : Variación de la entalpia

γ : Calor latente de evaporación

$\frac{\partial W}{\partial t}$: Tasa de pérdida de humedad de la muestra

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de su popularidad, la fritura por inmersión tiene algunos inconvenientes importantes; puede resultar incompatible con el medio ambiente ya que las freidoras comerciales a menudo se calientan con gas de origen fósil (Wu y Karayiannis, 2013) y el contenido de grasa aumenta sustancialmente cuando el aceite entra en la comida. Además, a medida que aumenta la temperatura de la superficie, los aminoácidos y los carbohidratos reaccionan en las reacciones de Maillard. y forman acrilamida (Gökmen, 2016). En consecuencia, existe un interés considerable en diseñar y controlar eficientemente la fritura por inmersión para reducir estos efectos secundarios negativos. Tras el aumento del interés, importantes también se han realizado esfuerzos de investigación para describir el proceso matemáticamente, para permitir un diseño basado en modelos y un mayor desarrollo fundamental en la determinación de coeficientes convectivos en los diferentes fluidos de fritura. Para ello se debe dar especial énfasis al estudio y modelado de la transferencia de calor durante el freído, tema en el cual ha habido significativos avances en los últimos años. No obstante, es aún necesario el desarrollo de modelos completos que incluyan conjuntamente las transferencias de calor y de masa (si corresponde). Nos corresponde preguntar ¿Cuál es el efecto de la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico en el coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de láminas de filete de *Arapaima gigas* (paiche), *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) y (*Salminus brasiliensis* (dorado)

Las condiciones de fritura conducen a altas tasas de transferencia de calor y masa, provocando pérdida de agua y absorción de aceite, con los consiguientes cambios en el sabor, propiedades de textura y color (Gouyo et al., 2021 ; Tirado et al., 2012), Se justifica y es de gran importancia la información cuantitativa para describir la transferencia de calor, la penetración del aceite, la degradación del aceite y el desarrollo de la corteza, y las interacciones entre el agua y aceite, entre otros aspectos. La fritura profunda puede ser definido como un proceso de secado y cocción a través del contacto con aceite caliente. Este proceso consiste esencialmente en remojar el producto en aceites vegetales calientes a una temperatura por encima del punto de ebullición del agua, típicamente 150–180 °C. La fritura por inmersión (también conocida como "fritura profunda") es un método muy utilizado en la cocción de alimentos. Se utiliza con frecuencia en la industria alimentaria

debido a su velocidad y su capacidad para proporcionar atributos sensoriales únicos que son altamente apreciados por muchos consumidores (Safari et al., 2018). La comida se sumerge en aceite vegetal caliente resultando en un calentamiento por convección de la superficie. A medida que aumenta la temperatura de la superficie, la humedad del interior del alimento se evapora y es transportada hacia la superficie (Alvis et al., 2009). Por otro lado, la relación conjunta entre transferencia de calor, masa y burbujeo, hace el freír un proceso difícil, provocando movimientos vigorosos de las burbujas en la interfase sólido/líquido, que disminuyen el coeficiente convectivo de transferencia de calor (Tirado et al., 2013). Tan pronto como el vapor llega a la superficie del alimento, forma burbujas que suben rápidamente a la interfase aire-aceite como resultado de las fuerzas de flotación. Esto ha sido informado al aumentar sustancialmente la tasa de transferencia de calor por convección durante las primeras etapas del proceso de fritura, similar a lo que se observa en la ebullición por nucleación (Coulson et al., 1999 ; Rahman, 1995). Se propone los siguientes Objetivos: Determinar las composiciones fisicoquímicas de *Arapaima gigas* (paiche), *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) y (*Salminus brasiliensis* (dorado) y los coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de *Arapaima gigas* (paiche), *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) y (*Salminus brasiliensis* (dorado) en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Ran, X., et al. (2023), investigaron la transferencia de masa y calor de bollos de pescado (PFB) y los cambios en los atributos fisicoquímicos durante la fritura. La difusividad efectiva de la humedad D_{eff} α de PFB en inmersión completa (DF) fueron mayores que en fritura al aire (AF), donde D_{eff} y α de DF-PFB fueron $2,95 \times 10^{-8}$ y $7,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente, mientras que los de AF-PFB fueron $2,34 \times 10^{-8}$ y $6,89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Safari, et al. (2018), mencionan que la fritura es uno de los principales métodos aplicados al procesamiento de materiales alimentarios, en el que la transferencia de calor y masa tiene lugar simultáneamente. Estos fenómenos, que rigen la calidad y seguridad del producto, están fuertemente controlados por los coeficientes de transferencia de calor y masa. Son de gran importancia en el modelado y la simulación y ahora se les presta amplia atención para optimizar y controlar el proceso.

Ghaderi y Ghanbarzadeh, (2018), desarrollaron un modelo matemático en 3-D que involucra la transferencia acoplada de cantidad de movimiento, calor y masa dentro de una freidora doméstica completa. Las simulaciones se realizaron a diferentes temperaturas de fritura de 150, 170 y 190 °C durante 360 s. Los resultados mostraron una buena concordancia entre la temperatura y el contenido de humedad de la papa predichos y experimentales. Las velocidades medias estimadas del aceite fueron 0,00176; 0,00182 y 0,00171 m s^{-1} a 150, 170 y 190 °C, respectivamente. El lote de papas colocado en el fondo de la freidora confinó el flujo de aceite, minimizando la velocidad del aceite. Independientemente de la temperatura del aceite, los resultados experimentales y simulados revelaron que la temperatura central de las muestras alcanzó aproximadamente 97 °C después de 100 s y permaneció constante hasta el final de la fritura. En contraste, la temperatura final de la superficie varió considerablemente entre 100 y 130 °C al cambiar la temperatura del aceite y la ubicación de las tiras de papa. Los resultados también mostraron que la temperatura del aceite tuvo una influencia positiva en el contenido final de aceite de las tiras de patata, que disminuyó en aproximadamente un 35 % al aumentar la temperatura de 150 a 190 °C. Es más, Los resultados de la simulación mostraron cómo la formación de

costra y el flujo de vapor limitaron la penetración del aceite durante los períodos iniciales de fritura (casi 90 s) a unos 2 mm de la superficie de la patata. Este estudio también reveló que el elemento de la freidora, las burbujas de vapor y la ubicación de los termopares son factores influyentes para obtener una buena concordancia entre los datos experimentales y de simulación. Además, los resultados del análisis de sensibilidad mostraron que el aumento de la relación entre el área superficial y el volumen (2,16 a 7,16) afectó principalmente al contenido de humedad y aceite, mientras que las temperaturas finales del centro y de la superficie dependieron más de la dimensión más pequeña y de las dos dimensiones más pequeñas, respectivamente.

Sahin y Bayindirli (1999), encontraron coeficientes de transferencia de calor por convección durante la fritura profunda a diferentes temperaturas. En este estudio, se utilizó como muestra modelo lana de aluminio rellena con puré de patata con un tamaño de $0,05 \times 0,05 \times 0,003 \text{ m}^3$. La fritura se realizó fijando la muestra en forma vertical para hacer el sistema simétrico. Se utilizó aceite de girasol como medio de fritura a temperaturas de 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C y 190 °C. Se registró la temperatura central de la partícula transductora durante intervalos de tiempo de 10 s. Se tuvo en cuenta la variación de la conductividad térmica y el calor específico de la muestra durante la fritura y los datos se analizaron resolviendo la ecuación de transferencia de calor utilizando un método explícito de diferencias finitas. El coeficiente de transferencia de calor por convección osciló entre 90 y 200 $\text{W/m}^2\text{°C}$ para un rango de temperatura de 150–190 °C.

2.2 Aspectos generales

2.2.1 *Arapaima gigas* (El paiche)

El paiche en el Perú se distribuyen desde los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con mayor abundancia en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria” (Alcantara, 2006), reportado por (Gonzales, 2019). Según (Campos, 2001), el paiche se clasificación taxonómicamente según la Tabla 1:

Tabla 1: Clasificación taxonómica del paiche.

Composición	Descripción
Orden	Osteoglossiformes
Sub orden	Osteoglossoidei
Superfamilia	Osteoglossoidae
Familia	Osteoglossidae
Género	Arapaima
Especie	<i>Arapaima gigas</i>
Nombre común	Paiche

Fuente: Campos Baca, 2001.

En Perú su nombre común es "paiche". En Brasil su nombre más común es pirarucú por su color rojo. En Guyana se le conoce como "arapaima", probablemente por el nombre original "warapaima". El nombre común proviene de la lengua vernácula "arapaima" y del específico "gigas", que significa enorme, en referencia a su enorme tamaño. Este pez habita en ambientes acuáticos en las orillas de los ríos, como lagunas y antiguas bahías, el pH del agua es ligeramente ácido y rico en materia orgánica en suspensión, producto de la descomposición de las riberas y de la vegetación acuática. Sanchez (1991), afirma que la composición de una muestra de carne de paiche está dada por humedad, proteínas totales, grasa bruta, carbohidratos, sales minerales y poder energético, ello con representación porcentual que se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 2: Composición de la carne de paiche

Composición	%
Humedad	35,00
Proteínas totales	36,50
Grasa bruta	1,60
Carbohidratos	2,40
Sales minerales	24,50

Fuente: Sánchez (1961).

2.2.2 *Pseudoplatystoma fasciatum* (La doncella)

Característicos y famosos de bagre gigante es la *Pseudoplatystoma doncella* punctifer, muy extendida en la cuenca del Amazonas. Es un bagre carnívoro piscívoro muy valorado en la selva peruana debido a su falta de espinas intramusculares y su gran tamaño. Por su morfología también se le considera un pez ornamental por su color en la etapa juvenil. Tiene un tamaño máximo de 1,6m y un peso máximo de 30 a 40 kg. Todo ello conlleva un aumento de su demanda, lo que a su vez provoca un aumento de su extracción. Fernandez y Nuñez (2012), mencionan que bromatológicamente la doncella contiene 18,43% de proteína total, el contenido de grasa 1,44%, el porcentaje de agua 71,71%, el promedio de ceniza de 1,22%.

2.2.3 *Brachyplatystoma rousseauxii* (El dorado)

Peces con la aleta dorsal de base amplia en posición anterior con un entalle que separa esta aleta en dos porciones, la anterior constituida por espinas y la posterior constituida por radios blandos, aletas anal y pélvica con presencia de espinas, la clasificación taxonómica del del dorado se muestra en la Tabla 03.

Tabla 3: Clasificación taxonómica del pescado Dorado.

Composición	Descripción
Superclase	Gnathostomata
Clase	Teleostomi
Sub clase	Actinopterygii
Grupo	Teleostei Euteletoei
Super orden	Ostariophysii
Orden	Perciformes
Familioia	Pimelodidae
Nombre común	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>

Fuente: Navarro (2015)

2.3 Fritura de alimentos

A menudo se utilizan tratamientos térmicos, como el secado o la fritura para procesar y conservar alimentos de origen vegetal (Kaur y Singh, 2016). La fritura en inmersión se usa ampliamente en los métodos de cocción domésticos y comerciales para procesar o conservar alimentos con características organolépticas y sensoriales distintivas. Este proceso también conocido como la fritura atmosférica o la fritura por inmersión, consiste en sumergir los alimentos en aceite a temperaturas oscilando entre 120 y 200 °C (Manjunata., 2014). Esta

condición de fritura permite que tanto física como cambios químicos como la gelatinización del almidón (gránulos de almidón más grandes), formación de costras (secado de la superficie del producto frito). La fritura profunda se usa ampliamente en los métodos de cocción domésticos y comerciales para procesar o conservar alimentos con características organolépticas y sensoriales distintivas. Este proceso también conocido como la fritura atmosférica o la fritura por inmersión, consiste en sumergir los alimentos en aceite a temperaturas oscilando entre 120 y 200 °C (Manjunata., 2014). Esta condición de fritura permite que tanto física como cambios químicos como la gelatinización del almidón (gránulos de almidón más grandes), formación de costras (secado de la superficie del producto frito), la formación de componentes de sabor (que hace que los alimentos fritos sean distintivos), la contracción y la hinchazón (Oke et al., 2018). Estas alteraciones físicas y químicas dan como resultado modificaciones estructurales a nivel macro y micro. Los hallazgos sugieren que uno de los puntos críticos problemas con los alimentos fritos es el contenido de aceite relativamente alto, que se ha relacionado con un aumento en el número de enfermedades como el cáncer, las enfermedades cardíacas, la obesidad, la diabetes y la presión arterial alta (Bouchon y Dijeik, 2018), (Mesias et al., 2021). Además de eso, si el contenido de aceite en los alimentos fritos supera el 50% en peso, son mucho más susceptibles a desarrollar acrilamida (Safari et al., 2018). Además, las altas temperaturas también aumentan el riesgo de formación de acrilamida, aceite oxidación y pérdida nutricional durante este proceso de fritura (Heredia et al., 2014).

Suponiendo que una losa de comida húmeda se somete a un calentamiento por convección con aire caliente o vapor (al secar) o con aceite caliente (al freír). La losa se someterá a un calentamiento sensible rápido hasta que la temperatura de su superficie alcanza la temperatura de evaporación. En el secado al aire, la superficie se en su lugar acercarse a la temperatura de bulbo húmedo. el unidimensional la transferencia de calor durante este período se describe completamente mediante la siguiente ecuación de conducción de calor en estado no estacionario, según (Mesias et al., 2021). .

$$Cp \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{L^2} \frac{\partial^2 T}{\partial X^2} \quad (1)$$

donde X es una posición adimensional definida como sigue:

$$X = \frac{x}{L} \quad (2)$$

La ecuación (1) se resuelve usando diferencias finitas con el siguiente límite

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

En el centro de la transferencia de calor

$$k \frac{\partial T}{\partial t} = hL(T_{\text{amb}} - T_s) \quad (4)$$

2.4 Coeficiente de transferencia de calor

Ran et al. (2023), menciona que, el coeficiente de transferencia de calor (h) se define como la tasa de calor convectivo desde el fluido por área de la superficie del producto cuando existe un gradiente de temperatura unitario entre el fluido y la superficie. Este coeficiente no solo depende de las características de la superficie, como la geometría y la rugosidad, sino que también se ve fuertemente afectado por las propiedades del fluido, incluida la velocidad del fluido y los atributos termofísicos (Neethu et al., 2016). Aunque no existe un método estándar para determinar el coeficiente de transferencia de calor durante la fritura, revisaremos las técnicas que han utilizado diferentes investigadores hasta ahora y también el efecto de varios factores sobre este coeficiente. Safari et al., (2018), menciona que existe dos métodos para determinar el coeficiente de transferencia de calor, el **método indirecto**, en este enfoque, también llamado método de capacidad concentrada, se utiliza un transductor metálico (por ejemplo, aluminio o acero) con una alta conductividad térmica en lugar de una muestra de alimento. Por lo tanto, la resistencia interna es despreciable a la transferencia de calor. (Nro de Biot $< 0,1$) y se puede suponer una distribución uniforme de la temperatura en todo el cuerpo. Para determinar el coeficiente de transferencia de calor, se mide la temperatura transitoria experimental (en la superficie o en el centro). Luego, los datos de relación de temperatura-tiempo se trazan para obtener una regresión no lineal. Luego, el coeficiente se detectará utilizando la siguiente ecuación de transferencia de calor transitoria, mencionada por Safari et al., (2018).:

$$\frac{T_o - T}{T_o - T_i} = \exp\left(\frac{-hA.t}{\rho.Cp.V}\right) \quad (5)$$

El **Método directo**, la muestra es real (producto alimenticio) se utiliza para medir el coeficiente de transferencia de calor para que las condiciones sean completamente realistas y tengan en cuenta el efecto de las burbujas de vapor. Según la literatura, este enfoque tiene dos características. La medición del flujo de calor en la superficie del producto. de esta manera, la temperatura superficial transitoria, T_s , se mide mediante un termopar situado a sólo unos pocos milímetros debajo de la superficie (para evitar la separación del termopar de la superficie). Se

aplica un balance de energía (ecuación (6)) para determinar el coeficiente de transferencia de calor, mencionado por Safari et al., (2018).

$$hA(T_o - T_s) = Q_1 - Q_2 \quad (6)$$

Q_1 es la energía consumida para la evaporación del agua y Q_2 es la energía utilizada para calentar el producto, por lo que la ecuación (6) se puede reescribir como la ecuación, según Safari et al., (2018)

$$hA(T_o - T_s) = \frac{dm}{dt} \Delta H_{vap} + mcp \frac{dT}{dt} \quad (7)$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La experimentación de la presente tesis se desarrolló en el laboratorio de Análisis de Alimentos e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, ubicada a una latitud de 632 m.s.n.m con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura ambiente de 25 °C.

3.2 Materia prima y aditivos

El paiche, la doncella y el dorado, fueron trasladados desde la Ciudad de Pucallpa del INIA en condiciones de congelación.

