TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Facultad de Ciencias Biológicas y Veterinarias

Carrera Profesional de Biología Marina

"Modelamiento de isotermas de desorción y cinética de secado con aire caliente de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing, 1843"

Tesis para optar el título profesional de:

BIÓLOGA MARINA

Presentado por:

Alessandra Piedad Palomino Cáceres (0000-0002-3221-6899)

Asesor:

Paul Martin Baltazar Guerrero (0000-0003-4071-4772)

Co-asesor:

Óscar Reátegui Arévalo (0000-0001-9773-2176)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de setiembre de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Blga. Luzmila Rodríguez Quispe
Integrante: Dr. Harol Gutiérrez Peralta
Integrante: Dr. Oscar Ricardo Valiente Morante

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: Modelamiento de isotermas de desorción y cinética de secado con aire caliente de Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing, 1843

Presentada por la tesista:

- Alessandra Piedad Palomino Cáceres

Para optar el Título Profesional de Biólogo Marino

Asesorada por: Blgo. Paul Martin Baltazar Guerrero

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Alessandra Piedad Palomino Cáceres			Nota (escrito): diecisiete
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

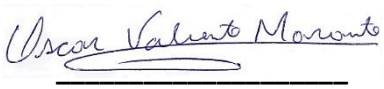
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



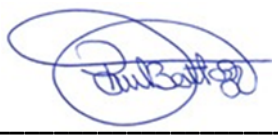
Blga. Luzmila Rodríguez Quispe
Presidente del jurado



Dr. Harol Gutiérrez Peralta
Miembro del jurado



Dr. Oscar Ricardo Valiente Morante
Miembro del jurado



Blgo. Paul Martin Baltazar Guerrero
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 13 de setiembre del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Alessandra Piedad Palomino Cáceres, egresada de la carrera de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor Paul Baltazar Guerrero, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: "Modelamiento de isotermas de desorción y cinética de secado con aire caliente de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing, 1843" sustentado para obtener el título/grado de Bióloga Marina es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

Firma tesista
Alessandra Piedad Palomino Cáceres
DNI: 70365872

Firma del asesor de tesis
Paul Martin Baltazar Guerrero
DNI:25622777

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Modelamiento de isotermas de desorción y cinética de secado con aire caliente de Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing, 1843

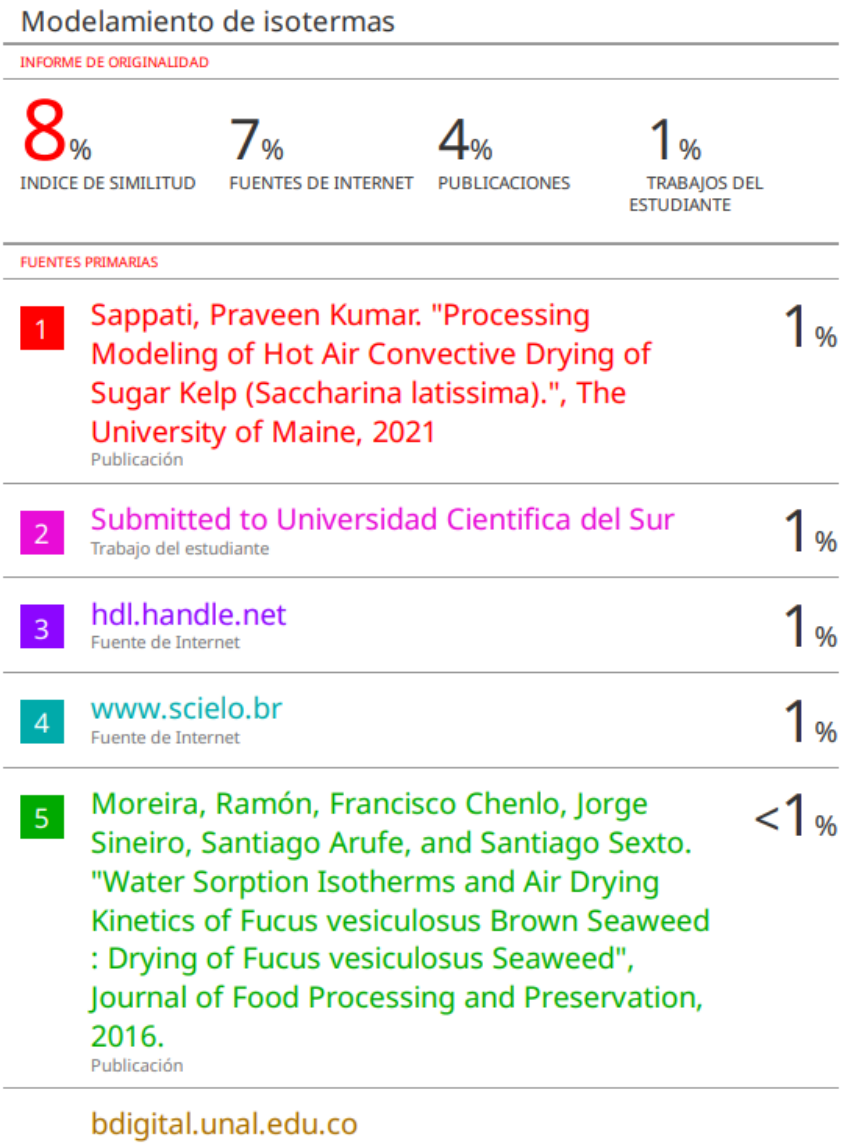
Autores. Alessandra Piedad Palomino Caceres.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2212463028).

Resultado de la evaluación. 8%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Modelamiento de isotermas

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	7%	4%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Sappati, Praveen Kumar. "Processing Modeling of Hot Air Convective Drying of Sugar Kelp (Saccharina latissima).", The University of Maine, 2021 Publicación	1%
2	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.scielo.br Fuente de Internet	1%
5	Moreira, Ramón, Francisco Chenlo, Jorge Sineiro, Santiago Arufe, and Santiago Sexto. "Water Sorption Isotherms and Air Drying Kinetics of Fucus vesiculosus Brown Seaweed : Drying of Fucus vesiculosus Seaweed", Journal of Food Processing and Preservation, 2016. Publicación	<1%

bdigital.unal.edu.co

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

"Modelamiento de isotermas de desorción y cinética de secado con aire caliente de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing, 1843"

Alessandra Palomino Cáceres[1], Paul M. Baltazar Guerrero[2], Oscar Reategui Arevalo[3]

[1] Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú

[2]Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos, Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú

[3]Laboratorio de Productos Naturales, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú

Correspondencia:

Paul M. Baltazar Guerrero, Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA), Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú

Emails: alessandrapc1997@gmail.com, pbaltazar@cientifica.edu.pe, oreategui@cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

1. RESUMEN

El alga roja *Chondracanthus chamissoi* tiene gran potencial por los beneficios que tiene su consumo directo y para la obtención de productos secundarios. Uno de los mercados principales es China, por lo que es importante tener un manejo adecuado para su almacenamiento y transporte. Las isotermas de desorción permiten calcular hasta qué humedad debe secarse el alga y los modelos de cinética de secado permiten predecir el tiempo que tomará llegar a ese punto. El objetivo fue modelar ambos fenómenos para *C. chamissoi* en etapa tetrasporofítico y carposporofítico. Se utilizó el método gravimétrico para los experimentos de desorción a 25, 40 y 55°C, poniendo a prueba las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson, de Boer), BET (Brunauer-Emmett-Teller), Halsey y Oswin. El mejor ajuste lo obtuvo la de GAB para ambas fases, con los mayores r^2 y los menores valores de ERMS. Para la cinética de secado se usó secado por convección de aire a 40, 50, 60 y 70°C, y se calcularon los modelos con las ecuaciones de Newton, Henderson-Pabis y Page Modificado. Al comparar el ratio de humedad experimental versus lo calculado por los modelos, la ecuación de Page Modificado demostró tener el mejor ajuste con las mismas pruebas estadísticas para ambas fases. Además, se confirmó que existe dependencia de la temperatura sobre los parámetros del modelo Page Modificado (k_i) con la prueba de ANOVA (P<0.05) seguido de un post-hoc Multiple Range Test, y con la ecuación tipo Arrhenius. Esta ecuación permite el cálculo de la energía de activación (E_a), siendo 27.91, 27.04 y 27.12 kJ/mol para k_1, k_2 y k_3 respectivamente para tetrasporofitas, y 28.36, 28.72 y 27.56 kJ/mol para el grupo de carposporofitas. Se concluye que ambas ecuaciones simulan eficientemente el proceso de secado de *C. chamissoi* y sirven como una excelente herramienta para determinar el contenido de humedad necesario para mantener la estabilidad del alga y estimar el tiempo de secado.

Palabras claves: Rodophyta, contenido de humedad de equilibrio, actividad de agua, modelamiento, macroalga

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2. INTRODUCCIÓN

Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing, comúnmente conocida como "yuyo" o "chicorea de mar" (Arbaiza et al., 2019), se distribuye en la costa del Pacífico sur, en el norte de Perú (5°S) hasta Chile (42°S) (Ramírez & Santelices, 1991). El ciclo de vida de *C. chamissoi* está compuesto por tres fases isomórficas, diferenciando entre gametofítica hembra y macho; y la tetrasporofítica, que contiene soros testrasporangiales (Bulboa et al., 2005). El gametofito macho fertiliza al gametofito hembra, la cual se convierte en carposporofita cargando las carposporas diploides. Cuando se liberan y se asientan se desarrolla en un tetrasporofito que carga los tetrasporos haploides que pueden crecer en el gametofito hembra o macho y se renueva el ciclo (Bulboa et al. 2020).

El *C. chamissoi* resalta por sus características nutricionales, ya que tiene un alto contenido proteico, vitamínico, y de microelementos (Tabachi & García, 1994), por su actividad antioxidante (Salas et al., 2014; Vásquez et al., 2019), además de ser fuente de ficocoloides como la carragenina, la cual está presente en la matriz celular e intercelular del alga, con una estructura basada en múltiples unidades de galactosa sulfatada y las más comercialmente utilizadas son kappa (κ), iota (ι) y lambda (λ) (Cian et al., 2015). Gracias a su estructura concatenada y presencia de sitios activos, cumple un rol en la formulación de alimentos, como espesantes, emulsificantes y agentes gelificantes (Salas et al., 2010; Wang et al., 2012), y en el campo médico farmacéutico para encapsular medicamentos (Ghanam & Kleinebudde, 2011), como biosensores de hormonas y glucosa; y para el tratamiento de heridas (Liu et al., 2023).

En Perú se obtienen a partir de recolección directa del mar, siendo *Macrocystis pyrifera*, *Lessonia nigrescens* y *C. chamissoi* las más exportadas (FAO & WHO, 2022). Para el 2019 se registró 1511 toneladas de algas rojas (Cai et al., 2021) y la mayoría fue exportada a China (PromPerú, 2020). Es de gran interés continuar con la comercialización del alga, así como desarrollar su cultivo, por el potencial que presenta y por el aumento de demanda en el mercado (Arakaki et al., 2021; Arbaiza et al., 2019). Por eso es importante también estudiar el procesamiento post colecta o cosecha, con el fin de obtener la mejor calidad de producto. Un paso fundamental es el secado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

o deshidratado (Bhandari & Howes, 1999). Es indispensable ya que se extrae el contenido de agua del producto para reducir el crecimiento de microorganismos y reacciones químicas que lo deterioren, para minimizar su tamaño y volumen y tener mayor eficiencia en el transporte y almacenaje (Mercer, 2014).

Tradicionalmente, la deshidratación ha sido realizada bajo luz solar directa, también llamada por convección natural, en donde el proceso depende de las condiciones ambientales (Poblete et al., 2018). Calín-Sánchez et al., (2020) explican a detalle la variedad y características de las técnicas, como secado convectivo, por spray, por congelamiento, deshidratación osmótica, por microondas, aspiración, entre otras. Una de las metodologías que no dependen del ambiente, más simples, de menor costo y más usada en la industria es el secado convectivo por aire caliente (Vega-Gálvez et al., 2008). Ya que es una de las etapas que compromete un gran consumo de energía y recursos, es necesario buscar estrategias de optimización a través de la simulación y modelamiento de secado (Mercer, 2014; Mujumdar & Law, 2010).

La simulación del proceso se calcula a través la cinética de secado del producto, que relaciona en una ecuación el contenido de humedad del producto como factor independiente versus el factor dependiente tiempo. Para esto se mide la pérdida de agua durante un tiempo determinado y se consideran los parámetros que afectan el secado como son la temperatura de secado y humedad relativa, tamaño de producto, y otros de menor influencia como velocidad de secado (Mühlbauer & Müller, 2020; Tello-Ireland et al., 2011). Debido a que el usuario puede establecer los parámetros de secado y a la variabilidad estructural y composicional de los productos, no existe una sola ecuación genérica que represente a todos (Onwude et al., 2016). Entre las macroalgas, las ecuaciones más comúnmente usadas son la de Page, Newton, Henderson Pabis (Gupta et al., 2011; Moreira et al., 2016; Vega-Gálvez et al., 2007; Vega-Gálvez et al., 2008).

La ecuación permite predecir el tiempo necesario para alcanzar el contenido de humedad de equilibrio (EMC), que es el valor de humedad que un producto alcanza después de haber sido expuesto a una temperatura y humedad relativa establecida donde el alga no gana ni pierde más agua (Tejada-Ortigoza et al., 2020). Esto ocurre porque la presión de agua en el aire y en la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

superficie del producto son la misma, por lo que no intercambian más moléculas (Macias, García, y Galvis 1990). Es muy importante conocer este valor porque permite fijar un punto de secado que mantenga la estabilidad y calidad del alga deshidratada empaquetada y evita gastar energía innecesaria del deshidratador (Lemus et al., 2008; Walker et al., 2020). El método más utilizado para determinar el EMC fue estandarizado por el Cost-Project 90, y consiste en elaborar curvas de isotermas de desorción que registran la pérdida de agua del alga a una temperatura constante pero a diferentes humedades relativas, hasta que el peso sea constante (Wolf et al., 1985).

Estudios similares sobre el proceso de secado se han realizado en otras macroalgas rojas como *Gracilaria chilensis* (Lemus et al. 2008; Poblete et al. 2018; Tello-Ireland et al. 2011; Vega-Gálvez et al., 2007), *Gelidium sesquipedale* (Mohamed et al., 2005), *Euchema cottoni* (Djaeni & Sari, 2015); algas pardas como *Bifurcaria bifurcata* (Moreira et al., 2016), *Fucus vesiculosus* (Moreira et al., 2017), *Himanthalia elongata* (Gupta et al., 2011), *Macrocystis pyrifera* (Vega et al. 2008); y verdes como *Ulva ohnoi* (Walker et al., 2020), de los cuales se obtuvieron resultados de tiempo de secado, de contenido de humedad de equilibrio y así evitar uso ineficiente de energía. El aumento de la demanda de *C. chamissoi* y la falta de dichos datos impulsaron la realización del presente trabajo de investigación.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo determinar las isotermas de desorción a 25, 40, 55°C y la cinética de secado a 40, 50, 60 y 70°C de la *C. chamissoi* para su fase carposporofita y tetrasporofita; y determinar el mejor modelo matemático para ambos procesos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Nomenclatura	
X_e	Contenido de humedad de equilibrio; g agua/g materia seca (m.s.)
X_t	Contenido de humedad a tiempo t; g agua/g m.s.
X_0	Contenido de humedad inicial; g agua/g m.s.
D	Masa seca; g
M_e	Masa de alga al llegar al contenido de humedad de equilibrio experimental; g
M_o	Valor de monocapa

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

a_w	Actividad de agua
C	Parámetro de modelo de isoterma
K	Parámetro de modelo de isoterma
MR	Ratio de humedad
r^2	Coeficiente de determinación
RMSE	Raíz cuadrada del error medio
SSE	Suma de los errores al cuadrado
t	Tiempo de secado (min)
T	Temperatura (Kelvin)

3.1 Materia cruda

Chondracanthus chamissoi fresco (contenido de humedad inicial de 9.76 g agua/g m.s.) fue proporcionado por Cooperativa de Trabajadores Pesqueros Artesanales Algas Marinas (COTRAPALMAR), y procesado en el laboratorio de la empresa Algaex SA, ambos ubicados en el distrito de San Andrés, provincia de Pisco, región de Ica, en Perú. Las muestras fueron lavadas meticulosamente con agua fresca para retirar epífitos y arena. Se separaron por etapa reproductiva, obteniendo un grupo de carposporofitas y de tetrasporofitas. Se almacenaron a 5°C (por máximo una semana) hasta su procesamiento.

3.2 Experimentos de isotermas de desorción

El contenido de humedad de equilibrio del alga se determinó usando la metodología gravimétrica estática establecida por COST-Project 90 (Wolf et al., 1985). Para este método se usaron muestras de 0.5 ± 0.02 g de alga, se colocaron en contenedores sellados con una actividad de agua específica (a_w). Se vertió una solución saturada de sal hasta llenar un cuarto de cada contenedor de vidrio para establecer una humedad fija (Mohamed et al., 2005). Las soluciones saturadas fueron CH_3COOK, $MgCl_2$, KI, NaCl, y KCl y se prepararon de acuerdo a las recomendaciones dadas por Greenspan (1977) a 25, 40 y 55°C, para obtener una 0.1755-0.8434 a_w. Para evitar el crecimiento microbiano se añadió Thymol (5 ml) en los frascos con una a_w mayor de 0.5 (Lemus et al., 2008; Moreira et al., 2017).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se pesaron las muestras en intervalos regulares hasta alcanzar el peso constante (±0.0005 g) tres veces seguidas, con una balanza analítica (Pioneer TM Analytical PX224). Las masa de las muestras secas se determinó secándolas en una estufa de aire caliente a 105°C hasta llegar al peso constante (Gupta et al., 2011; Mohamed et al., 2005). Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

La ecuación para calcular la EMC (% base seca) es la siguiente (Walker et al., 2020):

$$M_e = \frac{M_{e,g} - D}{D} \qquad \text{Ec. 1}$$

donde $M_{e,g}$ es la masa del alga en equilibrio, D es el peso seco de la muestra, g.

3.3 Modelamiento de isotermas de desorción

Cuatro modelos fueron usados para representar el EMC a diferentes actividades de agua: GAB (Guggenheim-Anderson-De Boer) (Ec. 2); BET (Brunauer-Emmett-Teller) (Ec. 3) para $a_w < 0.5$; Hasley (Ec. 4) y el modelo Oswin (ec. 5) (Mohamed et al., 2005; Moreira et al., 2017; Walker et al., 2020).

$$X_e = \frac{X_{mo} C K a_w}{(1 - K a_w)(1 + (C - 1)a_w)} \qquad \text{GAB Ec. 2}$$

$$X_e = \frac{X_{mo} C a_w}{(1 - a_w)(1 + (C - 1)a_w)} \qquad \text{BET Ec. 3}$$

$$X_e = \left[\frac{A}{\ln\left(\frac{1}{a_w}\right)}\right]^{1/B} \qquad \text{Halsey Ec. 4}$$

$$X_e = A\left[\frac{a_w}{1 - a_w}\right]^B \qquad \text{Oswin Ec. 5}$$

La bondad del modelo fue calculada ajustando los valores de los parámetros para minimizar la suma de errores cuadrados entre los datos modelados y experimentales. Estos cálculos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

matemáticos fueron realizados con la función Solver GRG no linealizada de Microsoft Excel (Moreira et al., 2017; Simal et al., 2005; Walker et al., 2020):

$$Obj = \sum_{m=1}^{n} \left(\sum \left(X_{exp} - X_{cal} \right)^2 \right) \quad \text{Ec. 6}$$

Donde *m* es un juego de datos, y *Obj* es la función donde se minimiza variando los valores de las constantes de cada modelo.