3.2.1 Materiales de vidrio.

Vaso de precipitado de 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL. pipetas de 5 mL, 10 mL; recipientes de acero inoxidable; cubetas de poliestireno 1x1x4 cm, tips volumen variable, fiola volumétrica de 50 mL, 100 mL, 250 mL, papel filtro Whatman N° 40

3.2.2 Equipos e instrumentos de laboratorio

Termómetros digitales y de mercurio de 0300 °C. Laptop, Software Data Trace Pro Balanza analítica (Kern, Alemania), refrigeradora (Electrolux, EE.UU.); Secadores, espátulas, vasos de precipitación.

3.3 Métodos de análisis

3.3.1 Evolución de la temperatura de los diferentes tipos de alimentos, fueron evaluados según (He, et al. 2022).

- La instalación del software DataTrace v3.1 con el permiso y licencia de la compañía Data trace S.A. previamente los loggers o sensores fueron programados, con el intervalo de tiempo e inicio de la toma de datos. Luego se registraron las evoluciones de las temperaturas en los dispositivos, y finalmente fueron leídas mediante una interfaz del Data trace mediante un intercomunicador y una laptop.

- Se introdujo el terminal de cada uno de los sensores, en el interior de los trozos de filetes.
- Al finalizar el proceso de tratamiento térmico, se retiraron sensores y se realizaron la limpieza eliminando los restos de material orgánico adherido a cada uno de los sensores para evitar las interferencias durante la lectura.
- Se instaló, cada uno de los sensores, en la interfase conectada a la PC y se procedió a realizar la lectura con la data y su posterior grabación. La información colectada fue procesada por el Data Trace.

3.4 Tratamiento, selección y control de datos provenientes de la memoria de los sensores térmicos (Data Trace)

3.4.1. Para el análisis de la transferencia de calor

Los datos fueron seleccionados, ordenados y controlados mediante una hoja electrónica, mediante la aplicación del Excel. V.19.

3.5 Metodología experimental

3.5.1 Experimentos de fritura para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección.

Los experimentos de fritura se realizaron utilizando pulpa de la carne de del paiche, de la doncella y del dorado, se diseñaron en cubos de 3 cm de lado, se acoplaron a una rejilla metálica de 3,2x 3,2 x 3,2 cm de lado, que sirvió de base y soporte de las piezas de la carne del pescado. se insertaron los sensores en el centro geométrico como se muestra en la Figura 1:



Figura 1: Acondicionamiento de la carne de pescado en una rejilla de cobre.

Como medio para freír se utilizó la marca Palmerola elaborada en la empresa Palmas del Espino, de la zona de Santa Lucía (Tocache) a partir del fruto de la palma.

Se utilizó una freidora de 3 litros de capacidad con una precisión de temperatura acondicionado con un termómetro de mercurio de 0 a 300 °C. El aceite se precalentó durante 60 minutos antes de freír para asegurar una distribución homogénea de la temperatura dentro de la freidora. La fritura se realizó a tres temperaturas de 130, 140 y 150 °C. El aceite se cambió después de una serie de 5 pruebas de fritura.

Cuando la carne de pescado se sumerge en aceite caliente, el calor se transfiere del aceite caliente a las muestras de la carne. El calor total transferido desde el aceite caliente mediante convección se utiliza para calentar sensiblemente la muestra y evaporar la humedad en vapores. El coeficiente de transferencia de calor en la superficie se estimó a partir de la ecuación (8) según (Farinu y Baik 2007).

$$hA(T_{\infty} - T_s) = mC_p \frac{dT}{dt} + \lambda \frac{dW}{dt} \quad (8)$$

Donde, h es el coeficiente de transferencia de calor, A es el área de superficie de la muestra; T_{∞} es la temperatura del aceite, T_s es la temperatura de la superficie de la muestra, m es la masa de la muestra que se está fritando, C_p es la capacidad calorífica específica de la

muestra, dT es el cambio en la temperatura promedio de la muestra, λ es el calor latente de evaporación y dW / dt es la tasa de pérdida de humedad de la muestra.

Para determinar el coeficiente de transferencia de calor a partir de la ecuación anterior, las incógnitas se determinaron a partir de los procedimientos experimentales.

3.5.2 Área de superficie de muestra superior e inferior

Se cortó un cubo de carne de paiche, doncella y dorado de 3 cm de lado donde el área de exposición fue de $3 \times 3 \text{ cm}^2$ por seis lados, de modo que la transferencia de calor fue tridimensional

3.5.3 Determinación de las propiedades termofísicas

La conductividad térmica (k), el calor específico (C_p) y la densidad (ρ), de las muestras de carne de la doncella, del paiche y del dorado, se determinó mediante las fórmulas planteadas según la Tabla 4, en función a la composición del producto y la temperatura de procesamiento, según (Choi y Okos 1995).

Tabla 4: Ecuaciones para la determinación de las propiedades termofísicas

Propiedad	Forma del modelo	Componente	Modelo
Conductividad térmica (W/m °C)	$k = \sum_{i=1}^n X_i Y_i$	Proteína	$1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3} T - 2,7178 \times 10^{-6} T^2$
		Grasa	$1,80711 \times 10^{-1} - 2,760 \times 10^{-3} T - 1,7749 \times 10^{-7} T^2$
		Carbohidrato	$2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3} T - 4,3312 \times 10^{-6} T^2$
		Fibra	$1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3} T^3 - 1,683 \times 10^{-6} T^2$
		Minerales	$3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3} T - 2,9069 \times 10^{-6} T^2$
		Agua	$5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3} T - 6,7030 \times 10^{-6} T^2$
Densidad (kg/m ³)	$\rho = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{\rho_i}}$	Proteína	$1,3299 \times 10^3 - 5,1840 \times 10^{-1} T$
		Grasa	$1,3299 \times 10^3 - 5,1840 \times 10^{-1} T$
		Carbohidrato	$1,5991 \times 10^3 - 3,1046 \times 10^{-1} T$
		Fibra	$1,3115 \times 10^3 - 3,6589 \times 10^{-1} T$
		Minerales	$2,4238 \times 10^3 - 2,8063 \times 10^{-1} T$
		Agua	$9,9718 \times 10^2 + 3,1439 \times 10^{-3} T^3 - 3,7574 \times 10^{-3} T^2$
Calor Específico (J/kg °C)	$C_p = \sum_{i=1}^n X_i C_{pi}$	Proteína	$2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3} T - 1,3129 \times 10^{-6} T^2$
		Grasa	$1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3} T - 4,8008 \times 10^{-6} T^2$
		Carbohidrato	$1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3} T - 5,9399 \times 10^{-6} T^2$
		Fibra	$1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3} T - 4,6509 \times 10^{-6} T^2$
		Minerales	$1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3} T - 3,6817 \times 10^{-6} T^2$
		Agua	$4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5} T + 5,4731 \times 10^{-6} T^2$

Fuente: (Choi y OKOS, 1995)

3.5.4 Distribución espacial de temperatura para determinar T_s , T_∞ y dT/dt

Se realizó fritura para determinar la distribución espacial de la temperatura dentro de los cubos de las carnes de la doncella, el paiche y el dorado. Se insertaron los sensores en el centro geométrico, asegurándose que la temperatura se midiera en el mismo lugar durante todas las repeticiones. Se consideró las lecturas del sensor para el valor T_s , ésta temperatura se utilizó para determinar dT/dt , así como los valores de C_p . También se colocaron termómetros dentro de la freidora, ésta se utilizó como valor para T_∞ . La fritura se realizó a 130, 140 y 150 °C, por triplicado. Se calculó un coeficiente de transferencia de calor promedio para cada intervalo utilizando la ecuación (8).

3.5.5 Procesamiento térmico.

Las condiciones de proceso térmico se realizaron a temperaturas de fritura de 130, 140 y 150 °C y tiempos de freído entre 1 a 420 s, los datos se almacenaron mediante el sensor y la interfaz (Figura 02). En este proceso (Figura 03), se empleará aceite de palma como medio de fritura y una freidora de 6 litros de capacidad. En cada condición de freído se utilizará una lámina de filete del paiche, de la doncella y del dorado con tres réplicas analíticas. Las temperaturas se registraron cada 30 segundos mediante los sensores del Data Trace, así como el uso de sus periféricos, insertados en el computador. El calor específico y la densidad de la muestra serán determinados empleando las fórmulas sugerida por (Choi y Okos, 1995) con base en la composición de cada una de las materias primas y la temperatura de fritura. El modelo que expresa la ley de enfriamiento de Newton mencionada por (Choi y Okos, 1995), según la siguiente ecuación:

$$Q = h A \Delta T \quad (9)$$

Para la determinación del coeficiente convectivo de transferencia de calor, (h) se calculó según la ecuación 10, para el freído de las muestras teniendo en cuenta el estado de cuasi equilibrio entre la temperatura del interior de la muestra y el balance de calor, empleando la Ecuación (7), acreditada por (Safari et al., 2018):

$$hA(T_s - T_b) = \rho V C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (10)$$

La ecuación se linealizó con las condiciones iniciales, quedando expresada como se indica en la Ecuación (11) mencionada por (Choi y Okos, 1995):

$$\ln \frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} = \frac{-hA}{\rho V C_p} * t \quad (11)$$

Finalmente, de la pendiente resultante de la gráfica $\ln \frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e}$ Vs. tiempo (t) y conocidos el área de transferencia de calor, la densidad, el calor específico y el volumen de la lámina del filete, se determinaron mediante la Ecuación (12) así:

$$h = \frac{m * \rho * C_p}{A} \quad (12)$$



(a)



(b)

Figura 2 : (a) Sensor Data Logger (b) Interfaz del sensor

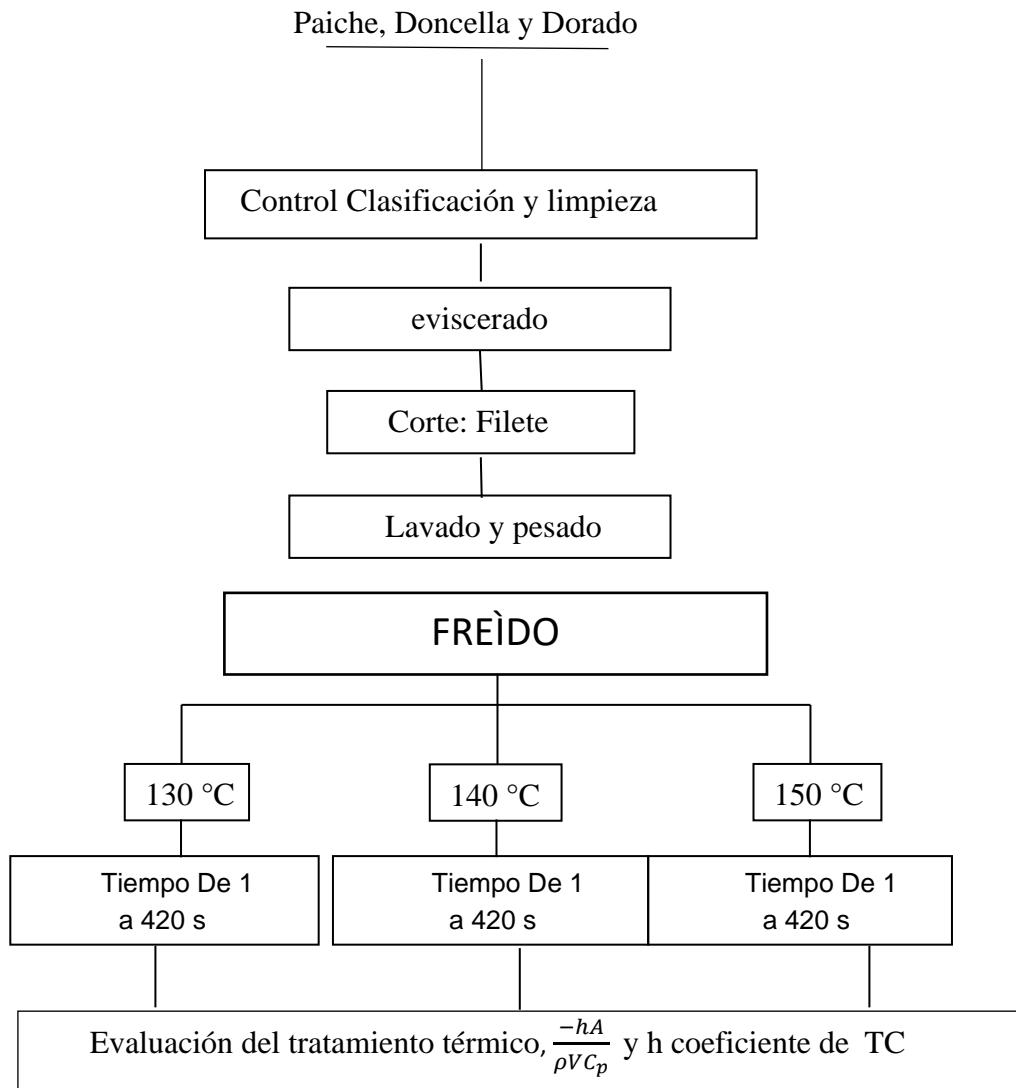


Figura 3: Diagrama de flujo para evaluar el tratamiento térmico durante el freído de láminas de los filetes.

3.6 Procesamiento de datos

3.6.1 Estadísticos

Se utilizará el modelo matemático para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente (h coeficiente de transferencia de calor y pendiente generada) con la temperatura y el tiempo:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon$$

Donde y representa el coeficiente convectivo (h), x_1 la temperatura de procesamiento y x_2 el tiempo de procesamiento. β_0 define la intersección del plano con el eje de las ordenadas, β_1 y β_2 son coeficientes de regresión parcial.

Los resultados serán analizados mediante el análisis de varianza (ANVA), como se muestra en la Tabla 5. De existir significación se utilizará la prueba de comparación múltiple de Tukey, al nivel de significación de 0,05 y 95% de confiabilidad.

Variable independiente

- Temperatura de fritura: 130, 150, 170°C.
- Tiempo: 1 a 420 segundos.

Variable dependiente

- dependiente $\frac{-hA}{\rho V C_p}$ (9)
- Coeficiente de transferencia de calor h

Donde exista significancia entre los tratamientos, se evaluará con la prueba Tuckey, con un nivel de significación del 5%. El análisis estadístico se realizará mediante el software STATGRAPHICS PLUS 5.1.

Tabla 5: Análisis de varianza de la significación en una regresión múltiple

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	Fc	Pv
Temperatura (x_1)					
Tiempo (x_2)					
Error experimental					
Total 12 iteraciones					

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis químico proximal de los filetes: Dorado, paiche y doncella

En la Tabla 6 se muestra, que el mayor contenido de materia en el filete del dorado es el agua con un promedio de 76,69 %, proteína un 17,35 %, grasa 4,86 % y cenizas 1,1 %, mientras que el (IIAP, 2017) muestra un 75,50 % de humedad, grasas 4,20 %, también en proteínas un 18,98% y cenizas 1,07%, siendo estos datos cercanos a lo encontrado por (Ciappini, et al., 2021) muestra un porcentaje de humedad igual a 76,3 %, en grasa 4,9 %.

Tabla 6: Composición proximal del filete del dorado

Composición	Promedio (%)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Humedad (g/100 g)	76,69	0,08013877	0,00104492
Proteína (g/100 g) F: 6.25	17,35	0,08164966	0,00470603
Grasa (g/100 g)	4,86	0,08219219	0,01692358
Cenizas (g/100 g)	1,10	0,04082483	0,03711348

En función al contenido de grasa del pez dorado (2,8 %) puede registrarse como un pez magro (Villarino et al., 2011). Las diferencias encontradas en cada caso posiblemente sean consideradas por la alimentación del pez, la altitud del río al cual se encuentra y el desove. (Ciappini et al., 2021) encuentra un 17,2 g/100. El contenido de ceniza 0,9 % el cual no es tan lejano a lo encontrado.

En la Tabla 7, muestra el contenido proximal del filete del paiche.

Tabla 7: Composición proximal del filete del paiche

Composición	Promedio (%)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Humedad (g/100 g)	79,27	0,06236096	0,00078672
Proteína (g/100 g) F: 6.25	18,64	0,04921608	0,00263988
Grasa (g/100 g)	1,12	0,02054805	0,01829203
Cenizas (g/100 g)	0,97	0,02357023	0,02438299

El paiche es considerado el segundo pez mas grande del mundo, adulto puede superar los 200 kilogramos. Tiene un contenido promedio de 79,27 % de humedad, con 18,64 % de proteína, 1,123 % de grasa y 0,97 % de ceniza. (IIAP, 2017), menciona que el paiche es en pez de alta calidad nutricional presenta su composición química (72% de humedad, 5% de grasa, 21% de proteína y cenizas 1.3% y su alta concentración de Omegas 3, 6 y 9, similar al salmón. (Roldán, D., Avelino, A., Tantarico, D. Omote, J., 2020), menciona también que el paiche contiene 79,2 % de humedad, proteína 18,7%, ceniza 1% y grasa 1,1 %; en los autores en mención mantienen concordancia con los porcentajes obtenidos en la presente investigación. (CAMPOS, 2001), presenta al paiche con 35% de humedad, proteínas totales 36.5%, grasa bruta 1,6% y minerales 2. 4% . Por el contenido de proteína en el filete del paiche de 18,64 y por la cantidad de grasa 1,12 es avizorada como un espécimen magro.

Tabla 8: Composición proximal del filete de la doncella.

Composición	Promedio (%)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Humedad (g/100 g)	79,60	0,00816551	0,00010258
Proteína (g/100 g) F: 6.25	16,44	0,01414214	0,00086023
Grasa (g/100 g)	3,83	0,02041241	0,00533658
Cenizas (g/100 g)	1,24	0,01078064	0,00870577

Entre las tres especies, es la Doncella que contiene más humedad con 70,60 %, en cuanto a la proteína, el paiche es el que contiene el mayor porcentaje de proteína con 18,64 %, mientras que el Dorado contiene el mayor porcentaje de grasa con un 4,86 %. En la Tabla 6 muestra que la carne del dorado tiene 76,75 % de humedad, 17,25 de proteína, grasa 4,95 y 1,05 % de ceniza, mientras que (Ciappini et al., 2021), no discrepa significativamente estos valores

y encuentra una humedad igual a 76,3 g/100 g y 4,9 g/100 g de grasa. (Apaza, R., 2018), encuentra una humedad 72,63%, proteína cruda 17,81 %, grasa cruda 7,1 %, cenizas totales 2,94 %, hidratos de carbono 0,17 %.

4.2 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de *Salminus brasiliensis* (dorado) en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.

4.2.1 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de laminas del *Salminus brasiliensis* (dorado) en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 130°C.

En la Tabla 09, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado Dorado a una temperatura de 130 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 130 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 27,4 °C.

También podemos detallar que a partir de los 140 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 390 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 04 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el Dorado a temperatura del aceite a 130 °C, claramente se observa que a los 390 segundos la temperatura en el filete del Dorado se mantiene constante.

En la Figura 05, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el Dorado a temperatura del aceite a 130 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,0040x + 0,3538$ con un $R^2 = 0,9875$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003982$.

En la Tabla 10, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 73,3372$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (981,6544 kg/m³), del calor específico (3752,2765 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003982) del filete del Dorado a la temperatura de 130 °C

Tabla 9: Perfil de temperatura en el filete del dorado a a 130 °C de temperatura del aceite

Temperatura de inmersión 130 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	39,5	130	27,4	-0,125488082
30	45,1	130	27,4	-0,189363839
45	45,4	130	27,4	-0,192903666
60	46,2	130	27,4	-0,202404925
75	46,5	130	27,4	-0,208389384
90	46,6	130	27,4	-0,200021134
105	46,9	130	27,4	-0,205991301
120	47,4	130	27,4	-0,216828252
135	49,8	130	27,4	-0,246314418
150	52,1	130	27,4	-0,27541198
165	55,4	130	27,4	-0,318697426
180	58,5	130	27,4	-0,361140483
195	62	130	27,4	-0,411330228
210	64,5	130	27,4	-0,44878779
225	69,4	130	27,4	-0,52654304
240	72,4	130	27,4	-0,577315365
255	75,7	130	27,4	-0,636313706
270	78,5	130	27,4	-0,689256125
285	81,8	130	27,4	-0,755478912
300	84,5	130	27,4	-0,813125607
315	87,4	130	27,4	-0,878983679
330	90,1	130	27,4	-0,944461609
345	93,4	130	27,4	-1,030789692
360	96,4	130	27,4	-1,116311866
375	99,6	130	27,4	-1,216395324
390	100,5	130	27,4	-1,246447669
405	101,5	130	27,4	-1,280933845
420	101,5	130	27,4	-1,280933845

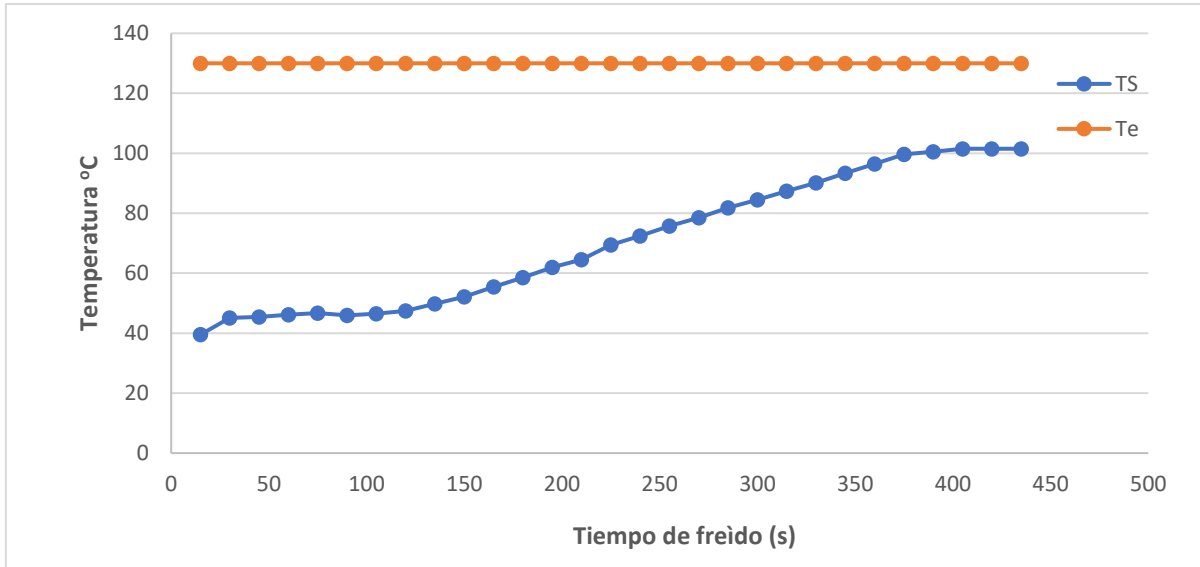


Figura 4: Perfil de temperatura en el filete del dorado a temperatura del aceite a 130 °C

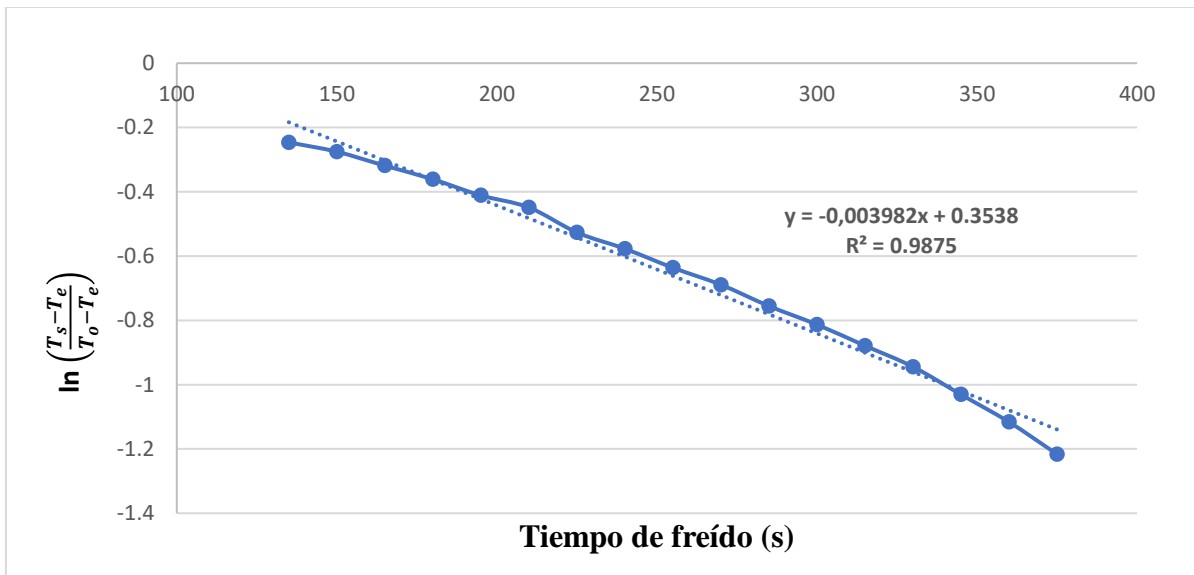


Figura 5: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del dorado a temperatura del aceite a 130 °C

Tabla 10: Propiedades termofísicas del filete del dorado a 130 °C

Temperatura 130 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	981,6544475	3752,27653	-0,003982	73,3372

En la determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección durante la inmersión y fritura de filetes de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en aceite de palma a diferentes temperatura, se cortaron filetes de tilapia y los sumergieron en aceite a 130, 150 y 170°C en una freidora eléctrica de acero inoxidable de 6 litros. El coeficiente de convección disminuye a medida que aumenta la temperatura del aceite y es 46,76; es 34,61 y 32,66 W/m²K a 130, 150 y 170 °C, respectivamente. Se ha observado que a mayor temperatura del ambiente de freído, mayor es la velocidad a la que el producto pierde agua, menor su energía interna y, por tanto, el coeficiente de intercambio de calor convectivo (Tirado et al., 2013) los valores son similares a los reportados en nuestro estudio.

Mir et al., (2012) al analizar la influencia de la temperatura y la presión reducida sobre el coeficiente de transferencia de calor por convección, h , durante la fritura de una masa de papa con diferentes áreas y volúmenes. h se determinó a partir de datos experimentales de temperatura superficial y pérdida de humedad durante la fritura de cilindros de papa y churros, a diferentes temperaturas del aceite (100, 120 y 140 °C) y vacío moderado (19.5–25.9 kPa). Los resultados obtenidos durante la fritura al vacío se compararon con los obtenidos a presión atmosférica, tanto para la misma temperatura del aceite (140 °C) como para el mismo gradiente térmico (40 °C). Durante la fritura, h cambia considerablemente, alcanzando un máximo entre 700–1600 Wm⁻² K⁻¹ en fritura al vacío y 800–2000 Wm⁻² K⁻¹ en fritura atmosférica.

4.2.2 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de laminas del *Salminus brasiliensis* (dorado) en aceite de palma a la temperatura de 140°C.

En la Tabla 11, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado Dorado a una temperatura de 140 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite (T_e) a 140 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La lamina del dorado tuvo una temperatura inicial de T_o 27,4 °C.

También podemos detallar que a partir de los 50 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 390 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 6 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C, claramente se observa que a los 300 segundos la temperatura en el filete del dorado se mantiene constante.

En la Figura 6, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,003403x + 0,089848$ con $R^2 = 0,997300$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003403$.

Jaspreet et al., (2016), encontró valores máximos de h registrados durante la fritura de discos de papa, 3617, 4517 y 7307 W/m °C a 150, 170 y 190 °C respectivamente, valores que se diferencian por tener diferente contenido de composición química entre la papa y el pescado.

En la Tabla 12, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 62,2487$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (972,66889 kg/m³), del calor específico (3764,579 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003403) del filete del Dorado a la temperatura de 140 °C, Se ha observado que a mayor temperatura del ambiente de freído, mayor es la velocidad a la que el producto pierde agua, menor su energía interna y, por tanto, el coeficiente de intercambio de calor convectivo (Tirado et al., 2013). Mir et al., (2012) al analizar la influencia de la temperatura y la presión reducida sobre el coeficiente de transferencia de calor por convección h . Los resultados obtenidos durante la fritura al vacío se compararon con los obtenidos a presión atmosférica, tanto para la misma temperatura del aceite (140 °C) como para el mismo gradiente térmico (40 °C). Durante la fritura, h cambia considerablemente, alcanzando un máximo entre 700–1600 Wm⁻² K⁻¹ en fritura al vacío y 800–2000 Wm⁻² K⁻¹ en fritura atmosférica.

Tabla 11: Perfil de temperatura en el filete del dorado a temperatura del aceite a 140 °C

Temperatura de inmersión a 140 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	34	140	25,4	-0,07800871
30	36	140	25,4	-0,097056905
45	37	140	25,4	-0,106718816
60	41,4	140	25,4	-0,150376543
75	44,9	140	25,4	-0,186518835
90	48,7	140	25,4	-0,227297017
105	53,2	140	25,4	-0,277841183
120	57,2	140	25,4	-0,325019743
135	60,5	140	25,4	-0,365690783
150	64,1	140	25,4	-0,41203112
165	67,4	140	25,4	-0,456482882
180	71,2	140	25,4	-0,510244059
195	74,3	140	25,4	-0,556348879
210	77,9	140	25,4	-0,612701815
225	81,2	140	25,4	-0,667305949
240	84,1	140	25,4	-0,717883424
255	87,3	140	25,4	-0,776832349
270	89,9	140	25,4	-0,827426796
285	92,5	140	25,4	-0,880718093
300	95,3	140	25,4	-0,941474303
315	98,4	140	25,4	-1,013347637
330	99,4	140	25,4	-1,037679738
345	99,6	140	25,4	-1,042618019
360	99,7	140	25,4	-1,045096335
375	99,8	140	25,4	-1,047580809
390	100	140	25,4	-1,05256835
405	100	140	25,4	-1,05256835
420	100	140	25,4	-1,05256835

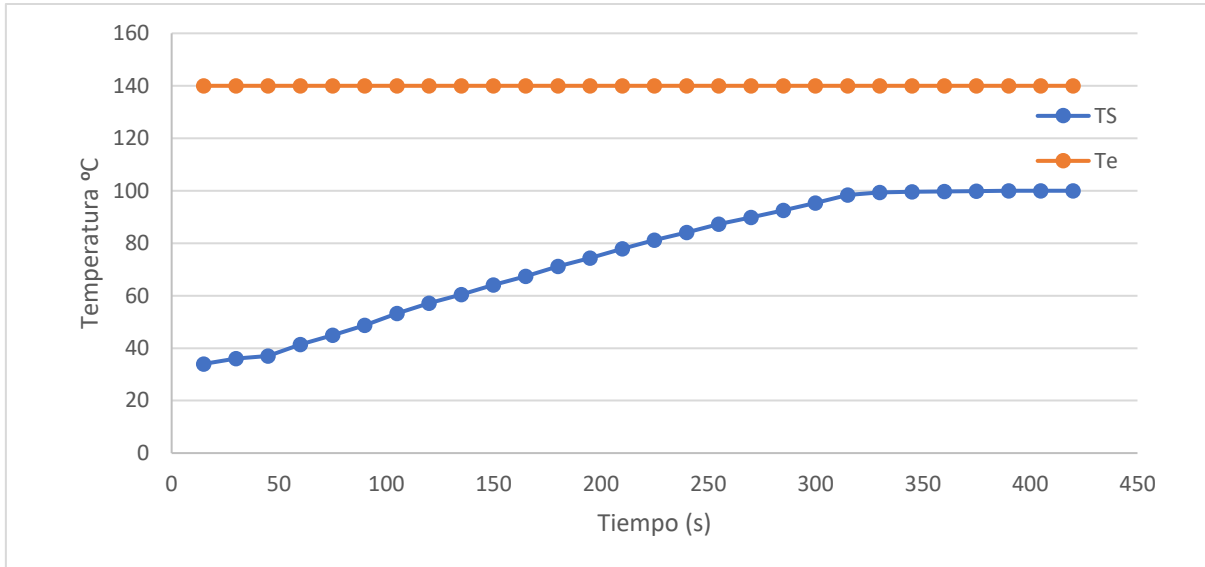


Figura 6: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del dorado a temperatura del aceite a 140 °C

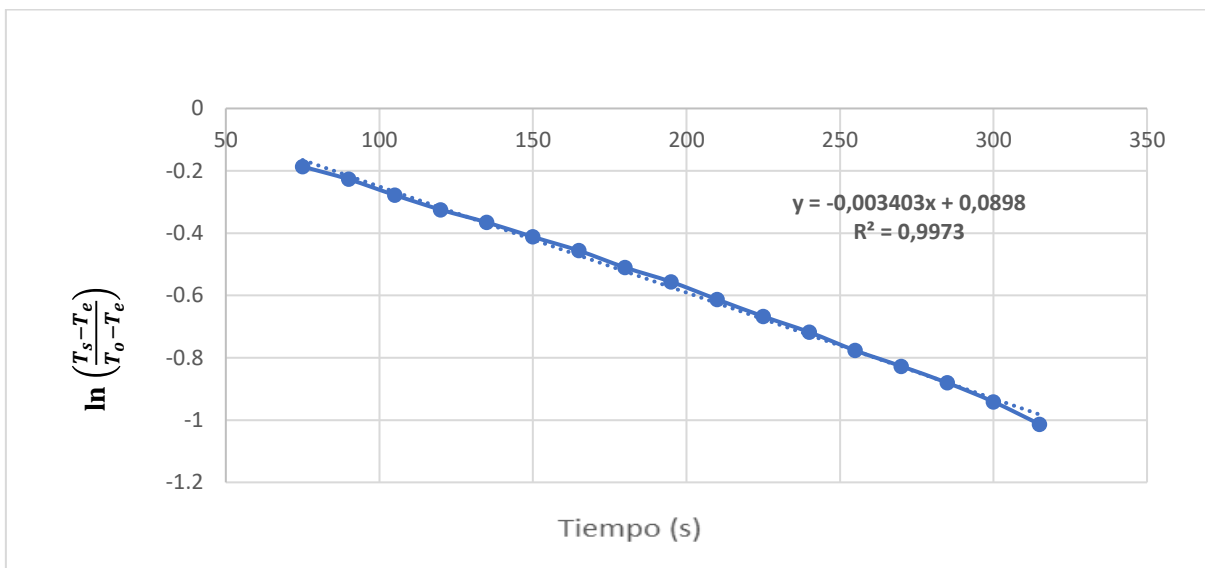


Figura 7: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del dorado a temperatura del aceite a 140 °C

Tabla 12: Propiedades termofísicas de la carne del Dorado a 140 °C

Temperatura 140 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	972,6688919	3764,57935	-0,003403	62,248

Erdogdu y Dejmek, (2010), Determinaron el coeficiente de transferencia en el freído de papas a presión, los resultados del coeficiente de transferencia de calor se informaron como el promedio de diez experimentos con la desviación estándar ($h \pm DE$), los valores máximos del coeficiente de transferencia de calor fueron 500 y 265 $W/m^2 \cdot K$ para fritura a alta presión y atmosférica, respectivamente, valores muy disperso al encontrado en filetes de pescado.