3.4 Experimento de secado

Los experimentos de secado se realizaron en la cámara climática (HPP110, Memmert, Germany) a cuatro temperaturas de aire: 40, 50, 60, 70°C (Lemus et al., 2008). La humedad relativa fue de 35 ± 5% y la velocidad del aire 1 m/s permanecieron constantes durante todos los experimentos siguiendo los parámetros de Moreira et al. (2016). Se seleccionaron muestras de alga de 10 g ± 0.03 y de tamaños similares, y se colocaron en tapas de vidrio y se pesaron usando una balanza digital electrónica (Pioneer TM Analytical PX224) cada diez minutes durante ochenta minutos y luego cada veinte minutos. Los experimentos finalizaron al punto de peso constante, o condición de equilibrio (Lemus et al., 2008).

La masa seca de las muestras se obtuvo de nuevo secándola en la estufa de aire caliente a 105°C hasta llegar al peso constante (Gupta et al., 2011).

3.5 Modelamiento de cinética de secado

La data experimental se graficó para cada temperatura como la ratio de humedad (MR) sin dimensiones, versus tiempo (min):

$$MR = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad \text{Ec. 7}$$

donde X_t es contenido de humedad a cualquier tiempo t, X_e es contenido de humedad de equilibrio, y X_0 es contenido de humedad inicial, y todas son expresadas como g agua/g m.s. La data experimental fue ajustada a los tres modelos (tabla 1).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 1. Modelos usados para experimentos de secado *k* (min^{-1}) y *n* (-) son los parámetros de los modelos y *t* es tiempo de secado (min).

Modelo	Ecuación
Newton (ecuación 8)	$MR = \exp(-k_1 t)$
Page Modificado (ecuación 9)	$MR = \exp(-(k_2 t)^n)$
Henderson-Pabis (ecuación 10)	$MR = a\exp(-k_3 t)$

Los parámetros cinéticos (k_1, k_2, k_3) y empíricos (n, a) de cada modelo se identificaron usando la función de la ecuación Solver (Walker et al., 2020).

3.6 Análisis estadístico

Todos los experimentos se realizaron en triplicados. Se calculó la bondad de ajuste para cada modelo matemático con el coeficiente de determinación (r^2), la suma de errores al cuadrado (SSE) (Ec. 8) y la raíz media de errores al cuadrado (RMSE) (Ec. 9):

$$SSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_{exp} - X_{cal})^2 \qquad \text{Ec. 11}$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_{exp} - X_{cal})^2\right]^{1/2} \qquad \text{Ec. 12}$$

Donde N es el número de muestras, X_{exp} es el valor del dato experimental; y X_{cal} es el valor del dato calculado; tanto para los modelos de las isotermas como los de cinética de secado. Para evaluar el efecto de la temperatura en el secado, se realizó el Análisis de Varianza de un factor (ANOVA) entre las medias de las constantes empíricas y de constantes cinéticas de los modelos de cinética de secado; seguido de la prueba de Rango Múltiple (MRT) considerando valores significantes $P \leq 0.05$ (Statgraphics 19 X64).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimentos de isotermas de desorción

Los valores de humedad obtenidos de *C. chamissoi* para el proceso de desorción están en la tabla 2. La actividad de agua obtenida de las soluciones saturadas estuvo en un rango de 0.1755 a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

0.8434. El EMC en tetrasporofitas estuvo en un rango de 6.50% a 56.83% en base seca (b.s.) y de 6.95% a 57.52% b.s. para carposporofitas. Como era de esperar, el EMC aumenta con una actividad de agua mientras se mantiene a temperatura constante. A bajo a_w, el EMC disminuye con temperaturas mayores.

Tabla 2. Contenido de humedad de equilibrio (*X* % en base seca) de *Chondracanthus chamissoi* obtenido por desorción a diferentes actividades de agua (a_w) y temperaturas (°C).

Tetrasporofita					
25°C		40°C		55°C	
a_w	X	aw	X	aw	X
0.2255	9.47 ± 0.004	0.2061	9.24 ± 0.003	0.1755	6.50 ± 0.011
0.3278	11.61 ± 0.009	0.3160	11.62 ± 0.010	0.2993	09.45 ± 0.003
0.6886	26.20 ± 0.009	0.6609	24.42 ± 0.014	0.6378	26.86 ± 0.004
0.7529	34.97 ± 0.021	0.7468	36.52 ± 0.026	0.7441	42.98 ± 0.009
0.8434	51.15 ± 0.024	0.8232	55.50 ± 0.012	0.8070	56.83 ± 0.010
Carposporofita					
25°C		40°C		55°C	
a_w	X	aw	X	aw	X
0.2255	8.45 ± 0.001	0.2061	8.75 ± 0.004	0.1755	6.95 ± 0.004
0.3278	12.63 ± 0.007	0.3160	13.26 ± 0.018	0.2993	11.22 ± 0.005
0.6886	27.84 ± 0.014	0.6609	26.69 ± 0.010	0.6378	27.90 ± 0.022
0.7529	37.15 ± 0.020	0.7468	39.57 ± 0.045	0.7441	44.74 ± 0.007
0.8434	52.55 ± 0.012	0.8232	56.99 ± 0.030	0.8070	57.52 ± 0.004

La figura 1 muestra gráficamente los datos de desorción experimentales y las curvas de secado. Según la clasificación de isotermas de Van der Waals, (Brunauer et al., 1940), la tendencia descrita por las gráficas de isotermas se podría clasificar como tipo III. Algunas macroalgas como *Macrocystis pyrifera* (Vega-Gálvez et al., 2008) y *Bifurcaria bifurcata* (Moreira et al., 2016) han registrado isotermas tipo II. *Gracilaria* sp. (Lemus et al., 2008) y *Fucus vesiculosus* (Moreira et al., 2017) han registrado isotermas tipo III. Ambos tipos están asociados a productos con alto contenido de azúcares, polisacáridos y proteínas debido a que a baja a_w el agua está estrechamente unida a biopolímeros (Vazquez et al., 1999).

También se puede observar un punto de cruce para ambas etapas, alrededor de 0.4 a_w para la isoterma de 55°C contra las otras dos temperaturas; y para 25 y 40°C está entre 0.6 y 0.7 a_w.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Después de este punto, el efecto de la temperatura es opuesto, con un aumento de EMC a temperaturas altas, en ambos casos.

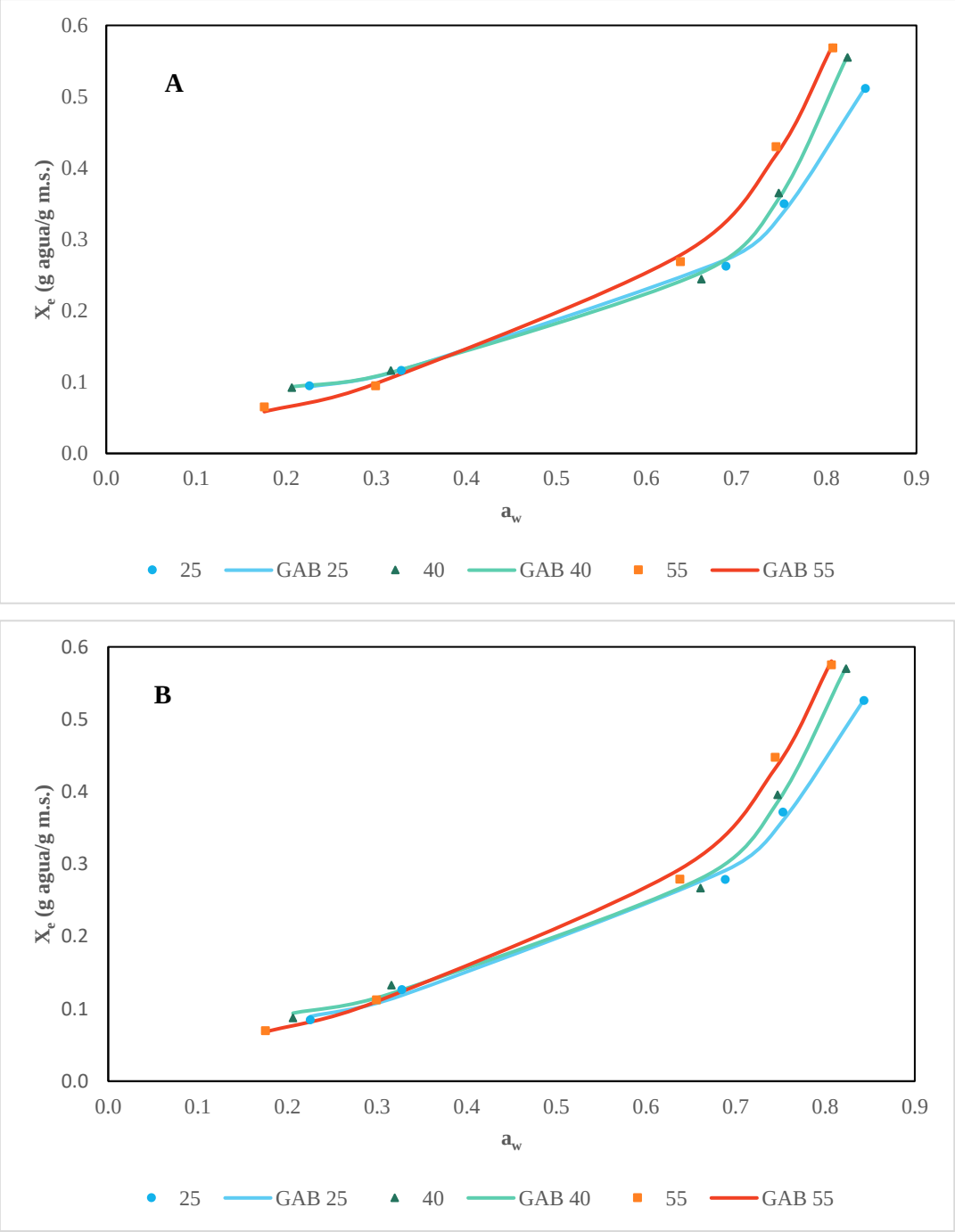


Figura 1. Datos experimentales del contenido de humedad de equilibrio para *C. chamissoi* y las predicciones del modelo GAB a 25 (●), 40 (▲) y 55 (■) °C (**A**) Tetrasporofita y (**B**) Carposporofita.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

El cambio de la tendencia inicial puede ser explicado por el alto contenido de polisacáridos, proteínas y solubilidad (Moreira et al., 2016). Tabachi y García (1994) registran que *C. chamissoi* tiene 41.34% b.s. de carbohidratos, y Vásquez et al. (2019) nos brindan la siguiente composición proximal: 49.26 ±0.36% m.s. de carbohidratos, 17.60 ±10 % m.s. de proteína, 1.44 % m.s. de fibra cruda, 2.21 % m.s. de lípidos y 21.78% m.s. de cenizas, donde resaltamos el alto contenido de azúcares. Ningún autor especifica el estadío reproductivo del alga analizada. Después del punto de cruce, la solubilidad del carragenano y proteínas puede que tenga un mayor impacto que el de la humedad relativa, especialmente si consideramos el alto porcentaje de estas macromoléculas.