4.2.3 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de filetes del *Salminus brasiliensis* (dorado) en aceite de palma a la temperaturas a temperaturas de 150°C.

En la Tabla 13, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado dorado a una temperatura de 150 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite (T_e) a 150 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La lamina del dorado tuvo una temperatura inicial de T_o 25,3 °C.

También podemos detallar que a partir de los 15 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 300 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 6 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C, claramente se observa que a los 300 segundos la temperatura en el filete del Dorado se mantiene constante.

En la Figura 8, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el dorado a temperatura del aceite a 150 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,003347x + 0,050870$ con $R^2 = 0,996167$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003347$.

En la Tabla 14, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 59,97847$ $W/m^2 \cdot K$) calculado en función del volumen ($0,000027$ m^3), del área ($0,0054$ m^2), de la densidad ($962,2614425$ kg/m^3), del calor específico ($3777,621$ $J/kg \cdot K$) y de la pendiente ($-0,003347$) del filete.

Tabla 13: Perfil de temperatura en el filete del dorado a temperatura del aceite a 150 °C

Temperatura de inmersión a 150 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	46,1	150	25,3	-0,182481955
30	47,1	150	25,3	-0,19215321
45	48,5	150	25,3	-0,205852054
60	50,3	150	25,3	-0,223745176
75	52,8	150	25,3	-0,249140141
90	55,6	150	25,3	-0,27836978
105	58,7	150	25,3	-0,311760065
120	61,8	150	25,3	-0,34630389
135	64,9	150	25,3	-0,382083817
150	67,7	150	25,3	-0,415539745
165	75	150	25,3	-0,508422739
180	77,7	150	25,3	-0,545086724
195	82	150	25,3	-0,606403148
210	85,1	150	25,3	-0,653063229
225	88,4	150	25,3	-0,705248982
240	91,3	150	25,3	-0,753471126
255	94,2	150	25,3	-0,804136983
270	97,1	150	25,3	-0,857507514
285	99,6	150	25,3	-0,905919678
300	102	150	25,3	-0,954709842
315	102,5	150	25,3	-0,965181142
330	102,5	150	25,3	-0,965181142
345	103	150	25,3	-0,975763251
360	103	150	25,3	-0,975763251
375	103	150	25,3	-0,975763251

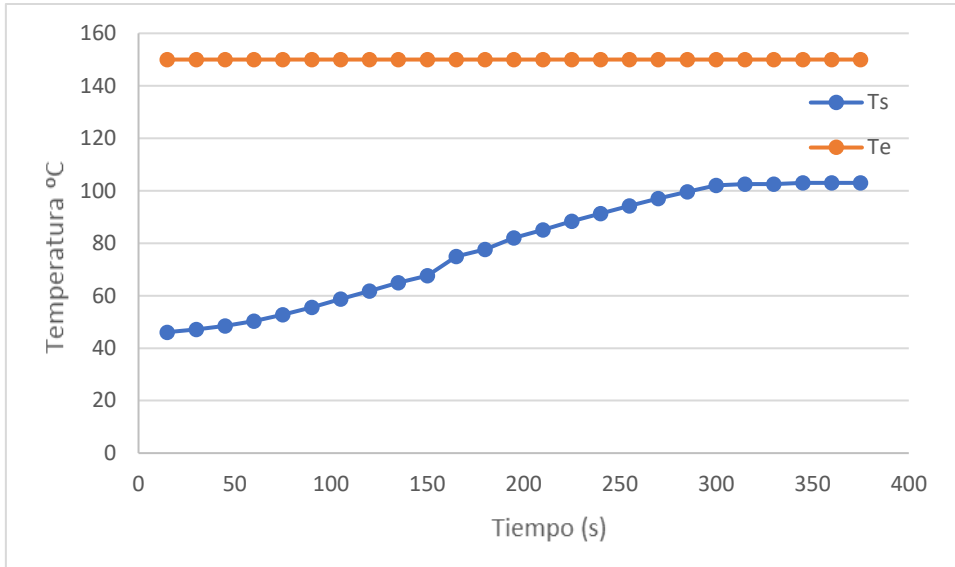


Figura 08: Perfil de temperatura en el filete del dorado a temperatura del aceite a 150 °C

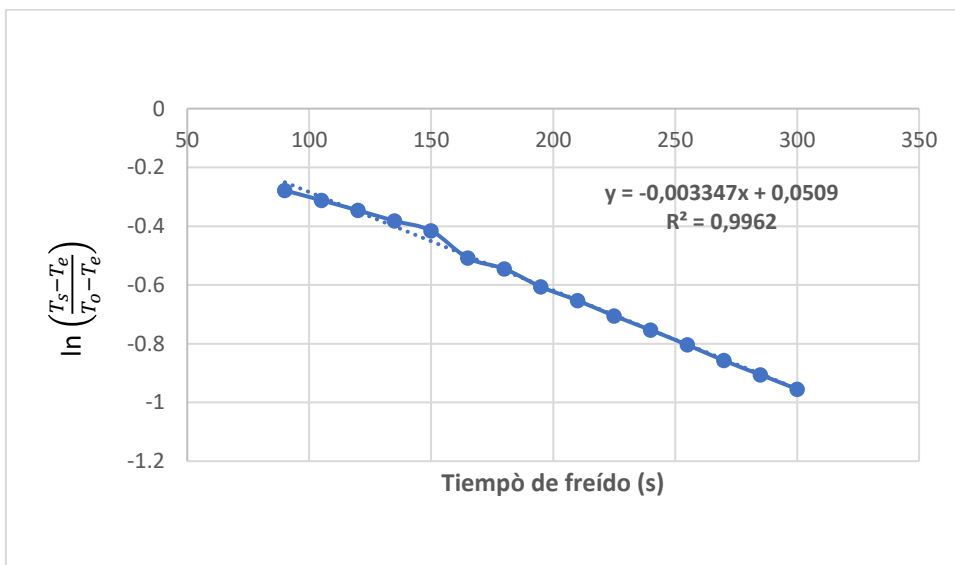


Figura 9: Perfil de temperatura en el filete del dorado a temperatura del aceite a 150 °C

Tabla 14: Propiedades termofísicas en el filete del dorado a 150 °C

Temperatura 150 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/s)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	962,2614425	3777,62132	-0,0033	59,9784791

Jaspreet et al., (2016), encontró valores máximos de h registrados durante la fritura de discos de papa, 3617, 4517 y 7307 W/m °C a 150, 170 y 190 °C respectivamente, valores que se diferencian por tener diferente contenido de composición química entre la papa y el pescado.

Sahin, Sastry, & Bayindirli, (1999) en su estudio “el coeficiente de transferencia de calor por convección durante la fritura” se determinó a diferentes temperaturas. En este estudio, se utilizó como muestra modelo lana de aluminio rellena con puré de patatas con un tamaño de $0,05 \times 0,05 \times 0,003 \text{ m}^3$. La fritura se realizó fijando la muestra verticalmente para hacer el sistema simétrico. Se utilizó aceite de girasol como medio para freír a temperaturas de 150°C, 160°C, 170°C, 180°C y 190°C. La temperatura central de la partícula transductora se registró durante intervalos de tiempo de 10 s. Se tomó en consideración la variación de la conductividad térmica y el calor específico de la muestra durante la fritura y los datos se analizaron resolviendo la ecuación de transferencia de calor utilizando un método explícito de diferencias finitas. El coeficiente de transferencia de calor por convección osciló entre 90 y 200 W/m² °C para un rango de temperatura de 150 a 190 °C. Valores similares al presente estudio.

4.3 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de filetes de *Arapaima gigas* (paiche), en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.

4.3.1 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas del *Arapaima gigas* (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 130°C.

En la Tabla 15, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado Paiche a la temperatura de 130 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 130 °C, así como el $\text{Ln}((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 27,4 °C.

También podemos detallar que a partir de los 120 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 390 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 10 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el Dorado a temperatura del aceite a 130 °C, claramente se observa que a los 360 segundos la temperatura en el filete del Paiche se mantiene constante.

En la Figura 11, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el paiche a temperatura del aceite a 130 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,004028x + 0,339966$ con un $R^2 = 0,983135$. La pendiente de la ecuación $m = -0,004028$.

En la Tabla 16, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 75,7382$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (987,0945351 kg/m³), del calor específico (3809,754351 J/kg.K) y de la pendiente (-0,004028) del filete del Paiche a la temperatura de 130 °C

Tabla 15: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 130 °C

Temperatura de inmersión a 130 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	40,5	130	27,4	-0,136599307
30	47,1	130	27,4	-0,213202871
45	46,4	130	27,4	-0,204794413
60	47,2	130	27,4	-0,214409871
75	47,7	130	27,4	-0,220466825
90	47	130	27,4	-0,211997325
105	48,5	130	27,4	-0,230234912
120	48,4	130	27,4	-0,229008671
135	50,8	130	27,4	-0,258861634
150	53,1	130	27,4	-0,288332056
165	56,4	130	27,4	-0,332192907
180	60,5	130	27,4	-0,38951118
195	64,0	130	27,4	-0,441183191
210	66,5	130	27,4	-0,479798027
225	70,4	130	27,4	-0,543182359
240	74,4	130	27,4	-0,612654731
255	77,7	130	27,4	-0,673841562
270	79,5	130	27,4	-0,708864596
285	82,8	130	27,4	-0,77644404
300	85,5	130	27,4	-0,835348744
315	88,4	130	27,4	-0,902737765
330	91,1	130	27,4	-0,969843682
345	95,4	130	27,4	-1,086984251
360	99,4	130	27,4	-1,209837924
375	100,6	130	27,4	-1,249843258
390	102,5	130	27,4	-1,316651928
405	102,5	130	27,4	-1,316651928
420	102,5	130	27,4	-1,316651928
435	103,5	130	27,4	-1,353693245

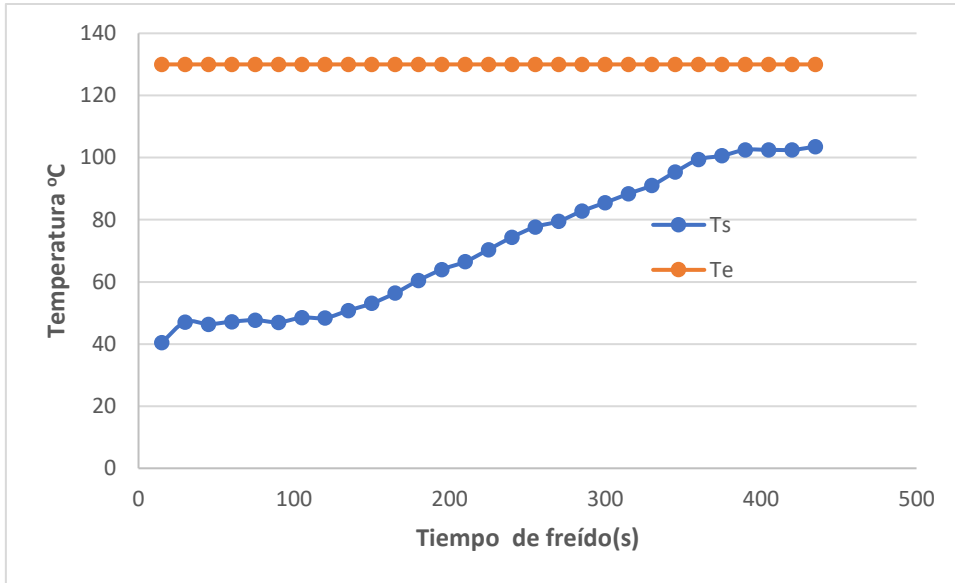


Figura 10: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 130 °C

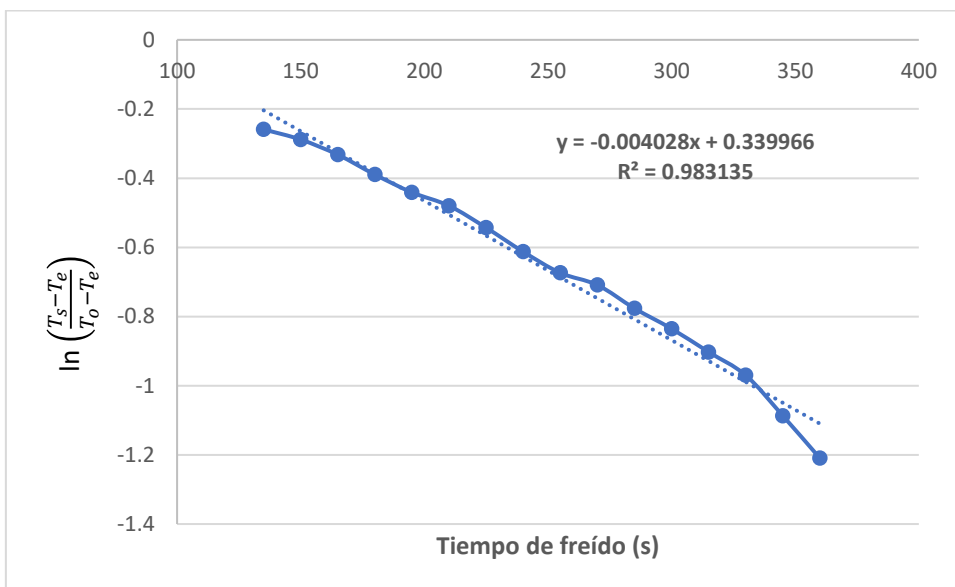


Figura 11: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 130 °C

Tabla 16: Propiedades termofísicas en el filete del paiche a 130 °C

Temperatura 130 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0.000027	0.0054	987.0945351	3809.754351	-0.004028	75.7382363

Mir et al., (2012), en su estudio en analizar la influencia de la temperatura y la presión reducida sobre el coeficiente de transferencia de calor por convección, h , durante la fritura de productos con diferente relación por presión área/volumen. donde h , se determinó a partir de datos experimentales de temperatura superficial y pérdida de humedad durante la fritura de cilindros de papa y churros, a diferentes temperaturas del aceite (100, 120 y 140 °C) y vacío moderado (19,5–25,9 kPa). Los resultados obtenidos durante la fritura al vacío se compararon con los obtenidos a presión atmosférica, tanto para la misma temperatura del aceite (140 °C) como para el mismo gradiente térmico (40 °C). Durante la fritura, h cambia considerablemente, alcanzando un máximo entre 700–1600 Wm K⁻¹ en fritura al vacío y 800–2000 Wm K⁻¹ en fritura atmosférica. Para cuantificar el efecto de la temperatura del aceite, la presión y el tamaño del producto sobre h , se definió un parámetro llamado “eficiencia de burbujeo” (BE). BE relaciona el radio de salida de las burbujas y la relación área/volumen del producto. Se propuso una ecuación (la derivada de la función de Gompertz) para estimar los coeficientes convectivos de calor medios para cada condición de fritura en función de BE ($R^2 = 0,957$). La relación entre h y BE muestra un máximo correspondiente a un patrón de burbujeo óptimo. La mayoría de los ajustes de fritura al vacío están fuera de este óptimo, viéndose afectados por el efecto aislante de las burbujas que cubren la superficie.

4.3.2 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de filetes del *Arapaima gigas* (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 140°C.

En la Tabla 17, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado paiche a la temperatura de 140 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 140 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 25,4 °C.

También podemos detallar que a partir de los 75 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 315 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 12 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el dorado a temperatura del aceite a 140 °C, claramente se observa que a los 315 segundos la temperatura en el filete del paiche se mantiene constante.

Tabla 17: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 140 °C

Temperatura de inmersión a 140 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	36	140	25,4	-0,097056905
30	38	140	25,4	-0,116474991
45	39	140	25,4	-0,126327287
60	42,4	140	25,4	-0,160570311
75	45,9	140	25,4	-0,197089758
90	50,7	140	25,4	-0,249446316
105	55,2	140	25,4	-0,301152261
120	58,2	140	25,4	-0,337170561
135	62,5	140	25,4	-0,391169868
150	66,1	140	25,4	-0,438734976
165	68,4	140	25,4	-0,47035273
180	73,2	140	25,4	-0,539744724
195	76,3	140	25,4	-0,587263242
210	78,9	140	25,4	-0,628935938
225	83,2	140	25,4	-0,701911479
240	86,1	140	25,4	-0,754317326
255	90,3	140	25,4	-0,835442871
270	92,9	140	25,4	-0,889174803
285	97	140	25,4	-0,980247689
300	98,3	140	25,4	-1,010946675
315	102,4	140	25,4	-1,114443754
330	103,4	140	25,4	-1,141399564
345	103,6	140	25,4	-1,14687903
360	104,7	140	25,4	-1,17756484
375	104,8	140	25,4	-1,180401722
390	104,9	140	25,4	-1,183246674
405	104,9	140	25,4	-1,183246674
420	104,9	140	25,4	-1,183246674

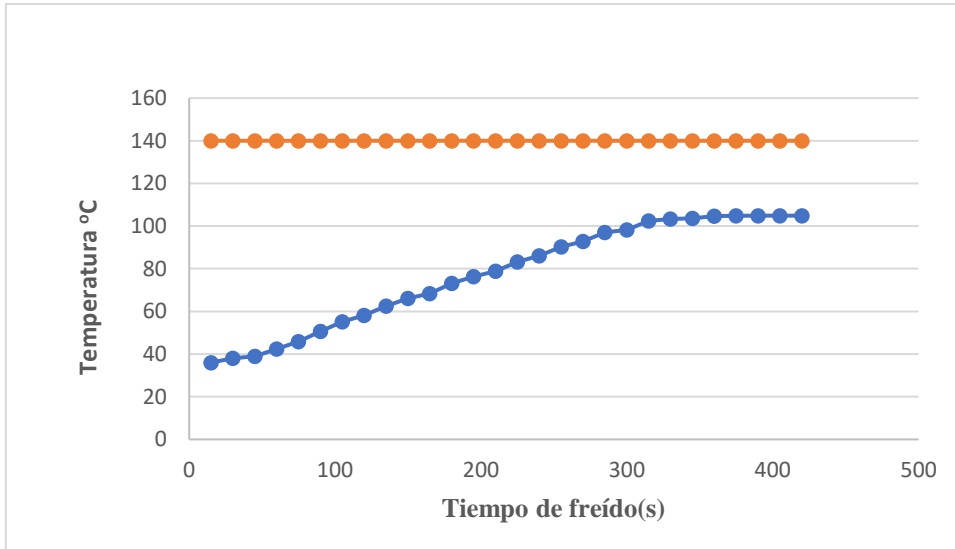


Figura 12: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 140 °C

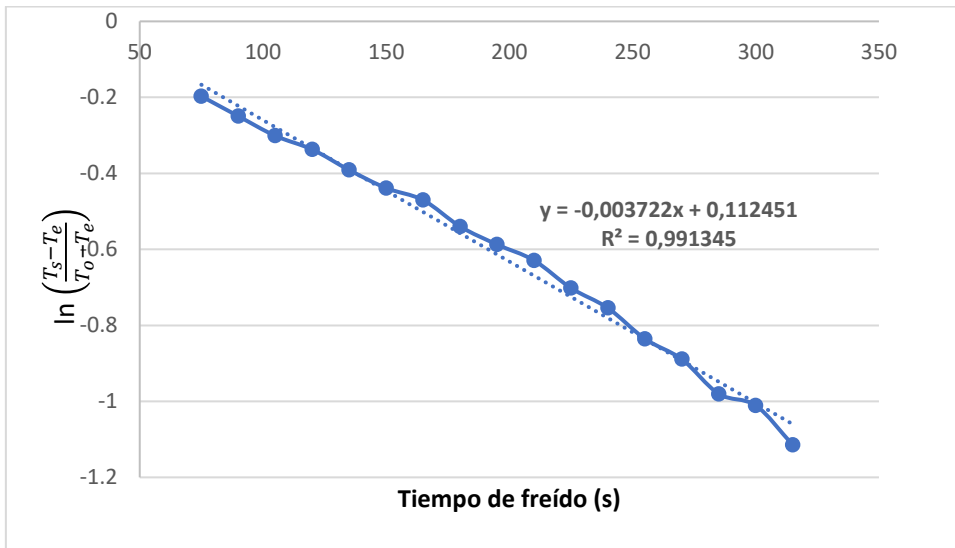


Figura 13: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del paiche a temperatura del aceite a 140 °C

Tabla 18: Propiedades termofísicas en el filete del paiche a 140 °C

Temperatura 140 °C					
Volumen	Área	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m ² .K)
(m ³)	(m ²)	(kg/m ³)	(J/Kg.k)		
0.000027	0.0054	977.4891	3822.4479	-0.003722	69.5344

En la Tabla 18, se muestra el coeficiente convectivo ($h=69,5344212$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (977,4891801 kg/m³), del calor específico (3822,4473 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003722) del filete del Paiche a la temperatura de 140 °C

Tirado et al., (2013) en su estudio determinación coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído por inmersión de láminas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en aceite de palma a diferentes temperaturas. Donde cortaron filetes de tilapia en forma de placa y sumergieron en aceite a 130, 150, y 170 °C en una freidora eléctrica de acero inoxidable de seis litros, encontraron que pendientes de 0,0032; 0,0024 y 0,0023 estos resultados se asemejan a los reportados en el presente estudio. Los coeficientes convectivos disminuyeron al aumentar la temperatura del aceite, presentando valores de 46,76; 34,61 y 32,66 W/m²K a 130, 150 y 170 °C respectivamente. Se observa que a mayor temperatura del medio de fritura, mayor es la tasa de pérdida de agua desde el producto, y menor su energía interna, y por tanto menor es el coeficiente convectivo de transferencia de calor (Tirado et al., 2013), estos valores se asemejan a lo reportado por nuestros estudios.

Zeki Berk, (2018) menciona que los cambios en el contenido de grasa: la absorción de aceite por parte de los alimentos se produce durante la fritura, mientras que la pérdida de grasa puede tener lugar al freír en sartén.

4.3.3 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído del filete del *Arapaima gigas* (paiche), en aceite de palma a las temperaturas a temperaturas de 150°C.

En la Tabla 19, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado Paiche a la temperatura de 150 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 150 °C, así como el $\ln((T_s-T_e)/(T_o-T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 25,3 °C.

También podemos detallar que a partir de los 45 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 300 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 14 se muestra el perfil de temperatura en el filete del pescado el paiche a temperatura del aceite a 150 °C, claramente se observa que a los 300 segundos la temperatura en el filete del Paiche se mantiene constante.

En la Figura 15, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado el paiche a temperatura del aceite a 140 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,003713x + 0,068995$ con un $R^2 = 0,987055$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003713$.

En la Tabla 18, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 68,8786171$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (967,2027 kg/m³), del calor específico (3835,941205 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003713) del filete del Paiche a la temperatura de 150 °C

Tabla 19: Perfil de temperatura en el filete del paiche a temperatura del aceite a 150 °C

Temperatura de inmersión a 150 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	45,9	150	25,3	-0,180558877
30	46,9	150	25,3	-0,190211462
45	48,2	150	25,3	-0,202900749
60	50,6	150	25,3	-0,226758739
75	56,9	150	25,3	-0,292236668
90	59,9	150	25,3	-0,324990688
105	60,6	150	25,3	-0,332790171
120	65,8	150	25,3	-0,392715931
135	69,8	150	25,3	-0,441387338
150	70,9	150	25,3	-0,455197978
165	73,6	150	25,3	-0,489928157
180	80,9	150	25,3	-0,590356122
195	86,9	150	25,3	-0,681190083
210	90,68	150	25,3	-0,742964335
225	93,6	150	25,3	-0,793441694
240	93,6	150	25,3	-0,793441694
255	97,69	150	25,3	-0,868723295
270	102,5	150	25,3	-0,965181142
285	103,5	150	25,3	-0,98645854
300	105,3	150	25,3	-1,025937351
315	106,3	150	25,3	-1,048562751
330	106,9	150	25,3	-1,062387856
345	106,9	150	25,3	-1,062387856
360	106,9	150	25,3	-1,062387856
375	110	150	25,3	-1,137031399

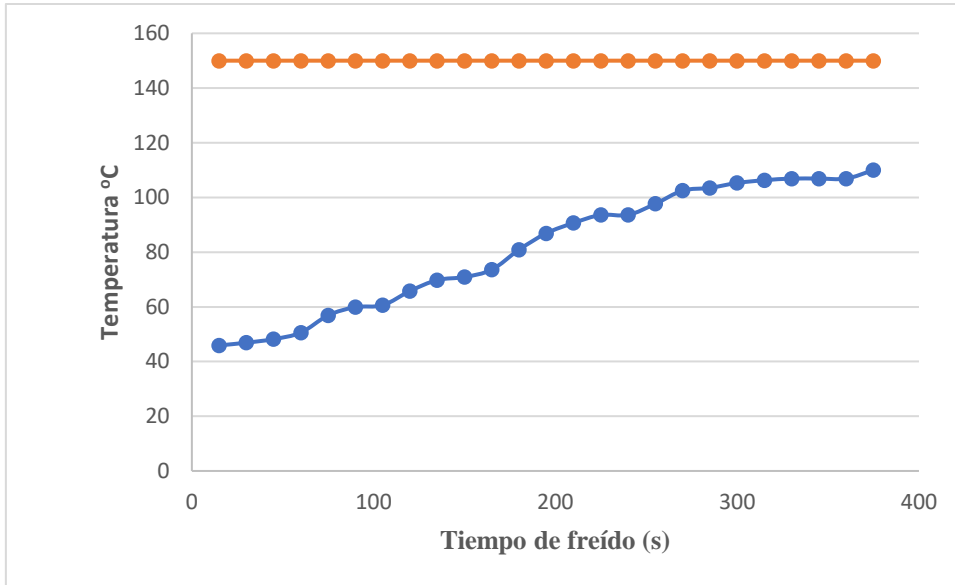


Figura 14: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del paiche a temperatura del aceite a 150 °C

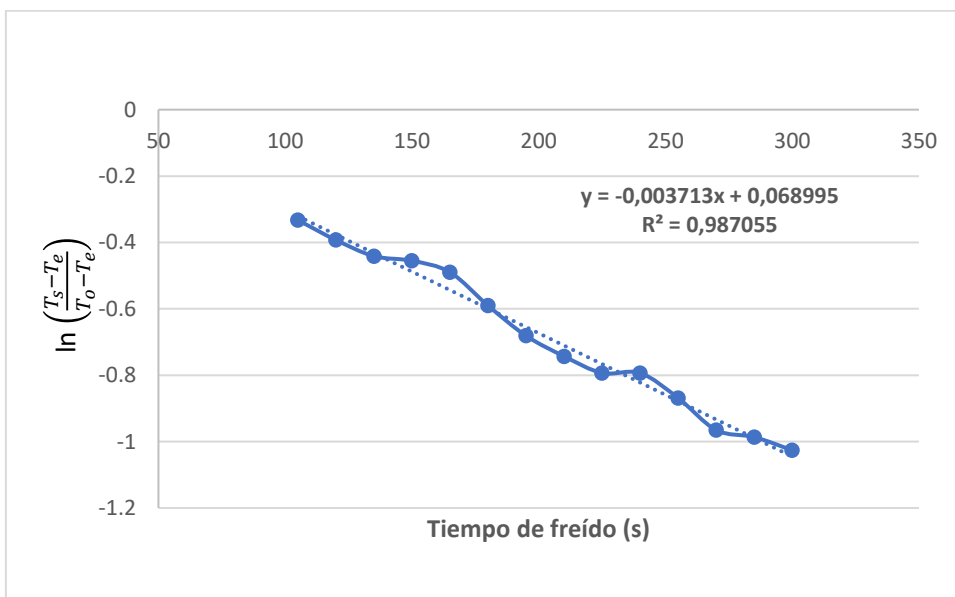


Figura 15: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete del paiche a temperatura del aceite a 150 °C

Tabla 20: Propiedades termofísicas del filete del paiche a 150 °C

Temperatura 150 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	967,202752	3835,941205	-0,003713	68,8786171

En la Tabla 18, se muestra el coeficiente convectivo ($h=69,5344212$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (977,4891801 kg/m³), del calor específico (3822,4473 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003722) del filete del paiche a la temperatura de 140 °C

En la determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección durante la inmersión y fritura de filetes de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en aceite de palma a diferentes temperaturas. Cortaron filetes de tilapia y los sumergieron en aceite a 130, 150 y 170°C en una freidora eléctrica de acero inoxidable de 6 litros. El coeficiente de convección disminuye a medida que aumenta la temperatura del aceite y es 46,76; es 34,61 y 32,66 W/m²K a 130, 150 y 170 °C, respectivamente. Se ha observado que a mayor temperatura del ambiente de freído, mayor es la velocidad a la que el producto pierde agua, menor su energía interna y, por tanto, el coeficiente de intercambio de calor convectivo (Tirado et al., 2013). Los valores son similares a los reportados en nuestro estudio.

4.4 Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de filetes de *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) en aceite de palma a las temperaturas de 130, 140 y 150 °C.

4.4.1 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de filetes de *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 130°C.

En la Tabla 21, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado doncella a la temperatura de 130 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 130 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 27,4 °C.

También podemos detallar que a partir de los 120 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 360 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 16 se muestra el perfil de temperatura en el filete de la doncella a temperatura del aceite a 130 °C, claramente se observa que a los 360 segundos la temperatura en el filete de la doncella se mantiene constante.

En la Figura 17, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el filete de la doncella a temperatura del aceite a 130 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,0042x + 0,3898$ con un $R^2 = 0,982846$. La pendiente de la ecuación $m = -0,004245$.

En la Tabla 21, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 79,0166293$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (973,8283936 kg/m³), del calor específico (3822,8597 J/kg.K) y de la pendiente (-0,004245) del filete de la doncella a la temperatura de 130 °C

Existe cambios en la textura y estructura, el efecto más común es la formación de una costra. Al freír, el alimento está en contacto directo con aceite muy caliente, a 160-180°C. Como resultado, la transferencia de calor es rápida y se crea un gran gradiente de temperatura en la interfaz alimento-aceite. Zeki Berk, (2018), menciona que el fuerte gradiente de temperatura explica algunas de las peculiaridades de la fritura, como la creación de la característica estructura dual, con una corteza seca, crujiente y dorada, y un centro húmedo. Recubrir con masa y pan rallado (empanizado) tiene el doble propósito de crear una corteza dorada, crujiente y sabrosa, y proteger el interior húmedo y delicado (por ejemplo, pescado o marisco) del sobrecalentamiento y la desecación.