Se ha demostrado que los polisacáridos que encontramos en *C. chamissoi* no son tipos de carragenano puros, pero que se hibridan y forman estructuras más complejas como CCC (compuesto por κ-carragenano, ι-carragenano y μ-carragenano) (Wang et al., 2012). Esta estructura podría hacer que el proceso de deshidratación sea aún más complejo después del punto de cruce. Se ha registrado curvas de comportamiento similar en otras macroalgas como *Ulva ohnoi* (Walker et al., 2020), *F. vesiculosus* (Moreira et al., 2017), *B. bifurcata* (Moreira et al., 2016), y *Gracilaria* sp. (Lemus et al., 2008).

4.2 Modelamiento de isotermas de desorción

Los parámetros obtenidos de los modelos GAB, BET, Halsey, y Oswin están indicados en la tabla 3. La ecuación GAB tuvo el mejor ajuste para los datos experimentales de desorción, en ambas etapas reproductivas, con el r^2 más alto y el RMSE más bajo en todas las temperaturas y a lo largo de todas las curvas. El resto de los modelos también tuvieron un ajuste de bondad muy bueno, especialmente BET en 55°C. Por eso, el mejor modelo de desorción para describir los datos de humedad de equilibrio para las tres temperaturas es GAB, tal como lo muestra la figura 1. La ecuación de GAB también demostró ser la mejor para describir las isotermas de *G. sesquipedale* (Mohamed et al., 2005), *M. pyrifera* (Vega-Gálvez et al., 2008) y *U. ohnoi* (Walker et al., 2020).

Tabla 3. Parámetros y constantes de los modelos de desorción a 25, 40 y 55°C.

Modelo	Constante	Tetrasporofita			Carposporofita		
		25°C	40°C	55°C	25°C	40°C	55°C
GAB	C	12.9790	6.7442	40.0323	13.1807	3.2383	3.9710

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

	K	0.9753	0.9504	1.0410	1.0145	1.0008	0.9910
	M_o	0.0926	0.1085	0.0800	0.0957	0.1181	0.1236
	r^2	0.9982	0.9971	0.9988	0.9971	0.9985	0.9975
	RMSE	0.0066	0.0087	0.0058	0.0095	0.0075	0.0097
BET	C	39.0629	23.8582	8.1690	9.2952	3.2050	4.4206
	M_o	0.0823	0.0862	0.0978	0.1024	0.1186	0.1186
	r^2	0.9958	0.9894	0.9925	0.9965	0.9985	0.9974
	RMSE	0.0102	0.0171	0.0149	0.0105	0.0075	0.0099
Halsey	A	0.0735	0.0763	0.1025	0.1031	0.1247	0.1228
	B	1.2554	1.2688	1.0564	1.1137	0.9834	1.0375
	r^2	0.9980	0.9960	0.9929	0.9953	0.9984	0.9971
	RMSE	0.0070	0.0103	0.0152	0.0123	0.0078	0.0105
Oswin	A	0.1716	0.1804	0.1676	0.1863	0.1801	0.1956
	B	0.6385	0.6314	0.7549	0.7098	0.8019	0.7535
	r^2	0.9928	0.9957	0.9812	0.9875	0.9979	0.9965
	RMSE	0.0137	0.0107	0.0254	0.0208	0.0093	0.0117

La ecuación GAB, así como la de BET, tienen un valor de importancia especial, el parámetro de monocapa M_o. Este valor representa las moléculas de agua en la capa primaria, lo que significa que a ese nivel de contenido de agua, la pérdida de calidad por factores físicos, químicos o microbianos es insignificante (Marcos et al., 1997). Para tetrasporofita, estos valores van de 8.00 a 11.81% b.s. y para carposporofita de 9.57 a 12.36% b.s. Al comparar estos valores de monocapa con los de otras macroalgas, los promedios son bastante similares, 8.97% para *G. sesquipedale*, 18.7% para *M. pyrifera* y 7.47% para *U. ohnoi*. La determinación del valor de monocapa nos permite calcular hasta qué punto secar *C. chamissoi*, y así evitar el sobreuso de energía de secado.

Los parámetros de *K* y *C* están relacionados a la desorción al nivel de multicapa y monocapa respectivamente (Robertson & Lee, 2021). Quirijns et al. (2005) denomina al parámetro *K* el factor de corrección, que nos permite tener una mejor representación. *C* representa qué tan fuerte está unida el agua a la monocapa. A 55°C el valor disminuye, indicando una fuerza menor del agua enlazada, probablemente por la excitación de las moléculas, causando una mayor separación física entre ellas.

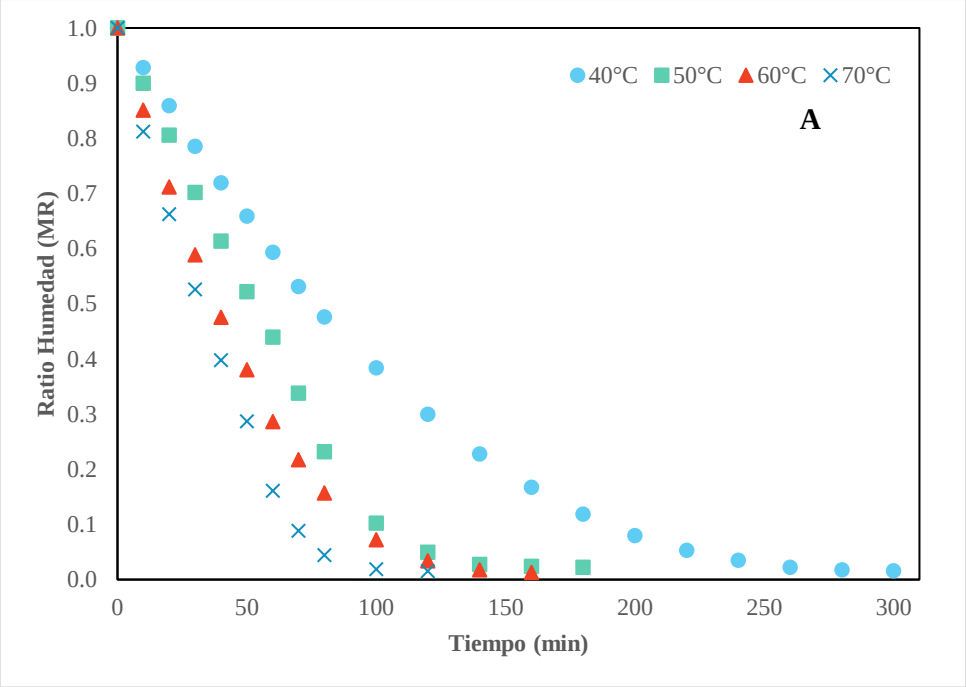
4.3 Experimento de cinética de secado

El contenido de humedad inicial para tetrasporofitas fue de 9.25 g agua/g m.s., y para carposporofitas fue de 8.24 g agua/g m.s. La ecuación de GAB se usó para calcular el EMC para

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

las cuatro temperaturas en ambas fases. Para tetrasporofitas, el cálculo fue de 0.09 g agua/g m.s. a 40°C, 0.11 g agua/g m.s. a 50°C, 0.09 g agua/g m.s. a 60°C y 0.09 g agua/g m.s. a 70°C. Para carposporofitas, el EMC fue de 0.09, 0.07, 0.04 y 0.04 g agua/g m.s. para 40, 50, 60 y 70°C respectivamente. Todos los procesos de secado alcanzaron un valor menor a 18%, lo que le brinda estabilidad comercial al producto (Lemus et al., 2008).

La figura 2 muestra las curvas de secado del alga bajo parámetros controlados. Primero se observa que hay un periodo de caída, y que el periodo de secado a ritmo constante no está presente. También, en ambos casos, el tiempo de secado disminuye mientras la temperatura aumenta, pero el tiempo es diferente entre tetrasporofitas y carposporofitas para la misma temperatura.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

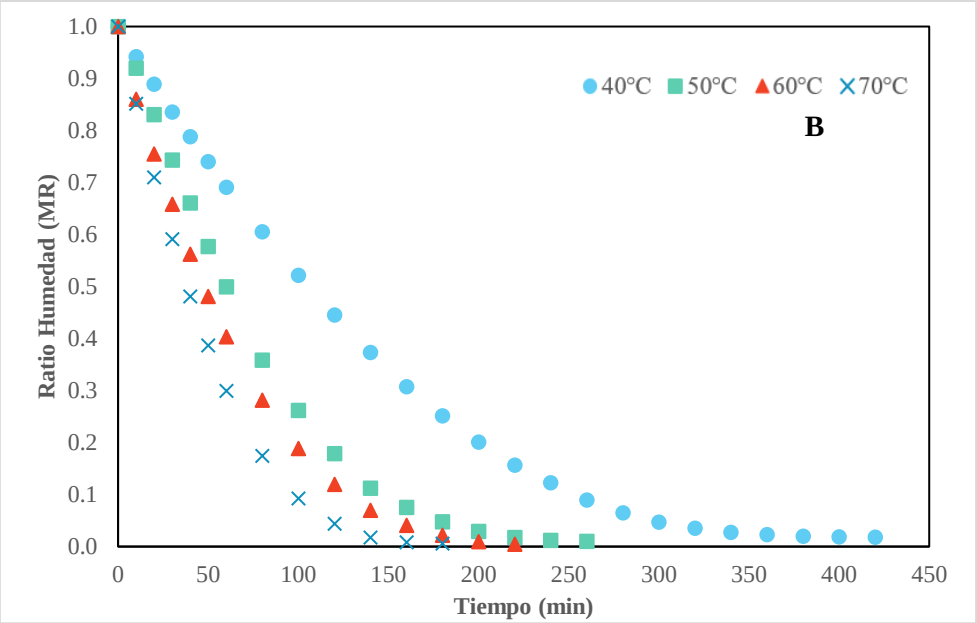


Fig. 2. Curvas de secado para *Chondracanthus chamissoi* a diferentes temperaturas. (**A**) Tetrasporofita: gráfico superior. (**B**) Carposporofita: gráfico inferior.