Tabla 21: Perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura del aceite a 130 °C
 Temperatura de inmersión a 130 °C

Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	40,8	130	27,4	-0,139956893
30	43,2	130	27,4	-0,167231311
45	46,5	130	27,4	-0,205991301
60	47,3	130	27,4	-0,215618331
75	48,1	130	27,4	-0,225338942
90	48,4	130	27,4	-0,229008671
105	48,5	130	27,4	-0,230234912
120	48,6	130	27,4	-0,23146266
135	50,05	130	27,4	-0,249436493
150	53,2	130	27,4	-0,289633293
165	56,7	130	27,4	-0,336277324
180	60,8	130	27,4	-0,39383707
195	64,3	130	27,4	-0,445739007
210	66,9	130	27,4	-0,486117163
225	70,8	130	27,4	-0,549916391
240	73,9	130	27,4	-0,60370212
255	77,8	130	27,4	-0,675755438
270	79,8	130	27,4	-0,714822906
285	83,1	130	27,4	-0,782820257
300	86,1	130	27,4	-0,848923613
315	88,7	130	27,4	-0,909975433
330	92,4	130	27,4	-1,003833882
345	96,5	130	27,4	-1,119292494
360	99,9	130	27,4	-1,226312761
375	100,6	130	27,4	-1,249843258
390	102,5	130	27,4	-1,316651928
405	102,5	130	27,4	-1,316651928
420	102,5	130	27,4	-1,316651928
435	103,5	130	27,4	-1,3536932

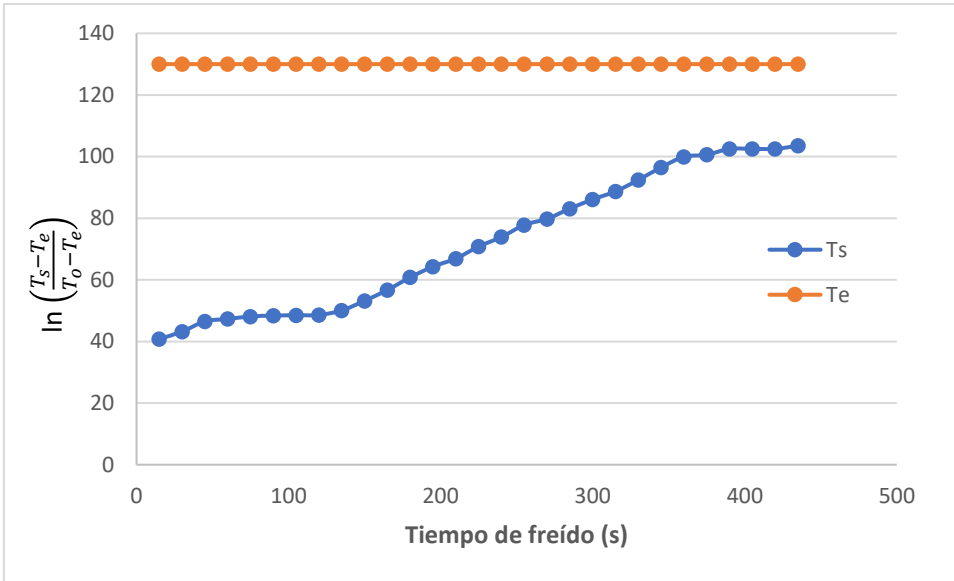


Figura 16: Perfil de temperatura en el filete de dncella a temperatura del aceite a 130 °C

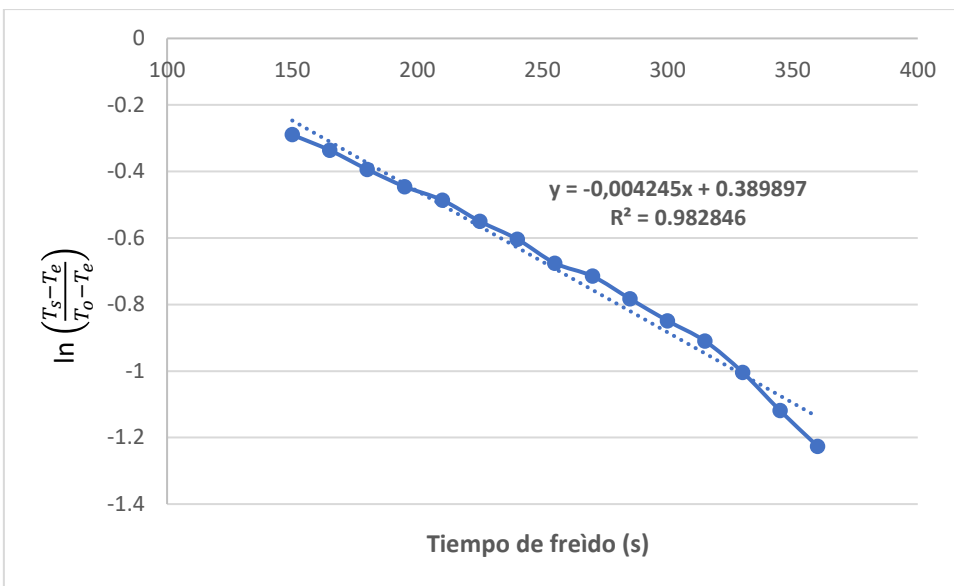


Figura 17: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete de doncella a temperatura del aceite a 130 °C

Tabla 22: Propiedades termofísicas en el filete de doncella a temperatura del aceite a 130 oC

Temperatura 130 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	973,8283	3822.8597	-0,004245	79,0166

Neethu et al., (2016), llevaron a cabo estudios de transferencia de calor y masa en pantoa durante el freído, con objetivos que incluían la evaluación de la cinética de cambios de calidad, la optimización de las condiciones de fritura y el modelado de la transferencia de calor y masa. El coeficiente de transferencia de calor aumentó de 100,57 a 211,46 W/m²K mientras que el coeficiente de transferencia de humedad aumentó de $7,80 \times 10^{-6}$ a $9,05 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$ con un aumento en la temperatura de fritura de 125 a 145°C. Se encontró que la difusión térmica era más prominente a temperaturas de fritura más bajas, que fue reemplazada por el efecto de la difusión de humedad a temperaturas de fritura más altas. Los datos derivados de la presente investigación abren nuevas vías en el diseño de equipos y la conservación de energía, valores similares al presente estudio.

4.4.2 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de laminas de *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 140°C.

En la Tabla 23, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete del pescado doncella a la temperatura de 140 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 140 °C, así como el $\text{Ln}((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 27,4 °C. También podemos detallar que a partir de los 45 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 315 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 18 se muestra el perfil de temperatura en el filete de la doncella a temperatura del aceite a 140 °C, claramente se observa que a los 315 segundos la temperatura en el filete de la Doncella se mantiene constante.

En la Figura 19, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el pescado doncella a temperatura del aceite a 130 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,003941x + 0,150206$ con un $R^2 = 0,989545$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003941$.

En la Tabla 24, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 72,88314 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) calculado en función del volumen ($0,000027 \text{ m}^3$), del área ($0,0054 \text{ m}^2$), de la densidad ($964,3657845 \text{ kg/m}^3$), del calor específico ($3835,38425 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$) y de la pendiente ($-0,003941$) del filete de la Doncella a la temperatura de 140 °C

Tabla 23: Perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura del aceite a 140 °C

Temperatura de inmersión a 140 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	38,4	140	25,4	-0,120404269
30	38,9	140	25,4	-0,125337678
45	39,2	140	25,4	-0,128309449
60	43,2	140	25,4	-0,16880081
75	45,9	140	25,4	-0,197089758
90	50,6	140	25,4	-0,248327122
105	55,4	140	25,4	-0,303513538
120	58,6	140	25,4	-0,342072531
135	62,8	140	25,4	-0,395048347
150	66,7	140	25,4	-0,446887195
165	69,1	140	25,4	-0,480177371
180	73,8	140	25,4	-0,548767341
195	76,9	140	25,4	-0,596727035
210	78,6	140	25,4	-0,624037969
225	83,7	140	25,4	-0,710753269
240	87,8	140	25,4	-0,786365309
255	91,5	140	25,4	-0,859884006
270	93,1	140	25,4	-0,893430129
285	97,45	140	25,4	-0,990767949
300	99,4	140	25,4	-1,037679738
315	103,5	140	25,4	-1,144135544
330	103,6	140	25,4	-1,14687903
345	103,6	140	25,4	-1,14687903
360	104,6	140	25,4	-1,174735984
375	104,6	140	25,4	-1,174735984
390	105,3	140	25,4	-1,194708117
405	105,3	140	25,4	-1,194708117
420	105,3	140	25,4	-1,194708117

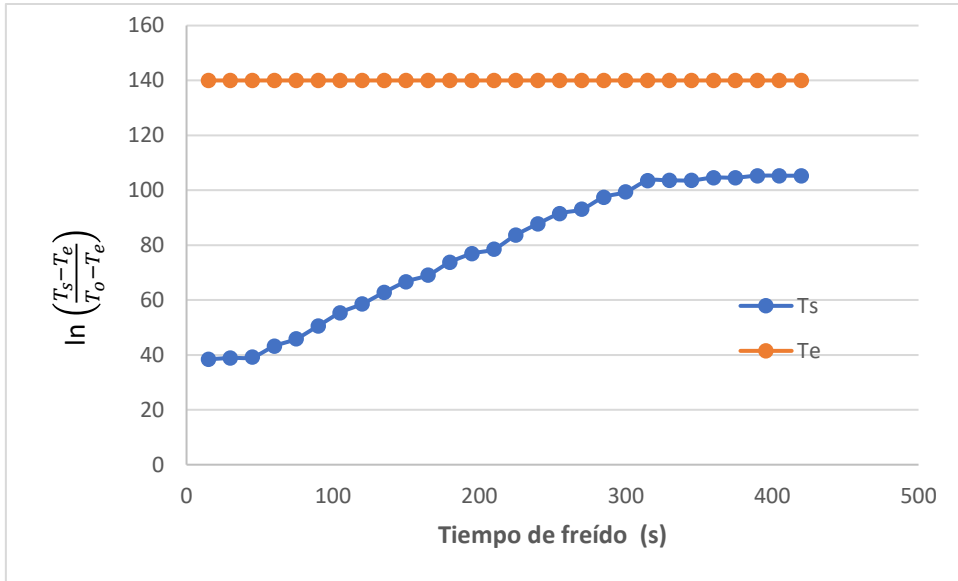


Figura 18: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete de doncella a temperatura del aceite a 130 °C

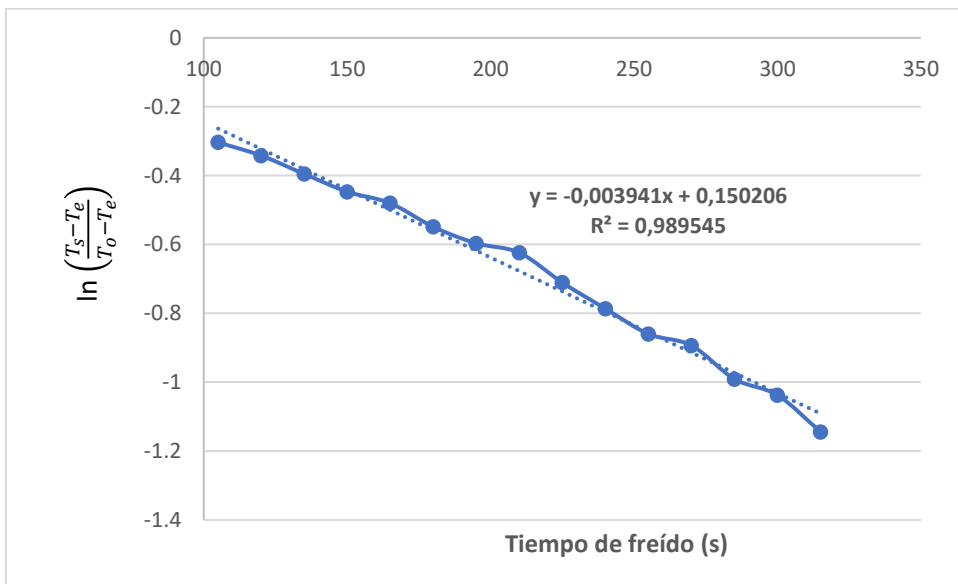


Figura 19: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete de doncella a temperatura del aceite a 140 °C.

Tabla 24: Propiedades termofísicas del filete doncella a temperatura del aceite a 140 °C

Temperatura 140 °C					
Volumen	Área	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m ² .K)
(m ³)	(m ²)	(kg/m ³)	(J/Kg.k)		
0.000027	0,0054	964,3657845	3835,38425	-0,003941	72,8831463

Erdogdu y Singh (2005), investigaron la influencia de la temperatura del aceite, la migración del agua y la temperatura de la superficie de una bola de masa de papa sobre el coeficiente de transferencia de calor por convección. El coeficiente de transferencia de calor por convección durante la fritura se determinó a temperaturas de 160, 170, 180 y 190 °C. Se utilizó como muestra la bola de masa de harina de trigo con diferentes cantidades de harina de patata integral con un radio de 2,5 cm. El coeficiente de transferencia de calor fue el más alto al inicio del proceso de fritura ($197,25 \pm 1,39$ a $774,88 \pm 3,90$ W/m² K), y el más bajo en el caso de establecer un período uniforme de migración de agua desde la muestra, que correspondió a temperaturas superficiales ligeramente superiores a 100 °C ($94,22 \pm 0,33$ a $194,84 \pm 0,91$ W/m² K), valores que no existe similitud al presente trabajo.

4.4.3 Coeficiente convectivo de transferencia de calor durante el freído de filetes de *Pseudoplatystoma fasciatum* (doncella) en aceite de palma a la temperatura de 150°C.

En la Tabla 23, muestra el perfil de temperatura de penetración de calor en el filete de doncella a la temperatura de 150 °C en función al tiempo por cada 15 segundos, datos obtenidos del Loger Data Trace, también se muestra la temperatura del aceite T_e a 150 °C, así como el $\ln((T_s - T_e)/(T_o - T_e))$. La muestra tuvo una temperatura inicial de T_o 25,3 °C.

También podemos detallar que a partir de los 30 segundos de transferencia de calor empieza un aumento considerable de elevación de la temperatura hasta los 285 segundos, para luego mantenerse constante.

En la Figura 20 se muestra el perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura del aceite a 150 °C, claramente se observa que a los 285 segundos la temperatura en el filete de la doncella se mantiene constante.

En la Figura 21, se muestra la linealización y cálculo de la pendiente en el filete de doncella a temperatura del aceite a 130 °C, detallándose la ecuación de la pendiente $y = -0,003778x + 0,070500$ con un $R^2 = 0,985155$. La pendiente de la ecuación $m = -0,003778$.

En la Tabla 26, se muestra el coeficiente convectivo ($h = 69,3749334$ W/m².K) calculado en función del volumen (0,000027 m³), del área (0,0054 m²), de la densidad (954,2378536 kg/m³), del calor específico (3848,6993 J/kg.K) y de la pendiente (-0,003778) del filete de la Doncella a la temperatura de 150 °C.

Tabla 25: Perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura del aceite a 150 °C

Temperatura 150 °C				
Tiempo (s)	T _s	T _e	T ₀	$\ln \left(\frac{T_s - T_e}{T_0 - T_e} \right)$
15	46,5	150	25,3	-0,18633924
30	46,9	150	25,3	-0,190211462
45	48,6	150	25,3	-0,206837762
60	50,7	150	25,3	-0,227765282
75	56,3	150	25,3	-0,285812663
90	60,1	150	25,3	-0,327212911
105	62,5	150	25,3	-0,354272059
120	68,5	150	25,3	-0,425307832
135	69,5	150	25,3	-0,437653668
150	71,6	150	25,3	-0,464086925
165	74,5	150	25,3	-0,501778196
180	80,3	150	25,3	-0,581710535
195	85,4	150	25,3	-0,657696442
210	89,1	150	25,3	-0,716677678
225	92,3	150	25,3	-0,770653679
240	98,6	150	25,3	-0,88627268
255	99,6	150	25,3	-0,905919678
270	102,9	150	25,3	-0,973637852
285	104,5	150	25,3	-1,008198527
300	105,9	150	25,3	-1,03945107
315	106,8	150	25,3	-1,060070357
330	106,9	150	25,3	-1,062387856
345	106,9	150	25,3	-1,062387856
360	106,9	150	25,3	-1,062387856
375	106,9	150	25,3	-1,062387856

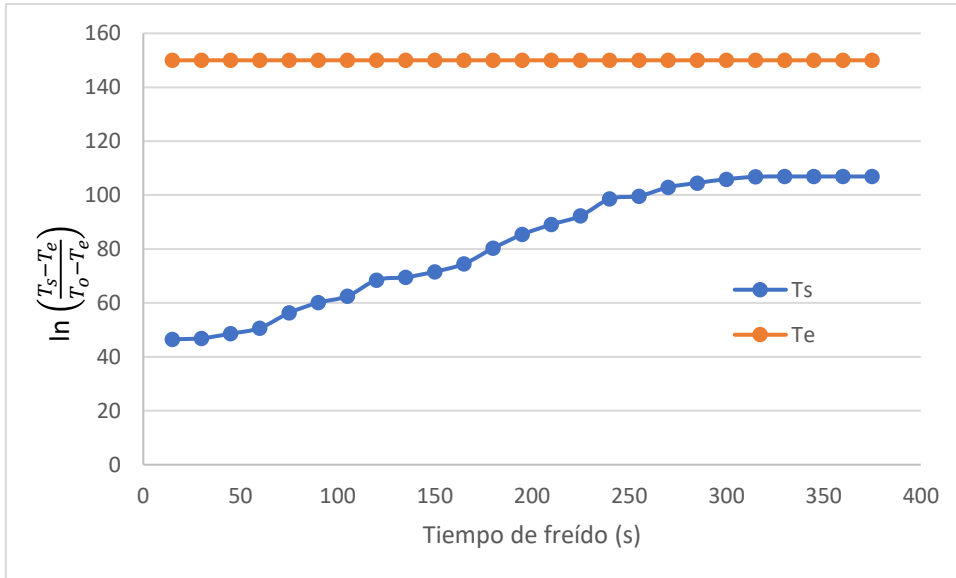


Figura 20: Perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura de aceite a 150 °C

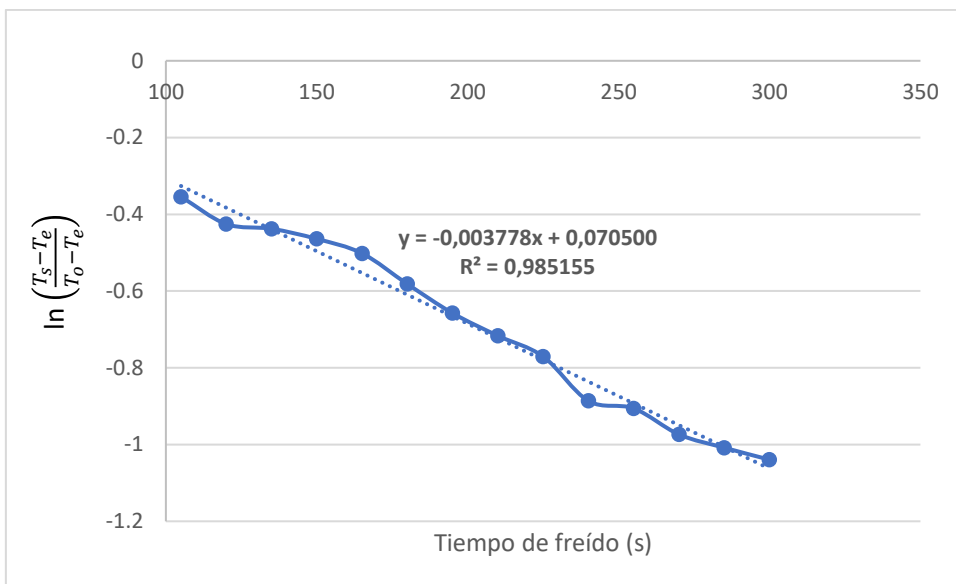


Figura 21: Linealización y cálculo de la pendiente en el filete de doncella a temperatura del aceite a 150 °C

Tabla 26: Perfil de temperatura en el filete de doncella a temperatura del aceite a 150 °C

Temperatura 150 °C					
Volumen (m ³)	Área (m ²)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/Kg.k)	m (1/S)	h (W/m ² .K)
0,000027	0,0054	954,2378536	3848,6993	-0,003778	69,3749334

Según el análisis de varianza anexo 10, 11, 12 y 14 muestran que existe diferencias significativas entre las medias de los coeficientes convectivos entre el aceite de palma y los filetes del dorado, paiche y doncella. El calor transferido del aceite a los alimentos produce una pérdida de humedad y un cambio en la estructura de los alimentos fritos. En esta etapa, el calor se transfiere principalmente por convección libre una vez que los alimentos se sumergen en el aceite caliente; su superficie húmeda hierve rápidamente por encima del punto de ebullición del agua superficial en un período de tiempo mínimo Asokapandian et al., (2019). En la segunda etapa, se produce la ebullición superficial, durante la cual el agua se escapa del centro del alimento, fluye hacia la superficie, entra en contacto con el medio para freír y forma burbujas que se arremolinan vigorosamente en el aceite, provocando agitación. El coeficiente de transferencia de calor aumenta rápidamente mediante convección libre y calentamiento conductivo en la superficie del medio debido al efecto de las burbujas en la superficie (AlFaruq et al., 2022). Durante la tercera etapa, la tasa de caída se caracteriza por la rápida evaporación de las burbujas y el desarrollo de una matriz con poros que se espesa gradualmente con el tiempo. Durante la fritura, la cantidad de burbujas de aire dentro del alimento disminuye a medida que disminuye el contenido de humedad dentro del producto (Shah y Takhar 2022). Durante esta etapa de fritura, se produce un paso relativamente largo durante el cual se calienta el núcleo del alimento, la capa de la corteza se espesa, se pierde líquido y se producen otras reacciones. En la etapa final, se logra la pérdida completa de agua cuando ocurre el punto final de la burbuja; como resultado, la transferencia de calor se reduce en la interfaz corteza/núcleo debido a la vaporización completa de toda el agua del alimento (Frakolaki et al., 2023).

Safari, et al.,(2018) mencionan que el coeficiente de transferencia de calor por convección (h) de la tilapia en aceite, disminuye al aumentar la temperatura de horneado. A 130°C, 150°C y 170°C, los valores del coeficiente de transferencia de calor son 46,76 ; 34,61 y 32,66 W/m²K. Cuanto mayor sea la temperatura del medio de horneado, mayor será la tasa de pérdida de agua del producto, menor su energía interna y, por tanto, el coeficiente de transferencia de calor por convección. Por otro lado, la relación general entre la transferencia de calor, la masa y las burbujas complica el proceso de horneado, provocando un fuerte movimiento de las burbujas en la interfaz sólido/líquido, reduciendo así el coeficiente de transferencia de calor por convección (Tirado, 2012). Cabides y Savina (2023), afirman que el coeficiente convectivo de transferencia de calor disminuye cuando se aumenta la temperatura de 70 a 85°C, y se tiene un ligero incremento de (h) cuando varía el tipo de Maíz Blanco Gigante de Urubamba a Maíz

Morado Cusqueño. Ran et al., (2022) investigaron la transferencia de masa y calor de un modelo de bola de pescado (PFB) y los cambios en los atributos fisicoquímicos durante la fritura. La difusividad efectiva de la humedad D_{eff} y la difusividad térmica α de PFB en fritura por inmersión (DF) fueron mayores que en fritura al aire (AF), donde D_{eff} y α de DF-PFB fueron $2,95 \times 10^{-8}$ y $7,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente, mientras que los de AF-PFB fueron $2,34 \times 10^{-8}$ y $6,89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente, lo que indica una transferencia de humedad y calor más efectiva en el DF. Safari, et al.,(2018) menciona que la temperatura del aceite disminuye a medida que avanza la fritura, mientras que la temperatura de la superficie del producto aumenta; por tanto, el gradiente térmico presenta una tendencia decreciente hacia el final del proceso. Como resultado, los valores del coeficiente de transferencia de calor obtenidos fueron superiores a los informados por otros. También fue la razón por la que se alcanza un coeficiente máximo alto al final del proceso. Durante la fritura, se crean bolsas de vapor en los lugares deseados, con burbujas que se agrandan lo suficiente como para que las fuerzas de flotación provoquen que se desprendan y fluyan hacia arriba. Esto es exactamente lo mismo que ocurre en la ebullición por nucleación, excepto que en el primer caso el vapor se origina en el material alimenticio y no en el medio de calentamiento. Además, nunca se puede lograr un estado estacionario durante la fritura, ya que las condiciones de evaporación son variables a medida que cambian la temperatura y el contenido de humedad del alimento. Safari, et al., (2018), afirma que coeficiente (h) no solo depende de las características de la superficie, como la geometría y la rugosidad, sino que también se ve fuertemente afectado por las propiedades del fluido, incluida la velocidad del fluido y los atributos termofísicos (Neethu et al., 2016 , Singh y Heldman, 2014). Aunque no existe un método estándar para determinar el coeficiente de transferencia de calor durante la fritura, revisaremos las técnicas que han utilizado diferentes investigadores hasta ahora y también el efecto de varios factores sobre este coeficiente.

V. CONCLUSIONES

Del proceso de investigación, de los análisis fisicoquímicos, de la transferencia de calor y teniendo en consideración los objetivos planteados, se establece las siguientes conclusiones:

- La composición proximal del filete del paiche es: humedad 79,27 %, proteína 18,64 %, grasa 1,12 % y ceniza 0,97 %. Del filete de la Doncella: humedad 79,60 %, proteína 16,44 %, grasa 3,83 % y ceniza 1,24 %. Del filete del Dorado: humedad 76,69 %, proteína 17,35 %, grasa 4,86 % y ceniza 1,10 %
- El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete del Paiche a 130 °C es de 75,7382 W/m².K, a 140 °C es de 69,5344 W/m².K y a 150 °C es de 68,8786 W/m².K.
- El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete de la Doncella a 130 °C es de 79,0166W/m².K, a 140 °C es de 72,883146 W/m².K y a 150 °C es de 69,374933 W/m².K.
- El coeficiente convectivo entre el aceite de palmera y el filete de la Dorado a 130 °C es de 73,3372693 W/m².K, a 140 °C es de 62,2487169 W/m².K y a 150 °C es de 59,9784791W/m².K.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- Determinar el coeficiente convectivo en otras especies de peces de la zona amazónica mediante métodos numéricos en diferencias finitas.
- Realizar control de calidad de los aceites comestibles considerando las propiedades termofísicas como medios de control.
- Elaborar un software mediante la plataforma de Comsol Pro donde simule las propiedades termofísicas en aceites comestibles conociendo sus composiciones químicas.

VII. REFERENCIAS

- AOAC. Official Methods of Análisis of AOAC Internacional (2005). Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, 18 edición, Arlington, Estados Unidos, 128 p. *INIAP 18 edición*, Arlington, Estados Unidos, 128.
- Al Faruq, A., Khatun, M., Azam, S., Sarker, M. S. H., Mahomud, M. S., y Jin, X. (2022). Recent advances in frying processes for plant-based foods. *Food Chemistry Advances*, 1(May), Article 100086. doi:<https://doi.org/10.1016/j>.
- Alcantara, F. W. (2006). PAICHE. El gigante del Amazonas. The Giant of the Amazon. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos:: Editorial WUST ediciones.
- Apaza, R. (2018). Optimización de la formulación para la elaboración de hamburguesa a partir de doncella (*Pseudoplatystoma Fasciatum Linnaeus*), mediante superficie respuesta. (Tesis) Universidad Nacional De Ucayali.
- Arrazola, G. y Alvis, R. (2021). Determination of the diffusion coefficient through oil absorption and moisture loss, such as the porosity of pieces of yam (*Dioscorea rotundata*) during deep fat frying, . *Heliyon*, , 7, 9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.h>
- Asokapandian, S., Swamy, G. J., y Hajjul, H. (2019). (s.f.). Deep fat frying of foods: A critical review on process and product parameters. *Food Science and Nutrition*. doi:doi.org/10.1080/10408398.2019.1688761
- Bouchon, P. y Dijeik, V. (2018). *Frying of Foods*. New York: Springer.
- Cabides, V., Savina, E. (2023). Determinación de propiedades termofísicas de transferencia de calor en la cocción de tamales con distintas variedades de maíz (*Zea mays*). (U. N. Abbad, Ed.) Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- Campos, B. (2001). Historia Biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas (Cuvier)* y Bases para su Cultivo en la Amazonía. Iquitos-Perú.: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana Programa de Biodiversidad.
- Chang, C., Wu, G., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. (2020). Deep-fried flavor: Characteristics, formation mechanisms, and influencing factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1496–1514.

- Choi, Y. y Okos, M.R. (1995). Thermal properties in liquid foods-Review. In: Physical and Chemical properties of food. *Ed. M.R. Okos, American Society of Agricultural Engineering*, p.p. 93-101.
- Ciappini, M., Gatti, M., Chain. P., Cabreriso, M. (2021). Perfil lipídico de tres especies de pescados de agua dulce: Boga (*Leporinus obtusidens*), Dorado (*Salminus brasiliensis*) y Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*) . *RECyT*, 33-38.
- Cruz, N. (2012). Characterization of the Nutritional Quality of the Meat in Some Species of Catfish (Caracterización de la Calidad Nutricional de la Carne en Algunas Especies de Bagre). Medellín: *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 65(2): 6799-6709. .
- Dehghannya, J. y Ngadi, M. (2021). Recent advances in microstructure characterization of fried foods: Different frying techniques and process modeling. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 786-801,. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.033>.
- Farinu, A. y Baik, O.D. (2007). Heat transfer coefficients during deep fat frying of sweet potato: Effects of product size and oil temperature. *Food Research International*., 40(8), 989-994.
- Fernandez, M. y Nuñez, R. (2012). Crecimiento y supervivencia en el cultivo de "Doncella" en un sistema cerrado. Iquitos, Perú." . Iquitos Perú.
- Frakolaki, G., Kekes, T., Bizymis, A., Giannou, V., Tzia, C. (2023). Fundamentals of food frying processes High-Temperature Processing of Food vg Products,. Elsevier Inc. Obtenido de (2023) [10.1016/B978-0-12-818618-3.00001-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818618-3.00001-X)
- Ghaderi, A., J., D., & Ghanbarzadeh, B. (2018). Momentum, heat and mass transfer enhancement during deep-fat frying process of potato strips: Influence of convective oil temperature. *International Journal of Thermal Sciences*., 485-499,.
- Gonzales, M. 2. (2019). Cultivo experimental del paiche (*Arapaima gigas*) en ambiente controlado del laboratorio costero IMARPE – Huacho. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental. Huacho Peru.: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- He, X. Q., Wang, W., Hou, Y., Ayyub, M., & Shuai, Y. (2022). A review on numerical simulation, optimization design and applications of packed-bed latent thermal energy storage system with spherical capsules. *Journal of Energy Storage*.

- Heredia, A.; Castello, M.; Arguelles, A.; Andres, S, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science Technology*,, 57, 755-760.
- Huang, X., Zhang, Y. Karrar, E., Zhang, H., Jin, O., Wu, G., Wang, X. (2022). Effect of moderate electric field on the quality, microstructure and oil absorption behavior of potato strips during deep-fat frying,. *Journal of Food Engineering*,, Volume 313, . doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110751>.
- IIAP, I. D. (2017). *El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos*,. Iquitos – Perú.
- Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, (ISSN 1023 - 7070),. (209). *Boletín de Investigación, Información Nutricional sobre Algunos Peces Comerciales de la Amazonía Peruana*,. Callao Peru.
- Jaspreet, S., Archana, P., & Pawan, T. (2016). Experimental determination of convective heat transfer coefficient during controlled frying of potato discs,. *Food Science and Technology*, 65, 180-184. doi:[doi:doi.org/10.1016/j.lwt.2015](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015)
- Kaur, R. G., & Singh, A. (2016). Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables— A review. *Cogent Food & Agriculture*,, 1159.
- Liberty, J., Dehghannya, J., Ngadi, M. (2019). Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review, *Trends in Food Science & Technology*,. Volume 92, 172-183,.
- Manjunata., R. N. (2014). Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of Gethi (*Dioscorea kamoensis* Kunth) strips. *Journal of food science and technology*, 3061-3071.
- Mesias, M.; Delgado-Andrade, C.; Holgad, F.; Gonzales-Mulero, L.; Morales, F. J. (2021). Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of French fries. part 1: Frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*,, 147.
- Navarro, Y., 2015. Contenido químico - bromatológico del músculo de pseudoplatystoma sp. “doncella” procedente del río apurímac - ayacucho 2011, Tesis . Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Tesis para obtener el título profesional de bióloga.
- Neethu, K.C., Sharma, A.K.; Pushpadass, H. Eljeeva, F., Manjunatha, M. (2016). Prediction of convective heat transfer coefficient during deep-fat frying of pantoa using neurocomputing approaches, . *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. , 34.

- Oke, E., Idowu, M., Sobukola, O., Adeyeye, S., & AKINSOLA, A. (2018). Frying of food: a critical review. *Journal of Culinary Science Technology*, 16, 107-127.
- Ran, X., Lin, D., Zheng, L. Li, Y., Yang H. (2023). Kinetic modelling of the mass and heat transfer of a plant-based fishball alternative during deep-fat frying and air frying and the changes in physicochemical properties., *Journal of Food Engineering, Volume 350*, 8774., doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111457>.
- Ran, X., Lou, X., Zheng, H., Gu, Q., Yang, H., . (2022.). Improving the texture and rheological qualities of a plant-based fishball analogue by using konjac glucomannan to enhance crosslinks with soy protein. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* .
- Rani, L., Kumar, M., Kaushik, D., Kaur, H., Kumar, A., Oz, F., Proestos, CH., Oz, E. (2023). A review on the frying process: Methods, models and their mechanism and application in the food industry. *Food Research International*, 172., doi:[doi:doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113176](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113176).
- Roldán, D., Avelino, A., Tantarico, D. Omote, J. (2020). *Elaboración de filete sin piel de paiche (Arapaima gigas, Cuvier 1829) ahumado a baja temperatura Recibido: 7 de agosto del 2*. Universidad Nacional Agraria La Molina., Lima Perú.
- Safari, A. Salamat, R. Baik, Oon-Doo. . (2018). A review on heat and mass transfer coefficients during deep-fat frying: Determination methods and influencing factors. . *Journal of Food Engineering*, , Volume 230, , Pages 114-123., doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.011>.
- Sahin, S., Sastry, S., & Bayindirli, L. (1999). The determination of convective heat transfer coefficient during frying. *Journal of Food Engineering*, Volume 39, Issue 3, 1999, Pages 307-311.
- Sanchez, R. (1991). El paiche. Aspecto de su historia natural ecología y aprovechamiento. *Ministry of Agriculture- Servicio de Pesqueria Lima* .
- Sandhu, J., Parikh, A., & Takhar, P. (2016). Experimental determination of convective heat transfer coefficient during controlled frying of potato discs, *Food Science and Technology*, , 180-184.
- Shah, Y., & Takhar, P. S. (2022). Pressure development and volume changes during frying and post-frying of potatoes. . *Lwt*, 172 (November), Article 114243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114243>
- Tirado, D. A. (2012). *Freído por inmersión de los alimentos*. Colombia: Universidad de Cartagena.

- Ullah, H., Hayat, T., Ahmad, S. (2021). Entropy generation and heat transfer analysis in power-law fluid flow: Finite difference method. *International Communications in Heat and Mass Transfer* , 145-162.
- Villarino Marin, A.L., Moreno Posada, P. y Soriano I. (2011). Valor nutritivo del pescado. Servicio de Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. (Nueva Imprenta, Ed.) Dirección General de Salud Pública, Alimentación y Consumo. Consejería de Sanidad y Consumo. Nueva Imprenta,.
- Wang, X., McClements, J., Xu, Z., Meng, M., Qiu, CH., Long, J., Jin, Z., Chen, L., (2023). Recent advances in the optimization of the sensory attributes of fried foods: Appearance, flavor, and texture. *Trends in Food Science & Technology*,, Volume 138,, 29.
- Wang, Z., Cai, R. Yang, X. Gao X., Yuan, Y., Yue, T., (2021). Changes in aroma components and potential Maillard reaction products during the stir-frying of pork slices, . *Food Control*,, Volume 123,. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107855>.
- Zeb, A.; Wiley, J. y Sons. K., (2019). *Food frying: chemistry, biochemistry, and safety*.
- Zhang, K., Bizimungu, B., Lu, Z. (2018). Effects of blanching treatments on acrylamide, asparagine, reducing sugars and colour in potato chips. *Journal of Food Science and Technology* , 55. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-018-3329-1>

Anexos

Anexo 1: Composicion proximal del filete del Dorado para calcular el calor especifico, la densidad a 130 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica			Densidad	
Temp	130	Temp	130	Temp	130	
Agua	0,7669	Agua	0,7669	Agua	0,7669	
Protei	0,1735	Protei	0,1735	Protei	0,1735	
Grasa	0,0486	Grasa	0,0486	Grasa	0,0486	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,011	Ceniza	0,011	Ceniza	0,011	
Coeficiente		Coeficiente			C. densidad	Xi/ri
Agua	4,25688307	Agua	0,6869343	Agua	934,088647	0,00082101
Protei	2,14316899	Protei	0,12740418	Protei	1262,508	0,00013742
Grasa	2,09459548	Grasa	0,14183142	Grasa	871,3059	5,5778E-05
Cho	1,70354069	Cho	0,30857472	Cho	1558,748	0
Fibra	2,00189779	Fibra	0,29222673	Fibra	1263,9343	0
Ceniza	1,27597657	Ceniza	0,28189449	Ceniza	2460,2819	4,471E-06
						0,00101869
						Densidad
						981,654447
Agua	3,26460363	Agua	0,52680991	Fórmula para "h" $h = - \left(\frac{(m)x(\rho)x(V)x(Cp)}{(A)} \right)$		
Protei	0,37183982	Protei	0,02210463			
Grasa	0,10179734	Grasa	0,00689301			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,01403574	Ceniza	0,00310084			
Resultado	3,75227653	Resultado	0,55890839			
	3,75227653					
Temperatura 130 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	981,6544475	3,75227653	-0,003982	0,07333727

Anexo 2: Composición proximal del filete del Dorado para calcular el calor específico, la densidad a 140 °C						
Calor específico		Conductividad Térmica			Densidad	
Temp	140	Temp	140	Temp	140	
Agua	0,7669	Agua	0,7669	Agua	0,7669	
Protei	0,1735	Protei	0,1735	Protei	0,1735	
Grasa	0,0486	Grasa	0,0486	Grasa	0,0486	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,011	Ceniza	0,01	Ceniza	0,01	
						Xi/ri
Agua	4,2707518	Agua	0,6864612	Agua	923,975106	0,00083
Protei	2,15171316	Protei	0,13202412	Protei	1257,324	0,00013799
Grasa	2,09636632	Grasa	0,1385922	Grasa	867,1302	5,6047E-05
Cho	1,70712796	Cho	0,31075448	Cho	1555,644	0
Fibra	2,00710636	Fibra	0,29616932	Fibra	1260,2754	0
Ceniza	1,28492388	Ceniza	0,27404586	Ceniza	2463,0882	4,0599E-06
						0,0010281
					Densidad	972,668892
Agua	3,27523956	Agua	0,52644709	Fórmula para "h" $h = - \left(\frac{(m)x(\rho)x(V)x(Cp)}{(A)} \right)$		
Protei	0,37332223	Protei	0,02290618			
Grasa	0,1018834	Grasa	0,00673558			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,01413416	Ceniza	0,00274046			
Resultado	3,76457935	Resultado	0,55882932			
	3764,57935					
Temperatura 140 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	972,6688919	3764,57935	-0,0034	62,2487169

Anexo 4: Composicion proximal del filete del Pâiche para calcular el calor especifico, la densidad a 130 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica		Densidad		
Temp	130	Temp	130	Temp	130	
Agua	0,7927	Agua	0,792	Agua	0,7927	
Protei	0,1864	Protei	0,187	Protei	0,1864	
Grasa	0,0112	Grasa	0,011	Grasa	0,0112	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,0097	Ceniza	0,01	Ceniza	0,0097	
Coeficiente		Coeficiente		C. densidad		Xi/ri
Agua	4,25688307	Agua	0,6869343	Agua	934,088647	0,00084863
Protei	2,14316899	Protei	0,12740418	Protei	1262,508	0,00014764
Grasa	2,09459548	Grasa	0,14183142	Grasa	871,3059	1,2854E-05
Cho	1,70354069	Cho	0,30857472	Cho	1558,748	0
Fibra	2,00189779	Fibra	0,29222673	Fibra	1263,9343	0
Ceniza	1,27597657	Ceniza	0,28189449	Ceniza	2460,2819	3,9426E-06
						0,00101307
						Densidad
						987,094535
Agua	3,37443121	Agua	0,54405197			
Protei	0,3994867	Protei	0,02382458			
Grasa	0,02345947	Grasa	0,00156015			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,01237697	Ceniza	0,00281894			
Resultado	3,80975435	Resultado	0,57225564			
	3809,75435					
Temperatura 130 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	987,0945351	3809,75435	-0,004028	75,7382363

Fórmula para "h"

$$h = - \left(\frac{(m) \times (\rho) \times (V) \times (Cp)}{(A)} \right)$$

Anexo 5: Composicion proximal del filete del Pâiche para calcular el calor especifico, la densidad a 140 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica			Densidad	
Temp	140	Temp	140	Temp	140	
Agua	0,7927	Agua	0,792	Agua	0,7927	
Protei	0,1864	Protei	0,187	Protei	0,1864	
Grasa	0,0112	Grasa	0,011	Grasa	0,0112	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,0097	Ceniza	0,01	Ceniza	0,0097	
Coeficiente		Coeficiente			C. densidad	Xi/ri
Agua	4,2707518	Agua	0,6864612	Agua	923,975106	0,00085792
Protei	2,15171316	Protei	0,13202412	Protei	1257,324	0,00014825
Grasa	2,09636632	Grasa	0,1385922	Grasa	867,1302	1,2916E-05
Cho	1,70712796	Cho	0,31075448	Cho	1555,644	0
Fibra	2,00710636	Fibra	0,29616932	Fibra	1260,2754	0
Ceniza	1,28492388	Ceniza	0,27404586	Ceniza	2463,0882	3,9381E-06
						0,00102303
					Densidad	977,48918
Agua	3,38542495	Agua	0,54367727	Fórmula para "h" $h = - \left(\frac{(m)x(\rho)x(V)x(Cp)}{(A)} \right)$		
Protei	0,40107933	Protei	0,02468851			
Grasa	0,0234793	Grasa	0,00152451			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,01246376	Ceniza	0,00274046			
Resultado	3,82244735	Resultado	0,57263075			
	3822,44735					
Temperatura 140 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	977,4891801	3822,44735	-0,003722	69,5344212

Anexo 6: Composicion proximal del filete del Pâiche para calcular el calor especifico, la densidad a 150 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica			Densidad	
Temp	150	Temp	150	Temp	150	
Agua	0,7927	Agua	0,792	Agua	0,7927	
Protei	0,1864	Protei	0,187	Protei	0,1864	
Grasa	0,0112	Grasa	0,011	Grasa	0,0112	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,0097	Ceniza	0,01	Ceniza	0,0097	
Coeficiente		Coeficiente			C. densidad	Xi/ri
Agua	4,28571515	Agua	0,6846475	Agua	913,110085	0,00086813
Protei	2,15999475	Protei	0,1361005	Protei	1252,14	0,00014887
Grasa	2,097177	Grasa	0,13531748	Grasa	862,9545	1,2979E-05
Cho	1,70952725	Cho	0,312068	Cho	1552,54	0
Fibra	2,01134475	Fibra	0,29947825	Fibra	1256,6165	0
Ceniza	1,29313425	Ceniza	0,26561585	Ceniza	2465,8945	3,9337E-06
						0,00103391
					Densidad	967,202752
Agua	3,3972864	Agua	0,54224082			
Protei	0,40262302	Protei	0,02545079			
Grasa	0,02348838	Grasa	0,00148849			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,0125434	Ceniza	0,00265616			
Resultado	3,83594121	Resultado	0,57183626			
	3835,94121					
Temperatura 150 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	967,202752	3835,94121	-0,003713	68,8786171

Fórmula para "h"

$$h = - \left(\frac{(m) \times (\rho) \times (V) \times (Cp)}{(A)} \right)$$

Anexo 7: Composicion proximal del filete de la Doncella para calcular el calor especifico, la densidad a 130 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica			Densidad	
Temp	130	Temp	130	Temp	130	
Agua	0,79605	Agua	0,79605	Agua	0,79605	
Protei	0,1645	Protei	0,1645	Protei	0,1645	
Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	
Coeficiente		Coeficiente			C. densidad	
Agua	4,25688307	Agua	0,6869343	Agua	934,088647	0,00085222
Protei	2,14316899	Protei	0,12740418	Protei	1262,508	0,0001303
Grasa	2,09459548	Grasa	0,14183142	Grasa	871,3059	4,3854E-05
Cho	1,70354069	Cho	0,30857472	Cho	1558,748	0
Fibra	2,00189779	Fibra	0,29222673	Fibra	1263,9343	0
Ceniza	1,27597657	Ceniza	0,28189449	Ceniza	2460,2819	5,0401E-07
						0,00102687
					Densidad	973,828394
Agua	3,38869177	Agua	0,54683405			
Protei	0,3525513	Protei	0,02095799			
Grasa	0,08003449	Grasa	0,00541938			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,00158221	Ceniza	0,00034955			
Resultado	3,82285977	Resultado	0,57356096			
	3822,85977					
Temperatura 130 °C						
Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)	
(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)			
0,000027	0,0054	973,8283935	3822,85977	-0,004245	79,0166293	

Fórmula para "h"

$$h = - \left(\frac{(m) \times (\rho) \times (V) \times (Cp)}{(A)} \right)$$

Anexo 8: Composicion proximal del filete de la Doncella para calcular el calor especifico, la densidad a 140 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica		Densidad		
Temp	140	Temp	140	Temp	140	
Agua	0,79605	Agua	0,79605	Agua	0,79605	
Protei	0,1645	Protei	0,1645	Protei	0,1645	
Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	
Coeficiente		Coeficiente		C. densidad		Xi/ri
Agua	4,2707518	Agua	0,6864612	Agua	923,975106	0,00086155
Protei	2,15171316	Protei	0,13202412	Protei	1257,324	0,00013083
Grasa	2,09636632	Grasa	0,1385922	Grasa	867,1302	4,4065E-05
Cho	1,70712796	Cho	0,31075448	Cho	1555,644	0
Fibra	2,00710636	Fibra	0,29616932	Fibra	1260,2754	0
Ceniza	1,28492388	Ceniza	0,27404586	Ceniza	2463,0882	5,0343E-07
						0,00103695
						Densidad
						964,365785
Agua	3,39973197	Agua	0,54645744	Fórmula para "h" $h = - \left(\frac{(m)x(\rho)x(V)x(Cp)}{(A)} \right)$		
Protei	0,35395681	Protei	0,02171797			
Grasa	0,08010216	Grasa	0,00529561			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,00159331	Ceniza	0,00033982			
Resultado	3,83538425	Resultado	0,57381083			
	3835,38425					
Temperatura 140 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	964,3657845	3835,38425	-0,003941	72,8831463

Anexo 9: Composicion proximal del filete de la Doncella para calcular el calor especifico, la densidad a 150 °C						
Calor especifico		Conductividad Termica		Densidad		
Temp	150	Temp	150	Temp	150	
Agua	0,79605	Agua	0,79605	Agua	0,79605	
Protei	0,1645	Protei	0,1645	Protei	0,1645	
Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	Grasa	0,03821	
Cho	0	Cho	0	Cho	0	
Fibra	0	Fibra	0	Fibra	0	
Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	Ceniza	0,00124	
Coeficiente		Coeficiente		C. densidad		Xi/ri
Agua	4,28571515	Agua	0,6846475	Agua	913,110085	0,0008718
Protei	2,15999475	Protei	0,1361005	Protei	1252,14	0,00013138
Grasa	2,097177	Grasa	0,13531748	Grasa	862,9545	4,4278E-05
Cho	1,70952725	Cho	0,312068	Cho	1552,54	0
Fibra	2,01134475	Fibra	0,29947825	Fibra	1256,6165	0
Ceniza	1,29313425	Ceniza	0,26561585	Ceniza	2465,8945	5,0286E-07
						0,00104796
						Densidad
						954,237854
Agua	3,41164355	Agua	0,54501364			
Protei	0,35531914	Protei	0,02238853			
Grasa	0,08013313	Grasa	0,00517048			
Cho	0	Cho	0			
Fibra	0	Fibra	0			
Ceniza	0,00160349	Ceniza	0,00032936			
Resultado	3,8486993	Resultado	0,57290202			
	3848,6993					
Temperatura 150 °C						
	Volumen	Area	Densidad	Cp	m (1/S)	h (W/m^2.K)
	(m^3)	(m^2)	(kg/m^3)	(J/Kg.k)		
	0,000027	0,0054	954,2378536	3848,6993	-0,003778	69,3749334

Fórmula para "h"

$$h = - \left(\frac{(m)x(\rho)x(V)x(Cp)}{(A)} \right)$$

Anexo 10: Análisis de Varianza para h - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Pescado	117.47	2	58.735	16.99	0.0111
B:Temperatura	164.644	2	82.322	23.81	0.0060
RESIDUOS	13.8322	4	3.45804		
TOTAL	295.946	8			
(CORREGIDO)					

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de h en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre h con un 95.0% de nivel de confianza.

Anexo 11:

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para h con intervalos de confianza del 95.0%

			<i>Error</i>	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>
<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Est.</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
MEDIA GLOBAL	9	70.11			
Pescado					
Doncella	3	73.7582	1.07363	70.7774	76.7391
Dorado	3	65.1882	1.07363	62.2073	68.169
Paiche	3	71.3838	1.07363	68.4029	74.3646
Temperatura					
130	3	76.0307	1.07363	73.0498	79.0116
140	3	68.2221	1.07363	65.2412	71.203
150	3	66.0773	1.07363	63.0965	69.0582

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la media de h para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

Anexo 12: Pruebas de Múltiple Rangos para h por Pescado

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Pescado</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Dorado	3	65.1882	1.07363	X
Paiche	3	71.3838	1.07363	X
Doncella	3	73.7582	1.07363	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Doncella - Dorado	*	8.57008	5.41041
Doncella - Paiche		2.37448	5.41041
Dorado - Paiche	*	-6.1956	5.41041

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos

Anexo 13: Pruebas de Múltiple Rangos para h por Temperatura

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos</i>
				<i>Homogéneos</i>
150	3	66.0773	1.07363	X
140	3	68.2221	1.07363	X
130	3	76.0307	1.07363	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
130 - 140	*	7.80862	5.41041
130 - 150	*	9.95337	5.41041
140 - 150		2.14475	5.41041

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 14: Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para h con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	9	70.11			
Pescado					
Doncella	3	73.7582	1.07363	70.7774	76.7391
Dorado	3	65.1882	1.07363	62.2073	68.169
Paiche	3	71.3838	1.07363	68.4029	74.3646
Temperatura					
130	3	76.0307	1.07363	73.0498	79.0116
140	3	68.2221	1.07363	65.2412	71.203
150	3	66.0773	1.07363	63.0965	69.0582

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la media de h para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.