El tiempo registrado para 70°C fue 120 min para tetrasporofita y 180 min para carposporofita. El mismo patrón ocurre para las siguientes temperaturas: a 60°C, 160 y 220 min; a 50°C fue de 180 y 260 min; a 40°C fue de 300 y 420 min para tetrasporofitas y carposporofitas respectivamente. Los datos más similares son registrados en el caso de *Gracilaria* sp., con 450, 350, 300 y 200 minutos a 70, 60, 50 y 40°C (Lemus et al., 2008). La única diferencia entre las etapas reproductivas es la presencia de los cistocarpos en las pínulas del alga, ya que el peso inicial de todas las muestras fue de 10±0.5 g. Por eso podemos asumir que el tiempo de secado mayor está relacionado a esta estructura.

Ambos gráficos muestran una tendencia exponencial, por lo que se recomienda el uso de los modelos propuestos (Newton, Page, Page Modificado, Henderson-Pabis). Gráficos similares se han obtenido de otras macroalgas como *G. chilensis* (Lemus et al., 2008; Tello-Ireland et al., 2011), *M. pyrifera* (Vega-Gálvez et al., 2008), y *H. elongata* (Gupta et al., 2011).

4.4 Modelos de cinética para las curvas de secado

Tabla 4. Valores de los parámetros cinéticos por modelo para cada curva.

	Tetrasporofita		
T°C	Newton	Page Modificado	Henderson-Pabis
	$k_1 \times 10^{-2}$	$k_2 \times 10^{-2}$	$k_3 \times 10^{-2}$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

40	1.009 ± 0.0008 a	1.003 ± 0.0008 a	1.079 ± 0.0008 a
50	1.574 ± 0.0007 b	1.572 ± 0.0006 b	1.714 ± 0.0007 b
60	2.058 ± 0.0015 c	2.025 ± 0.0014 c	2.159 ± 0.0015 c
70	2.604 ± 0.0020 d	2.516 ± 0.0019 d	2.737 ± 0.0020 d
	Carposporofita		
T°C	Newton	Page Modificado	Henderson-Pabis
	$k_1 \times 10^{-2}$	$k_2 \times 10^{-2}$	$k_3 \times 10^{-2}$
40	0.754 ± 0.0002 a	0.738 ± 0.0002 a	0.802 ± 0.0003 a
50	1.307 ± 0.0024 b	1.298 ± 0.0024 b	1.411 ± 0.0025 b
60	1.592 ± 0.0011 b	1.580 ± 0.0011 b	1.650 ± 0.0011 b
70	2.021 ± 0.0030 c	2.006 ± 0.0030 c	2.115 ± 0.0027 c

Los datos están expresados como promedio ± desviación estándar de los triplicados. Loa valores en la misma columna con la misma letra para cada parámetro no tienen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza de 95%.

La tabla 4 muestra los promedios y la desviación estándar para los parámetros cinéticos de los modelos. Observamos que los valores de k_i (i=1,2,3) aumentan junto a la temperatura de secado. Varios autores han registrado que la temperatura tiene una influencia directa sobre k_i en otras especies de algas como *G. chilensis* (Vega-Gálvez et al., 2007), *M. pyrifera* (Vega-Gálvez et al., 2008), Irish brown (Gupta et al., 2011) y *B. bifurcata* (Moreira et al., 2016).

Por ello, al realizar la prueba ANOVA para k_i se registró un $P<0.05$ para cada caso, verificando así que esta constante efectivamente depende de la temperatura. La prueba posterior MRT para k_1, k_2 y k_3 nos permitió hacer una comparación múltiple entre las medias por temperatura y determinar si difieren una de otras. La prueba muestra que el *k* de cada modelo es estadísticamente diferente para cada temperatura. Para tetrasporofitas, todas las *k* formaron cuatro grupos no homogéneos y para carposporofitas, tres grupos (tabla 2).

Debido a que los promedios de cada k_i fueron diferentes unos entre otros, se realizó una evaluación para confirmar la dependencia de temperatura, usando la ecuación tipo Arrhenius (figura 3). El valor de r^2 que se obtuvo de la ecuación fue de 0.97 para tetrasporofita y 0.93 para carposporofita. Esta ecuación también se puede usar para determinar la energía de activación (E_a) para cada modelo (Simal et al., 2005). La energía de activación representa la cantidad de energía necesaria para lograr que una reacción ocurra (Menzinger & Wolfgang, 1969). Mientras mayor sea el valor, más energía requiere el reactante para empezar.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 5. Valores de energía de activación para diferentes macroalgas.

Alga	E_a (kJ/mol)	Referencia
*C. chamissoi (*tetrasporofita*)*	27.04-27.91	The present study
*C. chamissoi (*carposporofita*)*	27.56-28.72	The present study
Gracilaria chilensis	33.49-33.85	(Vega-Gálvez et al., 2007)
Gracilaria sp.	12.27-38.60	(Lemus et al., 2008)
Macrocystis pyrifera	25.89-78.74	(Vega-Gálvez et al., 2008)
Gracilaria chilensis	28.35	(Tello-Ireland et al., 2011)
Himanthalia elongata	41.8-46.7	(Gupta et al., 2011)
Ulva ohnoi	41.3	(Walker et al., 2020)

La E_a obtenida para k_1, k_2 y k_3 fue de 27.91, 27.04 y 27.12 kJ/mol para tetrasporofitas, y 28.36, 28.72 y 27.56 kJ/mol para el grupo de carposporofitas, respectivamente. Los valores de *C. chamissoi* son más bajos que los de *G. chilensis*, *H. elongata* y *U. ohnoi* (tabla 5), por lo que el proceso de secado es más fácil de conseguir a comparación de esas algas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

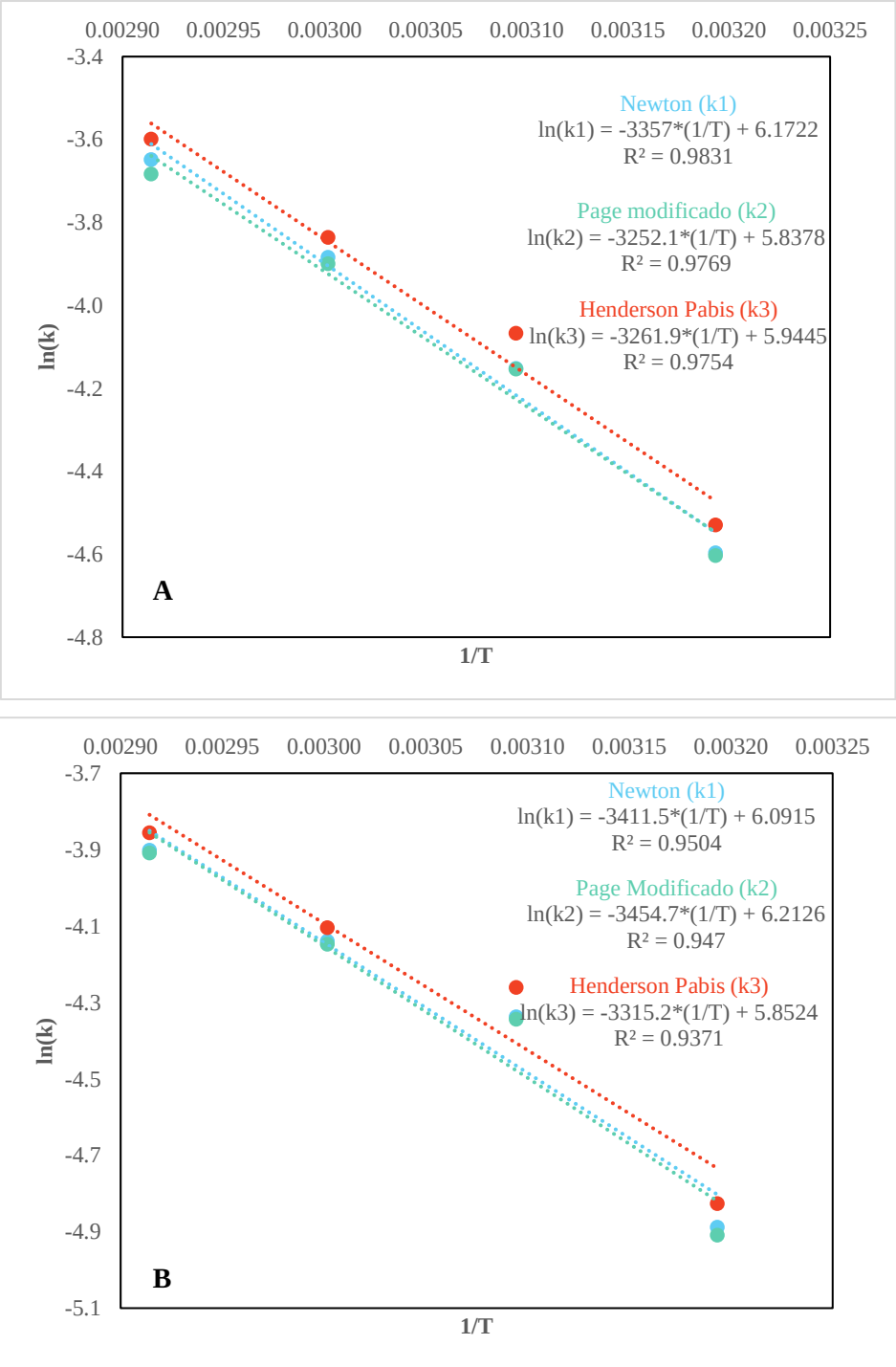


Figura 3. Representación gráfica de la influencia de la temperatura absoluta (K) por modelo y parámetro cinético. (**A**) Tetrasporofita, (**B**) Carposporofita.

La tabla 6 muestra los parámetros empíricos de modelos matemáticos. Gracias al uso de las constantes adimensionales *n* y *a* en las ecuaciones de secado el error se minimiza (Onwude et al., 2016). Los valores de *n* que se obtuvieron con la ecuación de Page Modificada van de 1.25 a 1.49 en el caso de tetrasporofita y 1.17 a 1.33 en carposporofita. Si comparamos con otras algas, el de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Gracilaria está en un rango de 0.96 a 1.02 (Lemus et al., 2008), el promedio de *M. pyrifera* es 1.25 (Vega-Gálvez et al., 2008) y para el Nori compuesto por *Ulva latuca* y *Gracilaria* sp. es de 1.56 (Kurniawan & Bintoro, 2019), similares a los obtenidos en el presente estudio. El parámetro *a* va de 1.05-1.08 para tetrasporofita y 1.03-1.07 para carposporofita, similares a los de *Gracilaria* (1.03-1.06); *M. pyrifera* (1.24) y *H. elongata* (0.98-1.06) (Gupta et al., 2011; Vega-Gálvez et al., 2007; Vega-Gálvez et al., 2008).

Tabla 6. Valores de parámetros empíricos para cada modelo por curva de secado.

Tetrasporofita		
T°C	Page Modificado	Henderson-Pabis
	n	*a*
40	1.256 ± 0.0504 a	1.062 ± 0.0106 ab
50	1.491 ± 0.0687 b	1.082 ± 0.0065 a
60	1.253 ± 0.0369 a	1.048 ± 0.0054 b
70	1.371 ± 0.1474 ab	1.054 ± 0.0209 b
Carposporofita		
T°C	Page Modificado	Henderson-Pabis
	n	*a*
40	1.253 ± 0.0399 ab	1.058 ± 0.0081 ab
50	1.325 ± 0.0296 b	1.073 ± 0.0082 a
60	1.166 ± 0.0447 a	1.033 ± 0.0109 c
70	1.236 ± 0.1055 a	1.045 ± 0.0197 cb

Los datos están expresados como promedio ± desviación estándar de los triplicados. Loa valores en la misma columna con la misma letra para cada parámetro no tienen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza de 95%.

La misma prueba ANOVA se realizó para los parámetros empíricos con una significancia de 5%. Para tetrasporofitas, *n* y *a* tuvieron $p<0.05$, indicando que la temperatura tuvo un efecto significativo sobre las constantes. Para carposporofita, se obtuvo $p>0.05$ para *n* y para *a* un $p<0.05$, indicando que la temperatura solo tiene influencia sobre *a*.

Aun así, cuando se corrió la prueba de MRT en la tetrasporofita, solo dos grupos se identificaron para cada parámetro, y para *a* de carposporofita tres grupos. La agrupación en este caso contrasta con los grupos no homogéneos formados por los parámetros cinéticos. Son menos grupos y no siguen un patrón de temperatura. Otros autores han encontrado que los parámetros empíricos de Page Modificado (*n*) y Henderson-Pabis (*a*) no muestran significancia estadística con la temperatura, e hipotetizan que están relacionadas a otros factores como tipo de tejido, flujo del

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

aire o humedad inicial (Azzouz et al., 2002), y por esa razón se consideran como constantes para el tipo de producto a secar (Vega Gálvez et al., 2007).

Tabla 7. Pruebas estadísticas para las ecuaciones de Newton, Page Modificado y Henderson-Pabis por cada temperatura de secado.

Modelo	T°C	Tetrasporofita			Carposporofita		
		SSE	RMSE	r^2	SSE	RMSE	r^2
Newton	40	0.0356	0.0405	0.9942	0.0422	0.0418	0.9935
	50	0.0639	0.0681	0.9775	0.0392	0.0484	0.9921
	60	0.0185	0.0375	0.9932	0.0131	0.0282	0.9965
	70	0.0351	0.0555	0.9815	0.0185	0.0354	0.9943
Page Modificado	40	0.0031	0.0116	0.9988	0.0057	0.0156	0.9982
	50	0.0087	0.0250	0.9948	0.0020	0.0109	0.9991
	60	0.0020	0.0122	0.9986	0.0028	0.0131	0.9986
	70	0.0078	0.0267	0.9937	0.0020	0.0115	0.9988
Henderson-Pabis	40	0.0245	0.0336	0.9916	0.0304	0.0362	0.9908
	50	0.0498	0.0601	0.9718	0.0266	0.0399	0.9889
	60	0.0145	0.0331	0.9911	0.0108	0.0257	0.9953
	70	0.0301	0.0515	0.9781	0.0144	0.0313	0.9923

Finalmente, la tabla 7 muestra las pruebas estadísticas para todos los modelos. Los tres presentan un r^2 mayor a 0.97, pero los mejores valores fueron registrados para Page modificado para las cuatro temperaturas, y ambas etapas reproductivas. A la misma vez, los valores más bajos de SSE y RMSE fueron obtenidos por la misma ecuación. Esto podría deberse a la presencia del parámetro empírico *n*, dado que modera el tiempo de predicción y compensa errores potenciales (Azzouz et al., 2002).

5. Conclusiones

Se encontró el mejor modelo para representar el proceso de secado de *Chondracanthus chamissoi*. Para el contenido de humedad de equilibrio se usó método gravimétrico estático con diferentes sales y se concluye que las isotermas de ambas etapas reproductivas pertenecen a la isoterma tipo III según la clasificación de BET. La ecuación de GAB es la que representa mejor el comportamiento de las isotermas, con los valores de RMSE más bajos y de r^2 mayores. El modelamiento de cinética de secado demuestra una tendencia claramente exponencial. La

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ecuación de Page Modificada tuvo el mejor ajuste para los valores experimentales de MR en ambos casos según las mismas pruebas estadísticas. Se confirma que el proceso de secado depende de la temperatura gracias a un $P<0.05$ en la prueba ANOVA sobre los parámetros cinéticos k_i (i=1, 2, 3), y por la ecuación tipo Arrhenius. Según esta ecuación se calcularon los siguientes valores de E_a: para tetrasporofitas fueron 27.93, 27.01 y 27.16 kJ/mol; y para carposporofitas fueron de 28.07, 28.47 y 20.97 kJ/mol para k_1, k_2 y k_3 respectivamente, lo cual demuestra que secar *C. chamissoi* no requiere de tanta energía como otras macroalgas como *G. chilensis, H. elongata* y *U. ohnoi*.

6. Reconocimientos

Este trabajo fue financiado por la entidad estatal Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA) y la empresa Algaex S.A, mediante el proyecto "Agregación de valor comercial para el recurso algas rojas (*Chondracanthus chamissoi* y *Porphyra* spp.) mediante el desarrollo de productos para el consumo humano" bajo el contrato N° 283-2018-PNIPA y la Universidad Cientifica del Sur (UCSUR Nº 062-2022-PRO99) que fue la entidad asociada, de la cual se desprendió el presente trabajo de investigación. Así mismo, se agradece a los profesionales Roxana Ramos Aramburu, Stephany Torres Galarza y Cirilo Alarcón Yupanqui por la asistencia en la ejecución del presente trabajo de investigación.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

8. Declaración de disponibilidad de datos

Los datos que sustentan los resultados del presente estudio de investigación están disponibles al solicitarlos al autor corresponsal.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

9. Referencias

Arakaki, N., Suárez-Alarcón, S., Márquez-Corigliano, D., Gil-Kodaka, P., & Tellier, F. (2021). The widely distributed, edible seaweeds in Peru, *Chondracanthus chamissoi* and *Chondracanthus chamissoi* f. Glomeratus (Gigartinaceae, Rhodophyta), are morphologically diverse but not phylogenetically distinct. *Journal of the World Aquaculture Society*, *52*(6), 1290-1311. https://doi.org/10.1111/jwas.12849

Arbaiza, S., Gil-Kodaka, P., Arakaki, N., & Alveal, K. (2019). Primeros estadios de cultivo a partir de carpósporas de *Chondracanthus chamissoi* de tres localidades de la costa peruana. *Rev. biol. mar. oceanogr.*, *54*(2), 204-213. https://doi.org/doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.2.1901

Azzouz, S., Guizani, A., Jomaa, W., & Belghith, A. (2002). Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grapes. *Journal of Food Engineering*, *55*(4), 323-330. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00109-7

Bhandari, B. R., & Howes, T. (1999). Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. *Journal of Food Engineering*, *40*(1), 71-79. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00039-4

Brunauer, S., Deming, L., Deming, E., & Teller, E. (1940). On a theory of the van der Waals Adsorption of Gases. *J. Am. Chem. Soc.*, *62*, 1723-1732.

Bulboa, C., Macchiavello, J., Oliveira, E., & Fonck, E. (2005). First attempt to cultivate the carrageenan-producing seaweed *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta; Gigartinales) in Northern Chile. *Aquaculture Research*, *36*(11), 1069-1074. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01321.x

Bulboa, C., Massad, I. P., Contreras-Porcia, L., Zapata, J., Castañeda, F., Ramírez, M. E., & Gil-Kodaka, P. (2020). Concise review of genus *Chondracanthus* (Rhodophyta: Gigartinales). *Journal of Applied Phycology*, *32*(2), 773-785. https://doi.org/10.1007/s10811-019-01956-w

Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P.,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M., & Yuan, X. (2021). *Seaweed and Microalgae: An overview for unlocking their potential in global aquaculture development* (FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229). FAO. doi.org/10.4060/cb5670en

Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Figiel, A. (2020). Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. *Foods*, *9*(9), Article 9. https://doi.org/10.3390/foods9091261

Cian, R. E., Drago, S. R., Sánchez-de-Medina, F., & Martínez-Augustin, O. (2015). Proteins and Carbohydrates from Red Seaweeds: Evidence for Beneficial Effects on Gut Function and Microbiota. *Marine Drugs*, *13*(8), 5358-5383. https://doi.org/10.3390/md13085358

Djaeni, M., & Sari, D. A. (2015). Low Temperature Seaweed Drying Using Dehumidified Air. *Procedia Environmental Sciences*, *23*, 2-10. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.002

FAO & WHO. (2022). *Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives: Rome, 28–29 0ctober 2021*. FAO, WHO. https://doi.org/10.4060/cc0846en

Ghanam, D., & Kleinebudde, P. (2011). Suitability of κ-carrageenan pellets for the formulation of multiparticulate tablets with modified release. *International Journal of Pharmaceutics*, *409*(1), 9-18. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2011.02.016

Greenspan, L. (1977). Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, *81*(1). https://doi.org/10.6028/JRES.081A.011

Gupta, S., Cox, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. *LWT - Food Science and Technology*, *44*(5), 1266-1272. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.022

Kurniawan, K., & Bintoro, N. (2019). Engineering analysis in manufacturing process of Nori made from mixture of *Ulva lactuca* and *Gracilaria* sp. *IOP Conference Series: Earth and*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Environmental Science, *355*(1), 012036. https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012036

Lemus, R. A., Pérez, M., Andrés, A., Roco, T., Tello, C. M., & Vega, A. (2008). Kinetic study of dehydration and desorption isotherms of red alga *Gracilaria*. *LWT - Food Science and Technology*, *41*(9), 1592-1599. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.10.011

Liu, F., Duan, G., & Yang, H. (2023). Recent advances in exploiting carrageenans as a versatile functional material for promising biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, *235*, 123787. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123787

Macias-Esparza, B., García-Bernal, H. R., & Galvis, J. A. (1990). Determinación de la humedad de equilibrio en panela. *Agronomía Colombiana*, *7*(1-2), Article 1-2.

Marcos, B., Esteban, M. A., López, P., Alcalá, M., Gómez, R., Espejo, J., & Marcos, A. (1997). Monolayer values at 30°C of various spices as computed by the BET and GAB models. *Zeitschrift Für Lebensmitteluntersuchung Und -Forschung A*, *204*(2), 109-112. https://doi.org/10.1007/s002170050046

Menzinger, M., & Wolfgang, R. (1969). The Meaning and Use of the Arrhenius Activation Energy. *Angewandte Chemie International Edition in English*, *8*(6), 438-444. https://doi.org/10.1002/anie.196904381

Mercer, D. G. (2014). *An Introduction to the Dehydration and Drying of Fruits and Vegetables*. University of Guelph.

Mohamed, L. A., Kouhila, M., Lahsasni, S., Jamali, A., Idlimam, A., Rhazi, M., Aghfir, M., & Mahrouz, M. (2005). Equilibrium moisture content and heat of sorption of *Gelidium sesquipedale*. *Journal of Stored Products Research*, *41*(2), 199-209. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.03.001

Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Arufe, S., & Sexto, S. (2017). Water Sorption Isotherms and Air Drying Kinetics of *Fucus vesiculosus* Brown Seaweed. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(4), e12997. https://doi.org/10.1111/jfpp.12997

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Sánchez, M., & Arufe, S. (2016). Water sorption isotherms and air drying kinetics modeling of the brown seaweed *Bifurcaria bifurcata*. *Journal of Applied Phycology*, *28*(1), 609-618. https://doi.org/10.1007/s10811-015-0553-1

Mühlbauer, W., & Müller, J. (2020). Chapter 2.1—Drying kinetics. En W. Mühlbauer & J. Müller (Eds.), *Drying Atlas* (pp. 53-61). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818162-1.00002-X

Mujumdar, A. S., & Law, C. L. (2010). Drying Technology: Trends and Applications in Postharvest Processing. *Food and Bioprocess Technology*, *3*(6), 843-852. https://doi.org/10.1007/s11947-010-0353-1

Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., & Abdan, K. (2016). Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *15*(3), 599-618. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196

Poblete, R., Cortes, E., Macchiavello, J., & Bakit, J. (2018). Factors influencing solar drying performance of the red algae *Gracilaria chilensis*. *Renewable Energy*, *126*, 978-986. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.042

PromPerú. (2020). *Desenvolvimiento del Comercio Exterior Pesquero y Acuícola en el Perú* (p. 81) [Informe Anual 2019]. PromPerú. https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/desenvolvimiento-comerico-exterior-pesquero-acuicola-en-peru-informe-anual-2019-v2.pdf

Quirijns, E. J., van Boxtel, A. J., van Loon, W. K., & van Straten, G. (2005). Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*(11), 1805-1814. https://doi.org/10.1002/jsfa.2140

Ramírez, M. E., & Santelices, B. (1991). *Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico de Sudamérica*. Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Robertson, G. L., & Lee, D. S. (2021). Comparison of linear and GAB isotherms for estimating the shelf life of low moisture foods packaged in plastic films. *Journal of Food Engineering*, *291*, 110317. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110317

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Salas, N., Córdova, C., Lengua, R., & Anaya, F. (2010). Cuantificación de κ y λ -carragenanos a partir de la macroalga *Chondracanthus chamissoi*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *75*(4), 414-421.

Salas, N., Lengua, C., Becerra, V., Bazán, G., Santome, S., & Córdova, C. (2014). Cuantificación de carbohidratos, polifenoles y sulfatos en extractos de macroalgas promisorias para la acuicultura. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím*, *17*(2), 35-40.

Simal, S., Femenia, A., Garau, M. C., & Rosselló, C. (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering*, *66*(3), 323-328. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.025

Tabachi, P., & García, F. (1994). Caracterización bioquímica del alga *Gigartina chamissoi* (Bahía de Ancón). *Revista de Química*, *8*(1), 21-28.

Tejada-Ortigoza, V., Welti-Chanes, J., Campanella, O. H., & Peleg, M. (2020). Estimating equilibrium moisture content from relatively short sorption experiments. *LWT*, *132*, 109832. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109832

Tello-Ireland, C., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., López, J., & Di Scala, K. (2011). Influence of hot-air temperature on drying kinetics, functional properties, colour, phycobiliproteins, antioxidant capacity, texture and agar yield of alga *Gracilaria chilensis*. *LWT - Food Science and Technology*, *44*(10), 2112-2118. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.008

Vásquez, V., Martínez, R., & Bernal, C. (2019). Enzyme-assisted extraction of proteins from the seaweeds *Macrocystis pyrifera* and *Chondracanthus chamissoi*: Characterization of the extracts and their bioactive potential. *Journal of Applied Phycology*, *31*(3), 1999-2010. https://doi.org/10.1007/s10811-018-1712-y

Vazquez, G., Chenlo, F., Moreira, R., & Carballo, L. (1999). Desorption isotherms of muscatel and aledo grapes, and the influence of pretreatments on muscatel isotherms. *Journal of Food Engineering*, *39*(4), 409-414. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00030-8

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Vega-Gálvez, A., Tello Ireland, C., & Lemus Mondaca, R. (2007). Simulación matemática del proceso de secado de la Gracilaria chilena (*Gracilaria chilensis*). *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *15*(1), 55-64. https://doi.org/10.4067/S0718-33052007000100008

Vega-Gálvez, A., Ayala-Aponte, A., Notte, E., Fuente, L. de la, & Lemus, R. (2008). Mathematical Modeling of Mass Transfer during Convective Dehydration of Brown Algae *Macrocystis Pyrifera*. *Drying Technology*, *26*(12), 1610-1616. https://doi.org/10.1080/07373930802467532

Walker, C., Cole, A., Antunes, E., & Sheehan, M. (2020). Equilibrium Moisture and Drying Kinetics Modeling of Macroalgae Species *Ulva ohnoi* and *Oedogonium intermedium*. *Clean Technologies*, *2*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/cleantechnol2020015

Wang, P., Zhao, X., Lv, Y., Li, M., Liu, X., Li, G., & Yu, G. (2012). Structural and compositional characteristics of hybrid carrageenans from red algae *Chondracanthus chamissoi*. *Carbohydrate Polymers*, *89*(3), 914-919. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.04.034

Wolf, W., Spiess, W. E. L., & Jung, G. (1985). Standardization of Isotherm Measurements (Cost-Project 90 and 90 BIS). En D. Simatos & J. L. Multon (Eds.), *Properties of Water in Foods: In Relation to Quality and Stability* (pp. 661-679). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-5103-7_40

Anexo 1-.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Análisis exploratorios para pruebas estadísticas para variable cinética *k*

1. Distribución Normal con prueba Shapiro Wilk

Tetrasporophyta

Tests for Normality for K1

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.951544	0.659664

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether K1 can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that K1 comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tests for Normality for k2

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.953849	0.693746

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether k2 can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that k2 comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tests for Normality for k3

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.94707	0.594619

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether k3 can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that k3 comes from a normal distribution with 95% confidence.

Carposporophyta

Tests for Normality for A.k

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.940964	0.510664

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether A.k can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that A.k comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tests for Normality for B.k

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.940418	0.503505

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether B.k can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that B.k comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tests for Normality for C.k

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.943057	0.538662

The StatAdvisor

This pane shows the results of several tests run to determine whether C.k can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that C.k comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2. Homogeneidad- Prueba de Levene

Tetrasporophyta

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	1.50866	0.2848

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.000781025	0.00070946	1.21192	0.9042
40 / 60	0.000781025	0.00149332	0.273543	0.4296
40 / 70	0.000781025	0.00201329	0.150493	0.2616
50 / 60	0.00070946	0.00149332	0.22571	0.3683
50 / 70	0.00070946	0.00201329	0.124178	0.2209
60 / 70	0.00149332	0.00201329	0.550164	0.7098

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of K1 within each of the 4 levels of A.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	1.09216	0.4066

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.000781025	0.000655744	1.4186	0.8269
40 / 60	0.000781025	0.00136137	0.329137	0.4953
40 / 70	0.000781025	0.00190088	0.168819	0.2889
50 / 60	0.000655744	0.00136137	0.232014	0.3766
50 / 70	0.000655744	0.00190088	0.119004	0.2127
60 / 70	0.00136137	0.00190088	0.512915	0.6780

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of k2 within each of the 4 levels of B.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.48588	0.1348

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.000793725	0.000702377	1.27703	0.8783
40 / 60	0.000793725	0.00145717	0.296703	0.4576
40 / 70	0.000793725	0.00200333	0.156977	0.2714
50 / 60	0.000702377	0.00145717	0.232339	0.3771
50 / 70	0.000702377	0.00200333	0.122924	0.2189
60 / 70	0.00145717	0.00200333	0.52907	0.6920

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of k3 within each of the 4 levels of C.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Carposporophyta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.45981	0.1373

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.0002	0.00237557	0.00708801	0.0141
40 / 60	0.0002	0.00108167	0.034188	0.0661
40 / 70	0.0002	0.00295014	0.00459594	0.0091
50 / 60	0.00237557	0.00108167	4.82336	0.3434
50 / 70	0.00237557	0.00295014	0.648411	0.7867
60 / 70	0.00108167	0.00295014	0.134431	0.2370

The StatAdvisor

The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of A.k within each of the 4 levels of A.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 2, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.51478	0.1321

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.0002	0.00237557	0.00708801	0.0141
40 / 60	0.0002	0.00108167	0.034188	0.0661
40 / 70	0.0002	0.00300056	0.0044428	0.0088
50 / 60	0.00237557	0.00108167	4.82336	0.3434
50 / 70	0.00237557	0.00300056	0.626805	0.7706
60 / 70	0.00108167	0.00300056	0.129952	0.2300

The StatAdvisor

The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of B.k within each of the 4 levels of B.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 2, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.72094	0.1146

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.000251661	0.00244336	0.0106086	0.0210
40 / 60	0.000251661	0.00104403	0.058104	0.1098
40 / 70	0.000251661	0.00275379	0.00835165	0.0166
50 / 60	0.00244336	0.00104403	5.47706	0.3088
50 / 70	0.00244336	0.00275379	0.787253	0.8810
60 / 70	0.00104403	0.00275379	0.143736	0.2513

The StatAdvisor

The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of C.k within each of the 4 levels of C.temperature is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 2, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Análisis exploratorios para pruebas estadísticas para variables empíricas *n* y *a*

1. Prueba de Normalidad con Shapiro Wilk

Tetrasporophyta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tests for Normality for n

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.878808	0.0846198

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether n can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that n comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tests for Normality for a

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.938001	0.472612

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether a can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that a comes from a normal distribution with 95% confidence.

Carposporophyta

Tests for Normality for n

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.918375	0.272739

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether n can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not rejec the idea that n comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tests for Normality for a

Test	*Statistic*	*P-Value*
Shapiro-Wilk W	0.940342	0.502515

The StatAdvisor
This pane shows the results of several tests run to determine whether a can be adequately modeled by a normal distribution. The Shapiro-Wilk test is based upon comparing the quantiles of the fitted normal distribution to the quantiles of the data.

Since the smallest P-value amongst the tests performed is greater than or equal to 0.05, we can not reject the idea that a comes from a normal distribution with 95% confidence.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2. Homogeneidad con prueba Levene

Tetrasporophyta

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	3.31609	0.0778

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.0504456	0.0687551	0.538316	0.6999
40 / 60	0.0504456	0.0369434	1.86455	0.6982
40 / 70	0.0504456	0.147399	0.117128	0.2097
50 / 60	0.0687551	0.0369434	3.46367	0.4481
50 / 70	0.0687551	0.147399	0.217582	0.3574
60 / 70	0.0369434	0.147399	0.0628184	0.1182

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of n within each of the 4 levels of A.temp is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.72825	0.1140

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.0106057	0.00645833	2.69672	0.5410
40 / 60	0.0106057	0.00540031	3.8569	0.4118
40 / 70	0.0106057	0.020874	0.258145	0.4104
50 / 60	0.00645833	0.00540031	1.43022	0.8230
50 / 70	0.00645833	0.020874	0.0957259	0.1747
60 / 70	0.00540031	0.020874	0.0669309	0.1255

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of a within each of the 4 levels of B.temp is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Carposporophyta

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	4.02445	0.0512

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.0399175	0.0295615	1.82337	0.7084
40 / 60	0.0399175	0.0447252	0.796565	0.8868
40 / 70	0.0399175	0.105483	0.143206	0.2505
50 / 60	0.0295615	0.0447252	0.436865	0.6081
50 / 70	0.0295615	0.105483	0.0785392	0.1456
60 / 70	0.0447252	0.105483	0.179779	0.3048

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of n within each of the 4 levels of A.temp is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	2.41643	0.1416

Comparison	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Value
40 / 50	0.00814125	0.00824035	0.976093	0.9879
40 / 60	0.00814125	0.0108666	0.561299	0.7190
40 / 70	0.00814125	0.0196731	0.171253	0.2924
50 / 60	0.00824035	0.0108666	0.575046	0.7302
50 / 70	0.00824035	0.0196731	0.175447	0.2985
60 / 70	0.0108666	0.0196731	0.305101	0.4676

The StatAdvisor
The statistic displayed in this table tests the null hypothesis that the standard deviations of a within each of the 4 levels of B.temp is the same. Of particular interest is the P-value. Since the P-value is greater than or equal to 0.05, there is not a statistically significant difference amongst the standard deviations at the 95.0% confidence level.

The table also shows a comparison of the standard deviations for each pair of samples. P-Values below 0.05, of which there are 0, indicate a statistically significant difference between the two sigmas at the 5% significance level.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 2- Presentación a revista

Gmail Alessandra Palomino <alessandrapc1997@gmail.com>

Manuscript submitted to Journal of Food Processing and Preservation

Journal of Food Processing and Preservation <jfpp@hindawi.com> 22 de octubre de 2023, 07:00
Responder a: Journal of Food Processing and Preservation <saranya.chandrasekaran@hindawi.com>
Para: Alessandra Palomino-Cáceres <alessandrapc1997@gmail.com>

Hindawi

Dear Dr. Alessandra Palomino-Cáceres,

The manuscript titled "Modeling of desorption isotherms and drying kinetics with hot air of Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing, 1843" has been submitted to Journal of Food Processing and Preservation by Paul Martín Baltazar Guerrero.

You are listed as a co-author on this submission. The submitting author is solely responsible for communicating with the journal and managing communication between co-authors. If you disagree with being listed as a co-author on this manuscript, please reply to this email.

Kind regards,
Saranya Chandrasekaran
Journal of Food Processing and Preservation

This email was sent to alessandrapc1997@gmail.com. You have received this email in regards to the account creation, submission, or peer review process of a paper submitted to a journal published by Hindawi Limited.
Hindawi Limited, 3rd Floor, Adam House, 1 Fitzroy Square, London, W1T 5HF, United Kingdom.
Hindawi respects your right to privacy. Please see our privacy policy for information on how we store, process, and safeguard your data.

Unsubscribe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°058-DACBM-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2021

Lima, 13 de mayo del 2021

Por medio del presente se emite la resolución de aprobación del proyecto de bachiller de la estudiante Alessandra Piedad Palomino Cáceres:

VISTO:

Los Informes de la Comisión de investigación de la Carrera de Biología Marina, sobre la revisión y aprobación de los proyectos de Trabajos de Investigación - como requisito para el egreso de la Carrera de Biología Marina.

CONSIDERANDO:

- El Reglamento de Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos - DGI-ICV-MAN-01, febrero 2018.

- La Resolución Directoral Académica de Carrera N° 010-DACBM-DAFCVB-U. CIENTIFICA-2018.

- Los Lineamientos para la elaboración del Trabajo de Investigación para el Grado de Bachiller y Trabajo de Tesis para el Título Profesional de la carrera de Biología Marina – FCV – BIM -POL-04.

- Que, la estudiante a continuación detallada, han cumplido con presentar el proyecto de Trabajo de investigación bajo la responsabilidad de su asesor,

- Que el Comité de Investigación de la Carrera de Biología Marina, ha emitido una evaluación favorable y recomienda la inscripción del trabajo de investigación citado.

Se expide la presente Resolución:

ESTUDIANTE:	ALESSANDRA PIEDAD PALOMINO CÁCERES
TÍTULO:	Cinética de secado de Chondracanthus chamissoi (C.Agardh) Kützing, 1843 a diferentes temperaturas
ASESOR:	Blgo. Paul Martín Baltazar Guerrero
CO- ASESOR:	Mg. Oscar Reategui Arevalo
N° REGISTRO:	840-2020-PREB5
N° C. ÉTICA:	N° 069-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2021

SE RESUELVE:

1º **APROBAR** el mencionado proyecto de Trabajo de Investigación.

2° Declarar a la Estudiante de la Carrera Biología Marina, expedito para la realización del Trabajo de Investigación aprobado.

3º Disponer la inscripción del Trabajo de Investigación en el Registro de Trabajos de Investigación de la Universidad Científica el Sur.

Regístrese, comuníquese y archívese.



DRA. SONIA VALLE RUBIO
DIRECTORA ACADÉMICA
CARRERA BIOLOGÍA MARINA

SOLICITUD DE CONVALIDACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN A TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL

Lima, 22 de marzo del 2023

Señor
FREDDY DANIEL BARONA NARVÁEZ
Responsable de Investigación de la carrera de Biología Marina
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De mi consideración,

En cumplimiento de la ley de Bachillerato Automático "Ley N° 31359 – ley que modifica la décima cuarta disposición complementaria transitoria de la ley 30220, Ley Universitaria, a fin de extender el plazo para obtener el bachillerato automático hasta el año académico 2023", y en coordinación con mi asesor(a) **Paul Martin Baltazar Guerrero** ambos de acuerdo y asumiendo todas las responsabilidades que conlleve este proceso, así como la no modificación de los pagos por asesoría del trabajo de bachiller; solicito se convalide mi trabajo de investigación para optar al grado de Bachiller, el cual tiene como título **Cinética de secado e isotermas de desorción de Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing, 1843 a diferentes temperaturas**, aceptado en la Resolución Directoral Académica N° 010-DACBM-DAFCVB-U. CIENTIFICA-2018 el 13 de mayo del 2021, como tesis para la obtención del Título Profesional de Biólogo(a) Marina.

Es propicia la ocasión para reiterarle mi estima y consideración personal.

Atentamente,



ALESSANDRA PIEDAD PALOMINO CACERES
TESISTA



PAUL MARTIN BALTAZAR GUERRERO
ASESOR

T // (511) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe