

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE
ADSORCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium
pallidicaule*)”**

**EFFECT OF TEMPERATURE ON THE ADSORPTION ISOTHERMS
OF CAÑIHUA FLOUR**

AUTOR: Bachiller, Adolfo Javier Pérez Malca

ASESOR: M. Sc. Gabriela Del Carmen Barraza Jáuregui

TRUJILLO – PERÚ

2023

“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE
HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)”

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

Br. PEREZ MALCA ADOLFO JAVIER

Sustentada y aprobada, ante el siguiente Jurado:



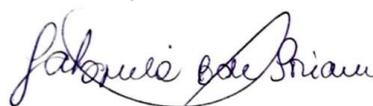
Dr. Raúl Benito Siche Jara
PRESIDENTE



Ing. Gregorio Mayer Ascón Dionicio
SECRETARIO



MSc. Nilson Deonil Campos Vasquez
MIEMBRO VOCAL



MSc. Gabriela Barraza Jáuregui
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mi persona, por hacer notar que ha estado conmigo siempre al darme fortaleza en todo momento.

A mis padres, por todo lo que vienen haciendo para hacer de mí una persona de bien, por enseñarme a ser un luchador y por mostrarme que en esta vida nada se consigue sin esfuerzo.

A mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mi familia en general por brindarme su apoyo y compartir conmigo buenos y malos momentos. Y a mis amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

AGRADECIMIENTO

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, por protegerme en todo momento, por mostrarme a través de su luz los caminos correctos de la vida y por darme fortaleza y fe para poder lograr los objetivos que me trazo.

A mis padres, por su amor, su apoyo incondicional y estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis amigos por su apoyo incondicional ya quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje y conocimientos.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo, por haber contribuido con sus conocimientos y experiencias para mi formación profesional.

A la M.Sc. Ing. Gabriela Barraza Jáuregui, docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, mi asesora, gracias por su tiempo y dedicación para la realización de este trabajo.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1. Materiales	3
2.2. Metodología	3
2.2.1 Análisis proximal	3
2.2.2 Contruccion de las isothermas de sorción	3
2.2.3 Modelado de las isothermas	4
2.2.4 Método de cálculo de la vida útil	5
2.3. Análisis estadístico	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1. Composición de la harina de cañihua	7
3.2. Isothermas de adsorción de harina de cañihua	7
3.3. Calculo de los parametros del modelo para la isoterma de adsorción	11
3.4. Efecto de la temperatura en la isoterma de adsorción de harina de cañihua.....	19
3.5. Calculo de la vida útil	22
4. CONCLUSIONES	24
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
5. ANEXOS	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición centesimal de la harina de cañihua.....	7
Tabla 2. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua a 25°C.....	8
Tabla 3. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua 35 °C.....	9
Tabla 4. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua 45 °C.....	10
Tabla 5. Parámetros a 25 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura).....	12
Tabla 6. Parámetros a 35 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura).....	13
Tabla 7. Parámetros a 45 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura).....	14
Tabla 8. Análisis de varianza de los parámetros del modelo GAB.....	20
Tabla 9. Prueba de Tukey para el parámetro “Xm” del modelo GAB.....	20
Tabla 10. Prueba de Tukey para el parámetro “C” del modelo de GAB.....	21
Tabla 11. Prueba de Tukey para el parámetro “K” del modelo de GAB.....	21
Tabla 12. Las variables que se utilizaron para predecir la vida útil de la harina de cañihua.....	22
Tabla 13. Vida útil estimada a condiciones habituales de almacenamiento y comercialización.....	23

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Isotermas experimentales de adsorción de la harina de cañihua a las temperaturas 25 °C, 35 °C y 45°C	11
Figura 2. Isoterma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de cañihua a 25 °C.....	16
Figura 3. Isoterma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de cañihua a 35 °C.....	16
Figura 4. Isoterma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de cañihua a 45 °C.....	17
Figura 5. Isoterma de adsorción predicha de harina de cañihua a 25 °C, 35 °C y 45 °C mediante el modelo de GAB.....	18

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura de adsorción a 25, 35 y 45 ° C en harina de cañihua. Los datos experimentales fueron ajustados con los modelos GAB, BET, Henderson y Oswin y se estimó la vida útil empleando el modelo de Heiss y Eichner.

Muestras de 1 g de harina de cañihua fueron colocados en el analizador de humedad mantenidas a la temperatura específica (25, 35 y 45 ° C) hasta llegar a la condición de humedad en equilibrio. La actividad de agua se determinó por detección del punto de rocío con un equipo Aqualab Decagon Serie 4.

Los datos experimentales se modelaron con ecuaciones de GAB, BET, Caurie y Oswin. El análisis de varianza determinó el efecto significativo de la temperatura en las isothermas de adsorción de harina de cañihua, mostrando que a medida que se incrementa la temperatura, la isoterma de adsorción tiende a desplazarse a la parte inferior derecha. El modelo de GAB presentó un buen ajuste de los datos experimentales con coeficientes de determinación superiores a 0.9 y un % E menor a 10%, reportando valores de monocapa (0.049, 0.039, 0.038 g agua /g ms). Con el modelo de Heiss y Eichner, basado en un factor crítico bajo condiciones de almacenamiento dadas (90% HR), se logró estimar el tiempo de vida útil de harina de cañihua, siendo 40 y 16 y 21 meses a las temperaturas de 25, 35 y 45 ° C respectivamente, valores superiores del requerimiento de 12 meses, establecido por la norma técnica peruana.

Palabras clave: Temperatura, adsorción, vida útil, isoterma.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the effect of the adsorption temperature at 25, 35 and 45 °C in cañihua flour. The experimental data were adjusted with the GAB, BET, Henderson and Oswin models and the useful life was estimated using the Heiss and Eichner model.

Samples of 1 g of cañihua flour were placed in the humidity analyzer and kept at the specific temperature (25, 35 and 45 °C) until reaching the equilibrium humidity condition. The water activity was determined by detecting the dew point with an Aqualab Decagon Series 4 equipment.

The experimental data were modeled with GAB, BET, Caurie and Oswin equations. The analysis of variance determined the significant effect of temperature on the adsorption isotherms of cañihua flour, showing that as the temperature increases, the adsorption isotherm tends to shift to the lower right. The GAB model presented a good fit of the experimental data with determination coefficients greater than 0.9 and a % E less than 10%, reporting monolayer values (0.049, 0.039, 0.038 g water / g ms). With the Heiss and Eichner model, based on a critical factor under given storage conditions (90% RH), it was possible to estimate the useful life of cañihua flour, being 40 and 16 and 21 months at temperatures of 25, 35 and 45 °C respectively, higher values of the 12-month requirement, established by the Peruvian technical standard.

Keywords: Temperature, adsorption, shelf life, isotherm.

1. INTRODUCCION

En el Perú, los mayores niveles productivos de cañihua registran como primer lugar la región de Puno, seguido de Cusco y Arequipa, aunque la mayor producción se concentra a orillas del lago Titicaca, en el altiplano puneño, donde se cultiva alrededor de los 3500 y 4200 m.s.n.m y es considerada un súper alimento debido a su alto valor nutricional. Es tan resistente que puede germinar a 5 °C y florecer a 10 °C (Alvarado, 2017).

La harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), es un producto altamente demandado y consumido por los residentes de las zonas rurales del país, en diversas presentaciones como bebidas, en yogurt, leche y mazamoras. Presenta un gran nivel acumulado de fibra en comparación con otros tipos de granos, convirtiéndose de esta manera en una gran alternativa en la reducción y control de la lipoproteína, llamada colesterol malo (Alvarado, 2017).

Sobre su valor nutricional, su consumo permite la regulación de los niveles de triglicéridos, colesterol, permitiendo combatir al mismo tiempo la anemia, ello producto de sus excelentes niveles de hierro. “Es una maravilla pues además tiene grasa, carbohidratos, un tipo de aminoácido que es la lisina, que no tiene el trigo ni la cebada, y que sirve para fortalecer el sistema inmunológico tanto en niños como en adultos” (Poma, 2018).

En el periodo de acopio, un alimento deshidratado tiende a incrementar su nivel de humedad llegando hasta un límite aceptable perteneciente a una actividad de agua crítica, desde ese punto puede presentarse un desgaste de la parte física, química o microbiológica, influyendo de forma negativa en la vida útil y propia calidad del producto. Por su parte, la producción de una harina se identifica como un tipo de proceso simple, permitiendo la obtención de óptimas particularidades de acopio de un determinado producto, ello debido a que se presenta una notoria disminución de las actividades líquidas, permitiendo alargar en temperatura ambiente, su vida útil de los productos elaborados, gracias al empleo de una empaquetadura adecuada para la harina a partir de cañihua.

Debido a ello, la actividad de agua se convierte en un factor fundamental permitiendo establecer la vida útil de los productos alimenticios. Asimismo, las isotermas de sorción de humedad presentan cualidades muy particulares dentro del proceso de secado y en lo concerniente a la estabilidad en el almacenamiento del producto seco o producto de poca humedad. Por otro lado, el funcionamiento de isotermas de sorción son necesarias debido a que permiten identificar su vínculo con el aspecto físico, químico y estabilidad del propio producto deshidratado (Prieto y Gordillo, 2006). Debido a lo mencionado anteriormente, en el presente estudio se determinó isotermas de adsorción de la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en diferentes temperaturas, en un esfuerzo por evaluar e identificar las mejores condiciones para su almacenamiento con el fin de determinar su estabilidad.

En la presente investigación ha identificado el siguiente problema ¿Cuál es el efecto de la temperatura (25 °C, 35 °C y 45 °C) en las isotermas de adsorción de *Harina de cañihua* (*Chenopodium pallidicaule*)?

Consignando como un objetivo general:

- Evaluar el efecto de tres temperaturas (25 °C, 35° C y 45° C) en las isotermas de adsorción de la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*).

Además, objetivos particulares:

- Crear las isotermas de sorción de la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) para las tres temperaturas pertinentes (25 °C, 35 °C y 45° C).
- Utilizar los modelos GAB, BET, Henderson y Oswin para simular los datos experimentales.
- Calcular la vida útil en la harina de cañihua envasada, a las tres temperaturas de interés (25, 35 y 45° C).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales

El componente principal empleado es la *harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule)*, adquirida en un Supermercado de Trujillo, mediante una presentación de 200g., envasado en una bolsa de hecha de polietileno de 100 μ m de densidad.

2.2 Metodología

2.2.1 Análisis Proximal

Se determinó el nivel de humedad por secado en estufa, así como el contenido de las proteínas mediante el método Kjeldahl (factor 6.25), el contenido del total de la grasa a través del procedimiento de Soxhlet y finalmente el contenido de los carbohidratos totales por diferencia. Los resultados encontrados fueron presentados mediante porcentajes en base seca (% b.s.).

2.2.2 Construcción de las isotermas de adsorción

El equipo que se utilizó fue el analizador de isotermas (Aqualab VSA, Meter Group, EEUU), en el cual como primer paso se calibró la tara, luego se agregó la muestra (1 gramo), se programó según los parámetros necesarios teniendo en cuenta un rango de aw desde 0.01 – 0.9 y las temperaturas de 25, 35 y 45 °C.

Luego de iniciar el ensayo se generaron los primeros puntos, y los datos arrojados por el software como aw y contenido de humedad fueron analizados empleando los siguientes modelos: Oswin, GAB, Henderson y BET.

2.2.3 Modelado de las isotermas

Cada dato experimental fue modelado mediante ecuaciones de Oswin, GAB, Henderson y BET, modelos comúnmente empleados en la modelación de isotermas de adsorción de alimentos (Al-Muhtaseb et al., 2002).

En relación a los alimentos se suelen modelar por lo general mediante la ecuación de Guggenheim, Andersen de Boer (GAB) (ecuación 1), un tipo de modelo empleado frecuentemente.

$$X_{eq} = \frac{X_m * C * K * a_w}{(1 - K * a_w) * (1 - K * a_w + C * K * a_w)} \quad (1)$$

Dónde:

a_w : actividad del agua

X_{eq} : Humedad en equilibrio (g agua / g m.s.)

X_m : Valor de monocapa (g. agua / g m.s.)

C, K, A, B: constante

Otro modelo teórico más aplicable en los productos alimenticios es el presentado por S. Brunauer, P. Emmett y E. Teller (B.E.T.). Este modelo se caracteriza por representar de manera experimental la A_w , menor a 0.5, bastando para poder establecer la capa mono-molecular. Esta ecuación es de gran importancia ya que facilita el cálculo del peso de la propia capa, así como del calor de sorción (Ecuación 2).

$$X_{eq} = \frac{X_m * C * K * a_w}{(1 - a_w) * (1 - a_w + C * a_w)} \quad (2)$$

Dónde:

a_w : actividad de agua

X_{eq} : Humedad en equilibrio (g agua / g m.s.)

X_m : Valor de monocapa (g. agua / g m.s.)

C, K: Constante

Henderson, en su modelo, se presenta mediante la ecuación número 3.

$$X_{eq} = \frac{-\ln(1-a_w)^{\frac{1}{B}}}{A} \quad (3)$$

Dónde:

a_w : actividad del agua

X_{eq} : Humedad en equilibrio (g agua / g m.s.)

A, B: constante

Oswin, por su parte, proporciono un modelo comúnmente empleado en las descripciones de sorción de agua entorno a alimentos. De esta manera la representación de dicha ecuación facilita el desarrollo del aspecto sigmoide de una isoterma de sorción.

$$X_{eq} = A \cdot \left(\frac{a_w}{(1-a_w)} \right)^B \quad (4)$$

Dónde:

a_w : actividad del agua

X_{eq} : Humedad en equilibrio (g agua / g m.s.)

A, B: constante

2.2.4 Método de cálculo de la vida útil

La harina de cañihua es un producto seco, siendo la humedad un factor crítico en el cálculo de del tiempo de vida, por ello se recurrió a emplear el modelo propuesto por Heiss y Eichner. Bajo dicho modelo se estima la duración de humidificación de los productos a partir de su humedad inicial hasta llegar a su humedad crítica. Esta prueba calcula el periodo de humidificación de un producto desde su fase inicial hasta su fase crítica (pudiendo deteriorarse) tomando en consideración las características de la permeabilidad de los envases, así como toda condición ambiental externa (Ikhu-Omoregbe, 2006).

$$t_s = \frac{\ln[(X_e - X_i)/(X_e - X_c)]}{K_s (A/W) (P_0/S)} \quad (5)$$

Dónde:

Ks: Permeabilidad de empaque (kg. m-2. Pa-1 día-1)

tS: tiempo de vida en el anaquel del alimento envasado (días)

A: área de empaque (m2)

Ws: materia seca (kg)

P0: Presión de vapor de agua a la temperatura de almacenamiento (Pa)

S: Pendiente de la isoterma entre la humedad crítica y de equilibrio.

Xi: humedad inicial (kg agua / kg materia seca)

Xe; humedad de equilibrio (kg agua / kg materia seca)

Xc: humedad de seguridad (kg agua / kg materia seca)

2.3 Análisis estadístico

Para el modelamiento de la ganancia de humedad en referencia a la A_w para cada temperatura de deterioro acelerado se trabajó empleando los modelos de Henderson, GAB, BET y Oswin, considerando como mejor modelo al que presentó mayor coeficiente de determinación (R^2). Con el modelo de la isoterma se obtuvieron los valores de la velocidad de ganancia de humedad (pendiente), con la se determinó la vida útil. Posteriormente, se estimó la vida a condiciones habituales (25 °C). Para determinar diferencias entre los parámetros estimados a través del modelo GAB, realizándose la prueba Levene como supuesto, al cumplirse este se aplicó el análisis de varianza para determinar efecto de la temperatura y posterior prueba de Tukey con una confiabilidad de 95,0 %. Para el modelamiento y procesamiento de data fue trabajado con el software R 4.0.2, con los paquetes: nls2, proto, agricolae y car.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición de la harina de cañihua

Se analizó la composición proximal de la harina de cañihua, que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1. La composición centesimal de harina de cañihua.

Compuesto	Contenido
Humedad (%)	6.92 ± 0.03
Carbohidratos (b. s)	61.7 ± 0.05
Proteínas (b. s)	17.6 ± 0.06
Fibra (b. s)	11 ± 0.03
Grasa Total (b. s)	8.3 ± 0.04

Tal como se observa, dichos resultados resultan ser semejantes a los presentados por Porras et al. (2014), para carbohidratos (64.4 %) grasa total (8.1) y proteínas (15.8 %), cercanos a los encontrados por Cabellos et al. (2016) para fibra (9.8 %) y humedad (8.2 %), para harina de cañihua y por Huamán (2016) para proteína (15 %) y fibra (9.8 %) en harina de castañas.

Para la caracterización respecto a la granulometría utilizamos una malla N° 60 y 62 g de muestra de harina de cañihua obteniendo un tamaño de partícula de 250 μ m.

3.2. Isotermas de adsorción de harina cañihua

En relación con las tres temperaturas evaluadas (25 °C, 35 °C y 45 °C), las tablas 2, 3 y 4 muestran los distintos valores de humedad en medida de las muestras de harina de cañihua correspondientes a cada actividad del agua. Estos valores son la media de tres repeticiones.

Tabla 2. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua a 25 °C

AW	Xm (25 °C)
0,10	0,0367 ± 0,0016
0,15	0,0424 ± 0,0026
0,20	0,0501 ± 0,0012
0,25	0,0557 ± 0,0013
0,30	0,0596 ± 0,0005
0,35	0,0636 ± 0,0004
0,40	0,0694 ± 0,0006
0,45	0,0751 ± 0,0002
0,50	0,0826 ± 0,0006
0,55	0,0895 ± 0,0016
0,60	0,0987 ± 0,0023
0,65	0,1074 ± 0,0030
0,70	0,1199 ± 0,0035
0,75	0,1359 ± 0,0008
0,80	0,1561 ± 0,0008
0,85	0,1838 ± 0,0021
0,90	0,2209 ± 0,0026

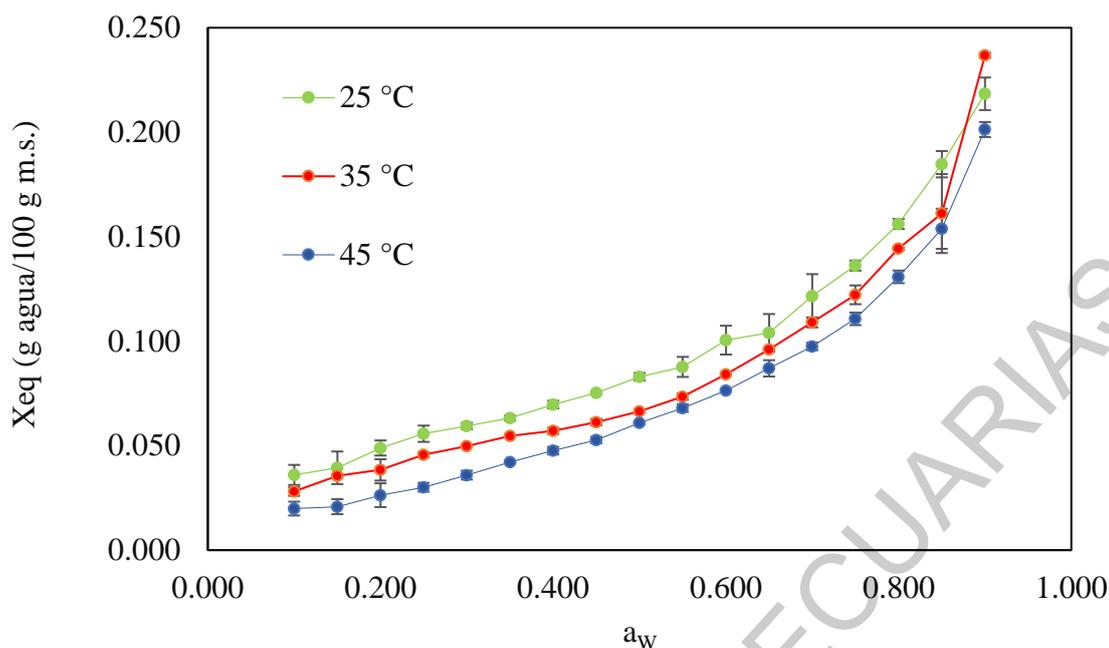
Tabla 3. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua a 35 °C

AW	Xm (35 °C)
0, 10	0, 0274 ± 0, 0007
0, 15	0, 0355 ± 0, 0003
0, 20	0, 0403 ± 0, 0017
0, 25	0, 0459 ± 0, 0004
0, 30	0, 0498 ± 0, 0001
0, 35	0, 0548 ± 0, 0002
0, 40	0, 0577 ± 0, 0005
0, 45	0, 0617 ± 0, 0005
0, 50	0, 0666 ± 0, 0002
0, 55	0, 0741 ± 0, 0005
0, 60	0, 0843 ± 0, 0002
0, 65	0, 0962 ± 0, 0001
0, 70	0, 1099 ± 0, 0008
0, 75	0, 1239 ± 0, 0015
0, 80	0, 1445 ± 0, 0002
0, 85	0, 1684 ± 0, 0063
0, 90	0, 2371 ± 0, 0004

Tabla 4. Contenido de humedad de equilibrio de harina de cañihua correspondiente a cada actividad de agua a 45 °C

AW	Xm (45 °C)
0, 10	0, 0187 ± 0, 0011
0, 15	0, 0222 ± 0, 0012
0, 20	0, 0277 ± 0, 0019
0, 25	0, 0309 ± 0, 0007
0, 30	0, 0367 ± 0, 0007
0, 35	0, 0422 ± 0, 0002
0, 40	0, 0477 ± 0, 0006
0, 45	0, 0533 ± 0, 0005
0, 50	0, 0607 ± 0, 0002
0, 55	0, 0683 ± 0, 0006
0, 60	0, 0765 ± 0, 0001
0, 65	0, 0868 ± 0, 0013
0, 70	0, 0978 ± 0, 0006
0, 75	0, 1117 ± 0, 0010
0, 80	0, 1316 ± 0, 0010
0, 85	0, 1562 ± 0, 0032
0, 90	0, 2007 ± 0, 0012

Se puede observar que conforme incrementa la actividad de agua, aumenta el contenido de la humedad de equilibrio. Ello se debe posiblemente a que, al aumentar la temperatura permite la activación de las moléculas de agua, aumentando de esa manera su energía, siendo menos estables y conllevando de esta manera a una ruptura de enlaces de los sitios activos de los alimentos (Cassani et al., 2009).



Figuras 1. Isotermas experimentales de adsorción de la harina de cañihua a las temperaturas 25 °C, 35 °C y 45°C.

La figura 1, muestra un proceder clásico en las curvas, conforme la temperatura aumenta, la curva se desplaza hacia abajo, y mostrando ligera superposición de las isotermas para las temperaturas de 25°C y 35 °C entre los datos numéricos de A_w de 0.85 y 0.9. Sin embargo, debido a la diversidad de alimentos, resulta complicado realizar una definición teórica generalizada que permita detallar de manera precisa las isotermas de adsorción a extensos rangos de A_w , ello como producto de los diferentes aspectos como, las depresiones de A_w , propiedades higroscópicas de sus constituyentes, asimismo las diversas interacciones del agua con los propios constituyentes de los alimentos (Zug, 2004).

3.3. Cálculo de los parámetros del modelo para la isoterma de adsorción

En las Tablas 5, 6 y 7 se observan los resultados de los cálculos de los parámetros del modelo empleados a 25°C, 35°C y 45°C, obteniéndose a través del software R 4.0.2, con los paquetes: nls2, proto, agricolae y car.

Tabla 5. Parámetros a 25 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura)

Modelo	Componentes	Temperatura de 25 °C
GAB	Xm	0,049 ± 0,001
	C	25,065 ± 5,540
	K	0,869 ± 0,005
	R ²	0,999 ± 0,000
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%
BET	Xm	0,043 ± 0,000
	C	35,365 ± 9,863
	R ²	0,987 ± 0,001
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%
HENDERSON	A	65,807 ± 5,202
	B	1,528 ± 0,035
	R ²	0,972 ± 0,002
	ECM (%)	0,005% ± 0,000%
OSWIN	A	0,082 ± 0,000
	B	0,455 ± 0,003
	R ²	0,997 ± 0,002
	ECM (%)	0,001% ± 0,000%

Tabla 6. Parámetros a 35 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura)

Modelo	Componentes	Temperatura de 35 °C
GAB	Xm	0,038 ± 0,000
	C	27,514 ± 2,014
	K	0,931 ± 0,001
	R ²	0,995 ± 0,003
	ECM (%)	0,001% ± 0,001%
BET	Xm	0,036 ± 0,000
	C	27,289 ± 0,594
	R ²	0,970 ± 0,004
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%
HENDERSON	A	51,981 ± 4,119
	B	1,342 ± 0,027
	R ²	0,973 ± 0,003
	ECM (%)	0,005% ± 0,001%
OSWIN	A	0,066 ± 0,001
	B	0,572 ± 0,001
	R ²	0,992 ± 0,007
	ECM (%)	0,002% ± 0,002%

Tabla 7. Parámetros a 45 °C. (Valores de cada variable y según modelo y temperatura)

Modelo	Componentes	Temperatura de 45 °C
GAB	Xm	0,039 ± 0,000
	C	6,284 ± 0,246
	K	0,899 ± 0,001
	R ²	0,999 ± 0,001
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%
BET	Xm	0,034 ± 0,000
	C	7,311 ± 0,653
	R ²	0,994 ± 0,005
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%
HENDERSON	A	38,421 ± 1,515
	B	1,147 ± 0,017
	R ²	0,993 ± 0,001
	ECM (%)	0,001% ± 0,000%
OSWIN	A	0,062 ± 0,001
	B	0,535 ± 0,004
	R ²	0,998 ± 0,001
	ECM (%)	0,000% ± 0,000%

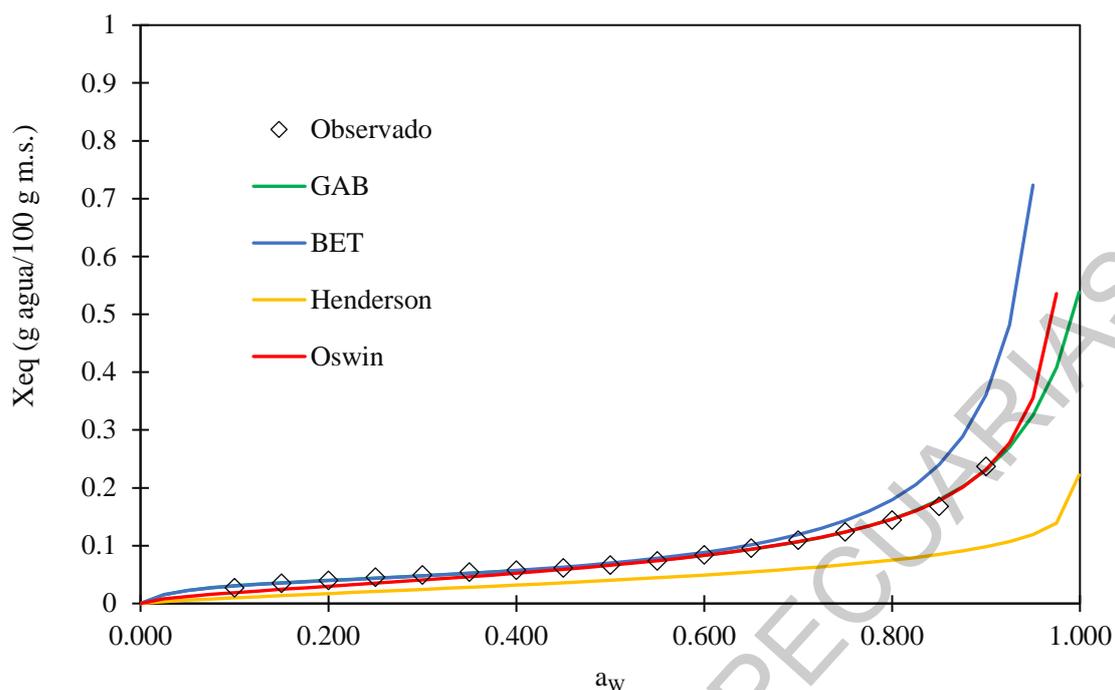
Podemos apreciar que a través del modelamiento usando las ecuaciones dadas, los resultados experimentales obtuvieron un ajuste correcto, otorgando coeficiente de determinación mayores a 0.9 y % E inferior a 10 % en todos los modelos, para 25, 35 y 45°C, tal como se muestra en la Tabla 5, 6 y 7.

Se halló que los modelos de GAB y OSWIN resultaron ser más adecuados; al presentar mayores valores de R^2 0.999 y 0.998, asimismo el modelo BET Y HENDERSON no tuvieron un ajuste aceptable al obtener un R^2 inferior y los % E más altos. Sin embargo, se eligió el modelo GAB en lugar del modelo OSWIN porque tenía un valor % E más bajo y un coeficiente de determinación R^2 mayor.

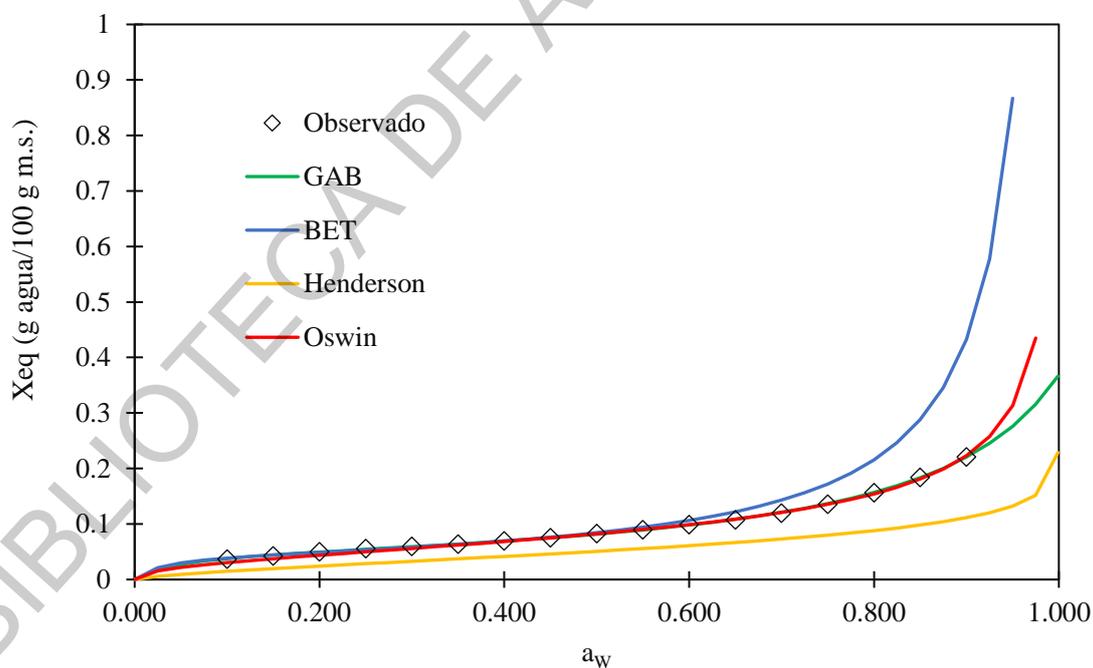
A lo largo de los años, se han realizado diversas expresiones matemáticas las cuales se ajustan a los diferentes datos experimentales registrados, a partir de los rasgos fisicoquímicos y termodinámicos. Es por ello, que entre los modelos matemáticos mayormente empleados tenemos el GAB (0.01 a 0.95 de A_w) y BET (0.01 a 0.50 de A_w), sin embargo, modelo que mejor permite describir mejor el fenómeno termodinámico del agua en el alimento, es GAB, en todo el espectro de las isothermas de adsorción (Prieto y Gordillo, 2006)

Por su parte, el modelo matemático GAB presenta los siguientes parámetros: X_m , que hace referencia a la humedad encontrada en la monocapa, correspondiendo a la humedad del producto, ello cuando los diferentes puntos de adsorción primarios se encuentran saturados por las propias moléculas de agua. Los otros parámetros del presente modelo es C y K, el primero de ellos se vincula con el diferencial potencial a nivel químico que existe entre el agua de las capas que están por encima de la monocapa y la propia agua de esta última, el segundo de ellos describe la energía que se necesita para unir las áreas activas y los átomos de agua (Timmermann et al; 2001). Por otro lado, los valores obtenidos de K fueron inferiores a la unidad, tal como lo menciona Al-Muhtaseb et al (2004).

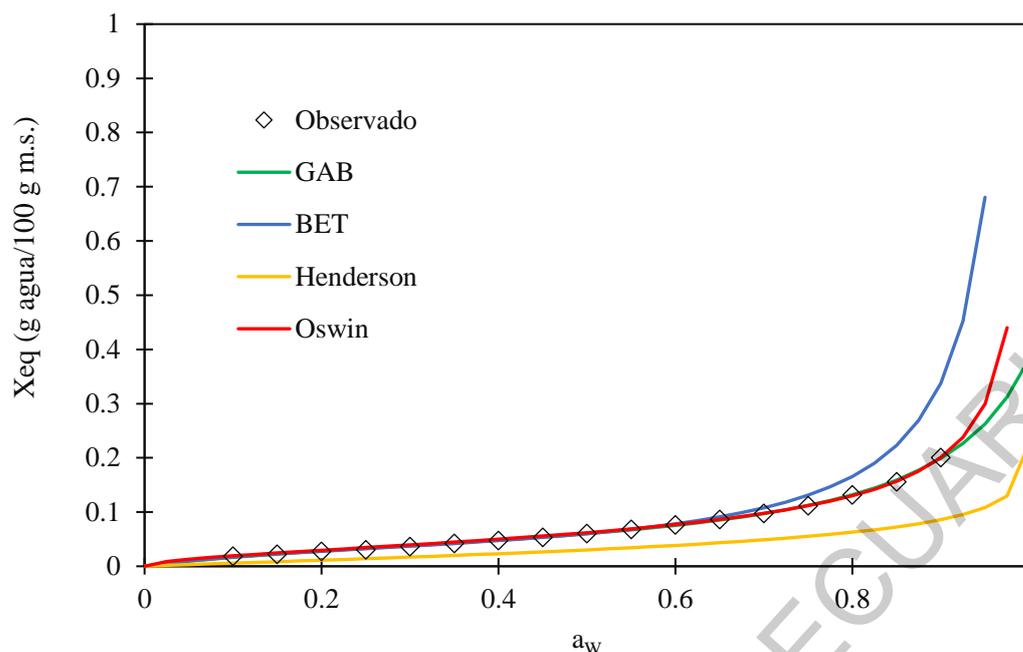
En diversos trabajos de investigación el modelo de GAB presenta mejores ajustes en los datos experimentales, por ello es utilizado con frecuencia en varios alimentos, siendo la capa monomolecular (X_m) un parámetro elemental en el establecimiento de los requerimientos para el almacenaje de los alimentos (Ayala-Aponte, 2011) ($A_w=0.1-0.85$).



Figuras 2. Isotherma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de la cañihua a 25 °C.



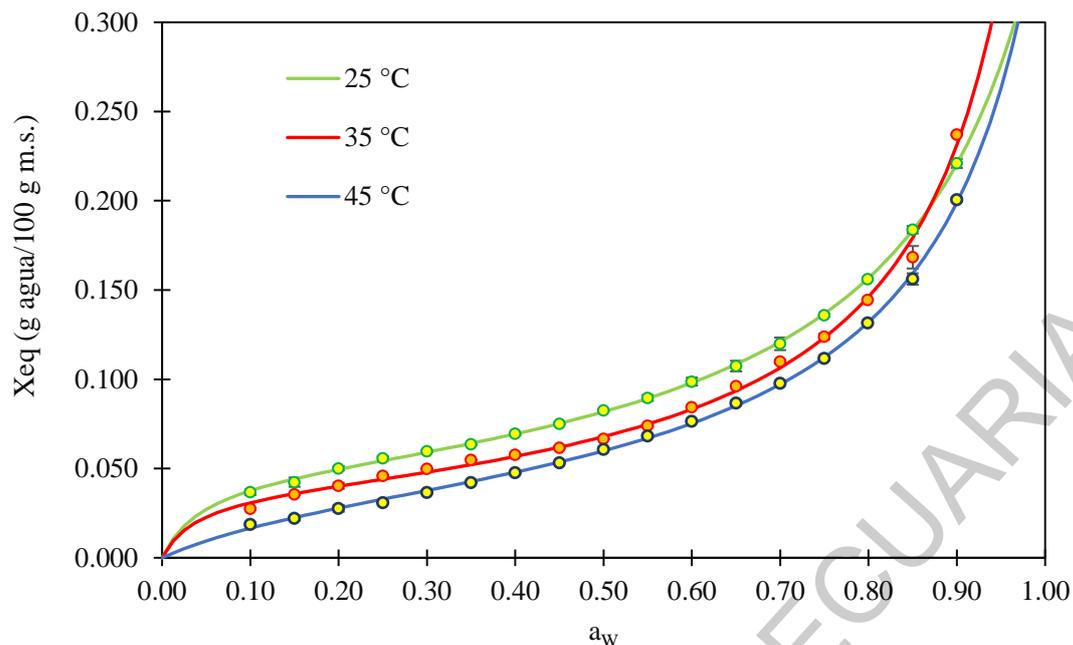
Figuras 3. Isotherma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de la cañihua a 35 °C.



Figuras 4. Isoterma de adsorción experimental y modelos GAB, BET, HENDERSON y OSWIN de harina de la cañihua a 45 °C

Las figuras 2, 3 y 4 muestran las distintas curvas experimentales y calculadas para los modelos que se consideraron, y está claro que la curva proyectada del modelo GAB se ajusta mejor a los datos experimentales.

Hasta que se alcanzan valores de actividad del agua (a_w) superiores a 0,6, un alimento sólo absorbe una pequeña cantidad de humedad. En este punto, la interacción del hidrógeno con los grupos OH⁻ de las superficies de los azúcares puede influir en la adsorción de agua, conforme aumenta el valor A_w, de esta manera el agua que fue absorbida provoca la disolución de los cristales de azúcar que se encuentran en los alimentos, provocando una disociación de las interacciones de azúcar-azúcar creando una solución, que provoca incremento de humedad de los alimentos. La acción del agua no tiene una gran magnitud capaz de romper las moléculas de azúcar a valores bajos de a_w, sin embargo, a valores altos de a_w se crean muchas más disociaciones de las moléculas de azúcar (Djnedoubi, 2013)



Figuras 5. Isotherma de adsorción predicha de la harina de cañihua a 25 °C, 35 °C y 45 °C mediante el modelo GAB.

La figura 5 representa el modelado de las isoterma de adsorción de la harina de cañihua a 25 °C, 35 °C y 45 °C en el rango de actividad del agua de 0.0 a 1.0 utilizando la ecuación GAB.

Una de las características de las isoterma de adsorción la curva sigmoideal clásica creada (Figura 5), la cual es detallada en base a los distintos niveles de adsorción, siendo dicha isoterma tipo II en forma de S, propia de un producto soluble que muestra una inclinación asintótica mientras que la A_w se va acercando a la unidad, es una de la más frecuente dentro de las 5 propuestas por Van der Waals (Gálvez y otros, 2006; Pulla y otros, 2011; Gil y otros, 2013).

Aviara (2004) lo subraya, “con el aumento de temperatura, ocurren daños en los puntos activos de unión entre agua y la fase sólida del alimento; reduciendo los puntos activos en superficie donde se unen las moléculas de agua, debido a cambios químicos y físicos”.

Según Shafiur (2013) el valor de X_m se refiere a la cantidad de agua fuertemente adsorbida a grupos polares específicos, es fundamental ya que “define la estabilidad física

y química de los alimentos, debido a la influencia directa sobre la oxidación de lípidos, actividad enzimática, oscurecimiento no enzimático, preservación del sabor y estructura del alimento, entre otros”.

De los valores de monocapa mostrados en la tabla 2, 3 y 4 y calculados a través del modelo GAB, el de mayor valor fue a temperatura de 35 °C y menores a 25 °C y 45°C respecto a los obtenidos mediante el modelo BET, estos fueron mayores a los brindados por Loayza (2015), quien determinó una serie de valores de monocapa para quinua expandida confitada entre 0.0179 y 0.0227 g H₂O/g ms; pero más cercanos a los reportados por Gavidia (2016), 0, 0402 y 0,0519 g H₂O/g ms, para la harina de maca; Narciso (2018), 0,045 y 0,045, para trigo expandido confitado; y Durakova y Menkov (2005) 0.0528 a 0.0726 g H₂O/g ms, para la harina tostada de garbanzo.

3.4. Efecto de la temperatura en la isoterma de adsorción de harina de cañihua

La prueba de Levene (anexo 5) indicó la presencia homogénea de varianzas ($p \geq 0.05$) para las variables X_m , C y K, debido a ello se realizó análisis de la varianza para luego realizar prueba de Tukey.

Tabla 8. Análisis de la varianza de los parámetros del modelo GAB

Parámetro	Origen	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Xm	Temperatura	2	2.11E - 04	1.05E - 04	316.330	0.000
	Residuales	6	2.00E - 06	3.33E - 07		
	Total	8	2.13E - 04			
C	Temperatura	2	809.38	404.69	34.873	0.000
	Residuales	6	69.63	11.60		
	Total	8	879.01			
K	Temperatura	2	5.89E - 03	2.95E - 03	401.880	0.000
	Residuales	6	4.40E - 05	7.33E - 06		
	Total	8	5.94E - 03			

Tal como se observa, el análisis de varianza indicó que la temperatura registró un efecto de gran significancia ($p < 0.05$) en cada parámetro del modelo GAB (Xm, C y K), empleados para estimar la isoterma de la harina de cañihua.

Tabla 9. Prueba de Tukey para el parámetro “Xm” del modelo GAB.

Temperatura (°C)	Xm g agua / g ms	Grupo
25	0,049 ± 0,0008	a
45	0,039 ± 0,0002	b
35	0,038 ± 0,0005	c

El valor del parámetro "Xm" para el modelo GAB es más elevado a 25°C (0.049), luego a 45°C (0.039) y por último a 35°C (0.038), siendo estadísticamente diferentes por presentar letras distintas.

Los valores disminuyeron con el aumento de la temperatura. Se ha informado un efecto similar para muchos alimentos. La relación de la temperatura con la humedad de la monocapa se ha atribuye a una reducción en los sitios activos de sorción como resultado de cambios fisicoquímicos inducidos por el aumento de temperatura (Alabama, 2018)

Tabla 10. Prueba de Tukey para el parámetro “C” del modelo de GAB.

Temperatura (°C)	C	Grupo
35	27, 514 ± 2, 014	a
25	25, 065 ± 5, 540	a
45	6, 284 ± 0, 246	b

El valor del parámetro "C" para el modelo GAB es más elevado a 35°C (27.514), luego a 25°C (25.065), siendo estas dos temperaturas estadísticamente iguales al presentar la misma letra; y seguido de 45 °C (6.284).

Tabla 11. Prueba de Tukey para el parámetro “K” del modelo de GAB.

Temperatura (°C)	K	Grupo
35	0, 931 ± 0, 001	a
45	0, 899 ± 0, 001	b
25	0, 869 ± 0, 005	c

El valor del parámetro "K" para el modelo GAB es más elevado a 35°C (0.931), luego a 45°C (0.899) y por último a 35°C (0.869), siendo estadísticamente diferentes por presentar letras distintas.

3.5. Cálculo de la vida útil

La vida útil de la harina de cañihua (Tabla 12) se calculó utilizando el modelo de Heiss y Eichner. (ecuación 5). Considerándose valores de humedad inicial de 11.2 % en base húmeda, humedad crítica de 13.5 %, basado en la ficha técnica del Programa Qali Warma (2016) y en relación a las numerosas pendientes de isoterma entre el equilibrio (S) y la humedad de seguridad, se emplearon los datos de modelización de la ecuación GAB, que fueron 0,569, 0,775 y 0,684, correspondientes a cada una de las temperaturas. Todos los demás datos se muestran en la tabla.

Tabla 12. Las variables que se utilizaron para predecir la vida útil de la harina de cañihua

Variables	Temperatura (°C)		
	25	35	45
Xc (kg agua / kg m.s.)	0.1561	0.1561	0.1561
Xe (kg agua / kg m.s.) a 87% HR	0.1968	0.1972	0.1732
Xi (kg agua / kg m.s.)	0.1261	0.1261	0.1261
Ks (kg agua / m ² .Pa. día)	9.15E-07	9.15E-07	9.15E-07
A (m ²)	0.02145	0.02145	0.02145
Ws (kgm.s.)	0.1776	0.1776	0.1776
Po (Pa)	3169.9	5629.0	9595.0
S	0.5691	0.7750	0.6839
Espesor (µm)	100	100	100
Vida útil (días)	895.96	681.98	651.81
Vida útil (meses)	29.9	22.7	21.7
Vida útil (años)	2.49	1.89	1.81

En la tabla 12 se observa que de acuerdo a como va aumentando la temperatura de almacenamiento, la vida útil disminuye, esto debido principalmente a que polímeros

como el polietileno, los cuales se ven son afectados si existe incremento en la temperatura, ya que muestran una reducción de coeficiente de solubilidad así como el incremento del coeficiente de difusión ello a causa de una mayor movilidad de los segmentos del polímero así como el aumento del grado energético de moléculas de vapor de agua. A causa de ello, se registra que la permeabilidad del material al vapor de agua incrementa (Graciano et al, 2006), debido a ello, la humedad de la harina de cañihua en su tiempo de almacenaje podría registrar un incremento, teniendo como consecuencia valores de A_w idóneos para el desarrollo microbiano (Casp y Abril, 2003), que es traducido como la reducción significativa de la vida útil.

Tabla 13. Vida útil estimada a condiciones habituales de almacenamiento y comercialización.

Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de vida útil estimado			
	Log ₁₀	Días	Meses	Años
15	3.00	1011.34	33.71	2.81
16	3.00	995.38	33.18	2.76
17	2.99	979.67	32.66	2.72
18	2.98	964.21	32.14	2.68
19	2.98	949.00	31.63	2.64
20	2.97	934.02	31.13	2.59
21	2.96	919.28	30.64	2.55
22	2.96	904.77	30.16	2.51
23	2.95	890.49	29.68	2.47
24	2.94	876.44	29.21	2.43

Se hizo una extrapolación utilizando los tiempos previstos para 25°C, 35°C y 45°C (Anexo 6). Así, se determinó que los tiempos de conservación previstos a 15°C y 24°C (temperaturas típicas de trabajo) y 87% de humedad relativa eran de 1011,34 días (33,71 meses) y 876,44 días (29,21 meses), respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Se evaluó la influencia de la temperatura (25, 35 y 45 °C) sobre las isothermas de la harina de cañihua, y se demostró que la isoterma de adsorción se desplaza hacia la derecha a medida que aumenta la temperatura, siendo este efecto significativo según el análisis de varianza sobre los parámetros calculados (X_m , C y K).

Dado que produjo una excelente correspondencia con los datos experimentales, con coeficientes de determinación mejores que 0,9, % E inferior al 10% y valores de monocapa de 0,038, 0,049 y 0,039 g de agua/100 g de ms, el modelo GAB fue el más eficaz describiendo la isoterma de adsorción en todos los casos.

La vida útil de la harina de cañihua, envasada en bolsas HDPE de 100 μ m de grosor, se calculó utilizando el modelo de Heiss y Eichner (1971), basado en un factor crítico bajo determinadas circunstancias de almacenamiento (90% HR), siendo de 2.5, 1.9 y 1.8 años, respectivamente, a temperaturas de 25, 35 y 45 °C.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-muhtaseb, A.; McMinn, w.; Magee, T. 2004. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: A Review. Institution of Chemical Engineers. Trans IChemE, 80. Part C.

Alvarado, U. 2017. “Elaboración de fideos precocidos a partir de harina de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule allen*) como sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum vulgare*).

Aviara, N. A; Ajibola, O, & Oni, S. 2004. Sorption Equilibrium and Thermodynamic Characteristics of Soya Bean. *Biosystems Engineering* 87(2), 179–190.

Chowdhury, M; Huda, M; Hossain, M. 2005. Isotermas de adsorción de frijol mungo (*Vigna radiata L*). *Journal of Food Engineering*. Bangladesh.

Cabellos, I; Meneses, K; Cayhualla, Y; Horna, E. 2016. Isotermas de adsorción en harina de castañas (*Bertholletia excelsa h.b.k*) en la región Madre de Dios.

Dominguez, I; Azuara, E; Vernon-Carter, E; Beristain, C. 2007. Análisis termodinámico del efecto de la actividad de agua en la estabilidad de nuez de macadamia. *Journal of Food Engineering*. Mexico.

Huamán, Yuri. 2016. Isotermas de harina de castaña (*Bertholletia excelsa h.b.k*) en la región de madre de Dios.”

Huamán, Bruno. 2017. Investigación de Galletas orgánicas de cañihua de producción artesanal.

Ikhu-Omoregbe. 2006. Comparison of the sorption isotherm characteristics of two cassava products. University of KwaZulu-Natal. South Africa. *International Journal of Food Properties*. 1532-2386, 9(2), 167 – 177.

Jensen, P; Risbo, J. 2007. Oxidative stability of snack and cereal products in relation to moisture sorption. *Food Chemistry*, 103(3): 717-724.

Montgomery, D. 2005. *Diseño y análisis de experimentos*. Segunda edición. Editorial Limusa. México.

Nina, A. 2014. Comportamiento agronómico de diez acciones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en zonas áridas. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4138>

Pagano, A; Mascheroni, R. 2005. Sorption isotherms for amaranth grains. *Journal of Food Engineering* 67: 441 – 450.

Puente, L; Pinto-Muñoz, C., Castro, E., Cortés, M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*. 44, 1733-1740.

Aguilar; A; Miano, J; Obregón, Soriano-Colchado, J; Barraza-Jáuregui, G. "Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour," *Journal of Cereal Science*, vol. 90, p. 102858, 2019.

L. Yupanqui, A. C. Miñano, G. Barraza. 2019. Isoterma de adsorción y vida útil de harina de quinua malteada.

F. Prieto García, A. J. Gordillo, J. Prieto, C. A. Gómez, A. D. Román Gutiérrez, "Evaluación de las isotermas de sorción en cereales para desayuno," Superficies y vacío, vol. 19, pp. 12-19, 2006.

S. Juárez; M. Quispe. 2016. "Aceptabilidad y Evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), lactosuero y salvado de trigo".

Poma, K. 2018. Actividad antihipertensiva, hipocolesterolémica y antioxidante de hidrolizados proteicos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) mediante estudios en vivo. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3217>

Porras, O; Blanco, B; Muñoz, J; Serván, T; Alvarado, U. 2014. Efecto de una dieta a base de harina tostada de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) sobre el perfil lipídico en ratas albinas destetadas.

Nina, A. 2014. Comportamiento agronómico de diez acciones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en zonas áridas. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4138>

Tapia, M; Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE-PERU). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>

Teunou, E; Fitzpatrick, J. 1999. Effect of relative humidity and temperature on food powder fowability. *Journal of Food Engineering* 42: 109 – 116.

Togrul, H; Arslan, N. 2007. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of walnut kernels. *Journal of Stored Products Research* 43, 252–264.

Tolaba, M; Petzler, M; Enriquez, N. 2004. Equilibrio de sorción de granos de quinua. *Journal Food Engineering*.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

6. ANEXOS

Anexo 1. Determinación de Humedad (AOAC 2005)

El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante a una temperatura determinada. El proceso puede efectuarse a presión atmosférica o al vacío.

Procedimiento:

- Pesar 2 g de muestra en una placa Petri.
- Poner a secar en estufa durante 2 ó 3 horas a 98-100°C.
- Enfriar en el desecador durante 10 minutos y pesar la muestra seca si es posible hasta peso constante.
- Calcular el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Dónde:

P_i = Peso inicial de la muestra

P_f = Peso final de la muestra

Anexo 2. Determinación de actividad de agua por detección del punto de rocío.

Sistema Aqualat Lite (AL 1379)

Procedimiento:

- Colocar en un pequeño recipiente plástico del mismo equipo, la muestra.
- Cerciorarse que la muestra esté bien distribuida.
- Tapar la muestra con el capot del equipo.
- Esperar durante el tiempo que estime el equipo (5 min. Aprox.)
- Tomar la lectura cuando se establezca la medida.

Especificaciones del equipo:

Sensor de infrarrojo para determinar la temperatura superficial de las muestras.

Rango de medida de a w: 0,030 - 1,000

Exactitud: $\pm 0,003$ a w

Resolución $\pm 0,001$ a w

Rango de Temperatura de funcionamiento: 5 - 43 °C

Tiempo de medida en el equilibrio: menos de 5 minutos

Anexo 5. Prueba de Levene

Parámetro	Levene	p
Xm	0.000	1.000
C	5.132	0.050
K	3.062	0.121

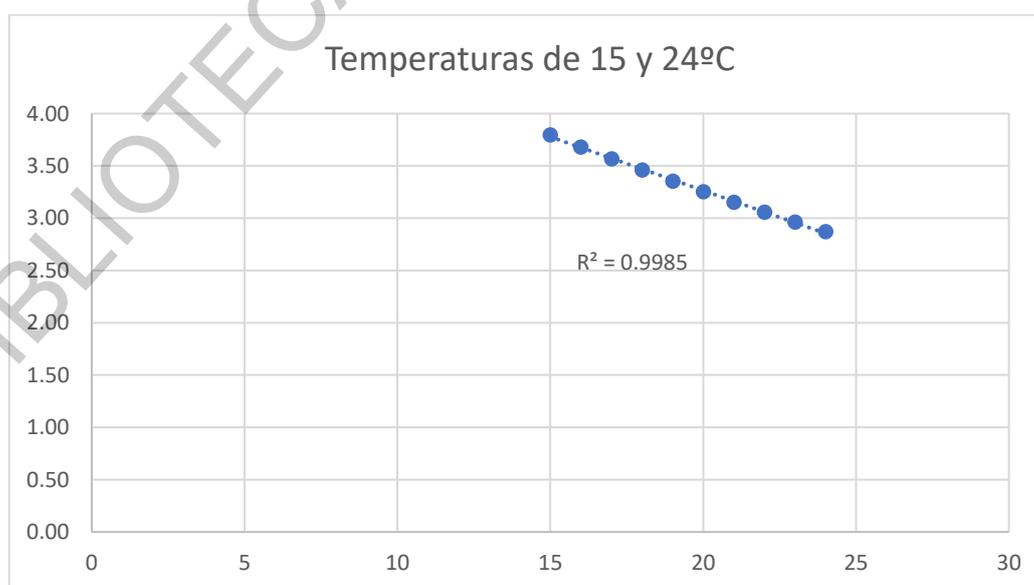
Ho: Cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas $p \geq 0.05$

Ha: No cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas $p < 0.05$

$p \geq 0.05$ H0: no existe efecto

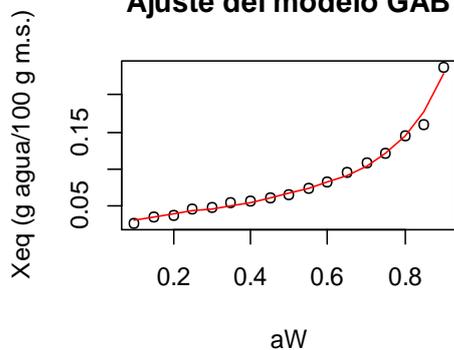
$p < 0.05$ H1: existe efecto significativo

Anexo 6. Extrapolación a temperaturas de 15 y 24°C

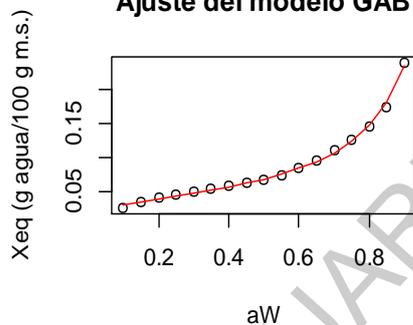


Anexo 7. Modelo de 25 °C para cada replica

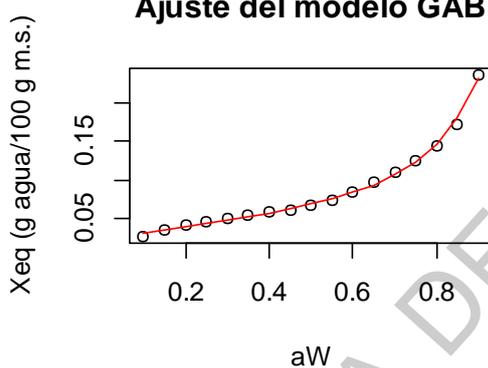
Ajuste del modelo GAB



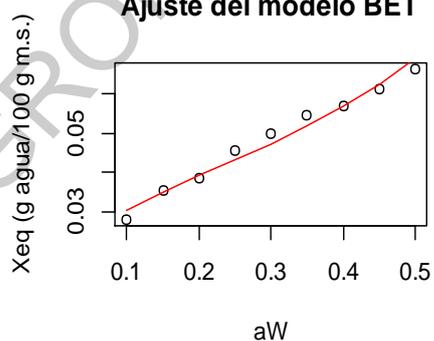
Ajuste del modelo GAB



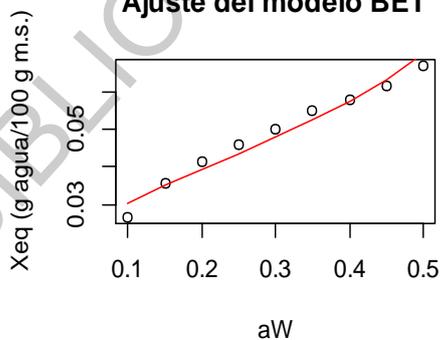
Ajuste del modelo GAB



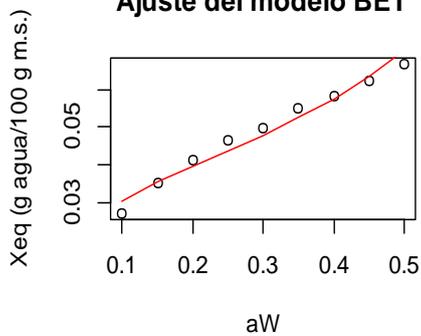
Ajuste del modelo BET



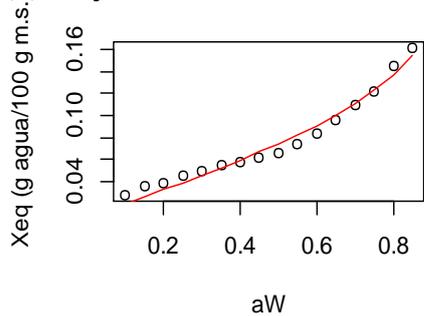
Ajuste del modelo BET



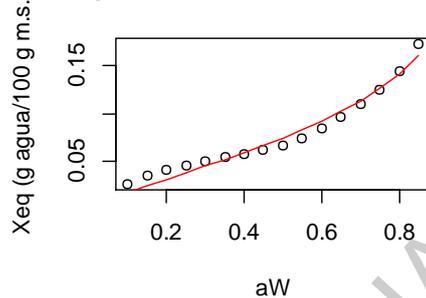
Ajuste del modelo BET



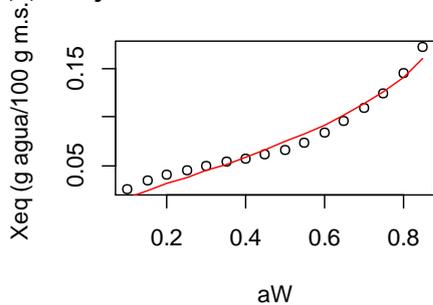
Ajuste del modelo Henderson



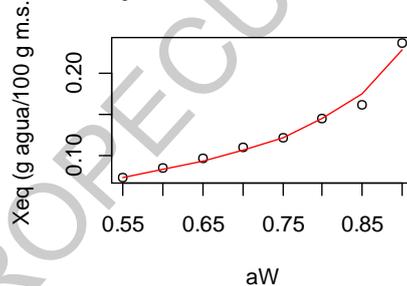
Ajuste del modelo Henderson



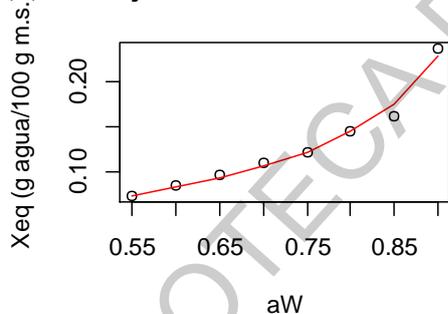
Ajuste del modelo Henderson



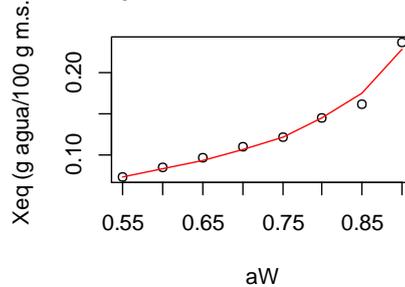
Ajuste del modelo Oswin



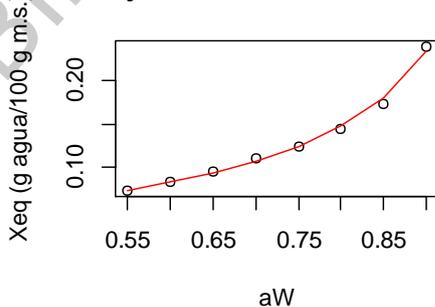
Ajuste del modelo Oswin



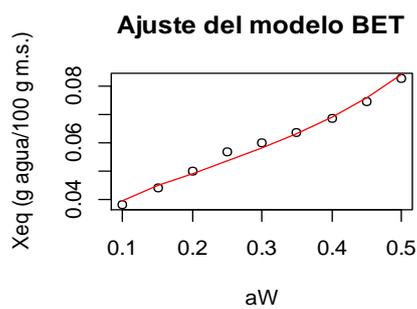
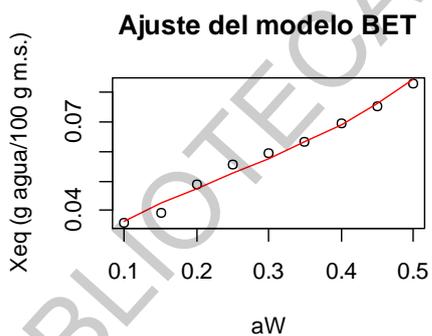
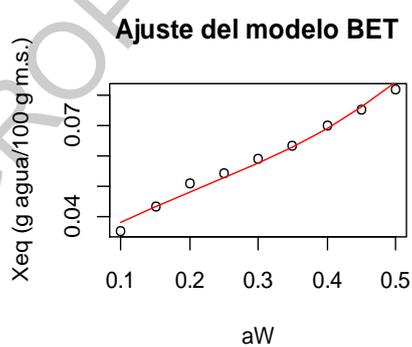
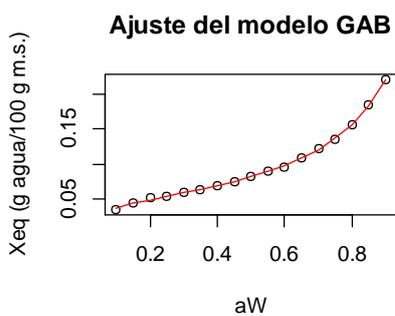
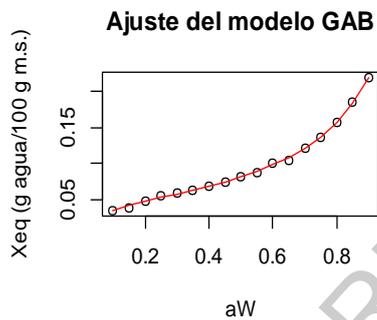
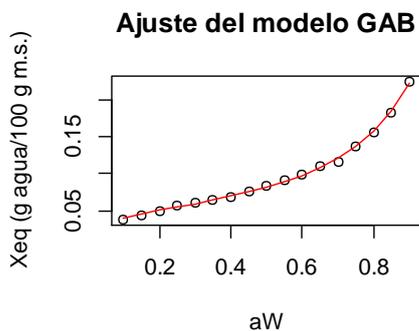
Ajuste del modelo Oswin



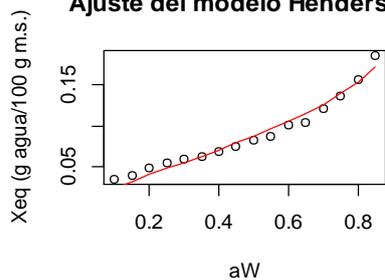
Ajuste del modelo Oswin



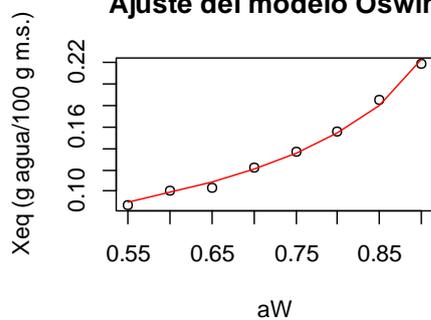
Anexo 8. Modelo de 35 °C para cada replica



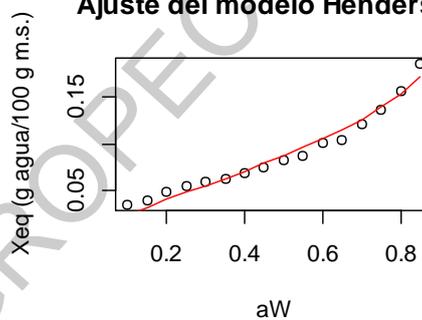
Ajuste del modelo Henderson



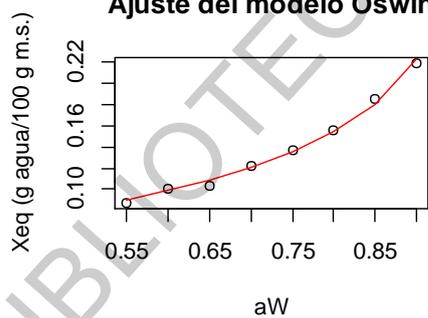
Ajuste del modelo Oswin



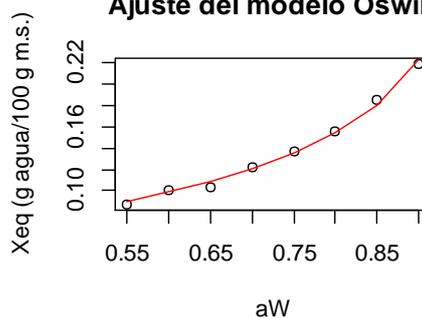
Ajuste del modelo Henderson



Ajuste del modelo Oswin

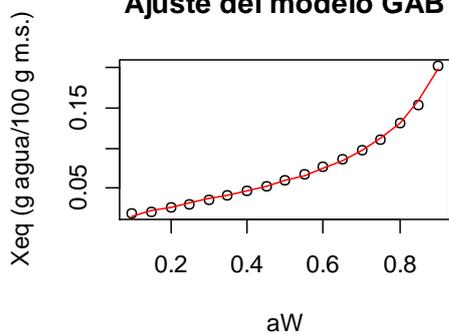


Ajuste del modelo Oswin

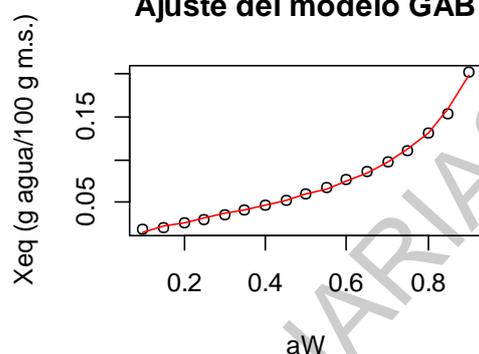


Anexo 9. Modelo de 45 °C para cada replica

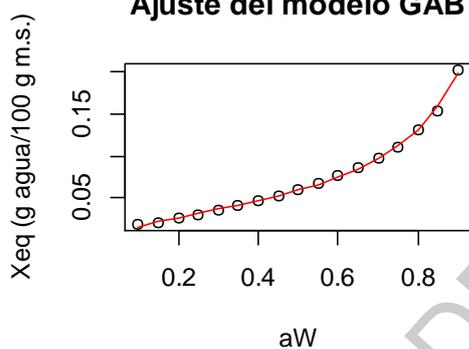
Ajuste del modelo GAB



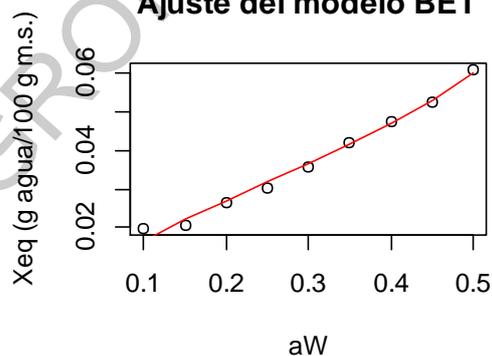
Ajuste del modelo GAB



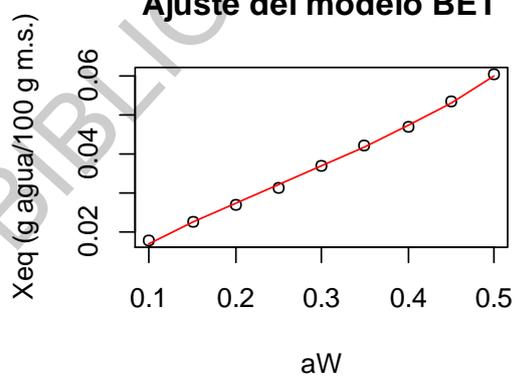
Ajuste del modelo GAB



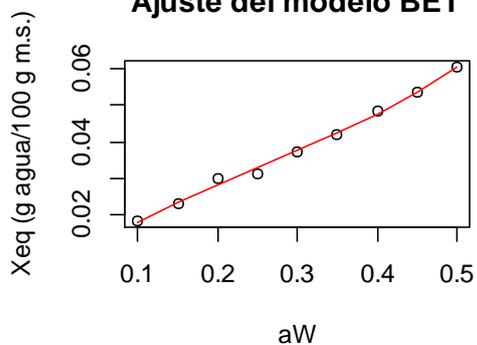
Ajuste del modelo BET



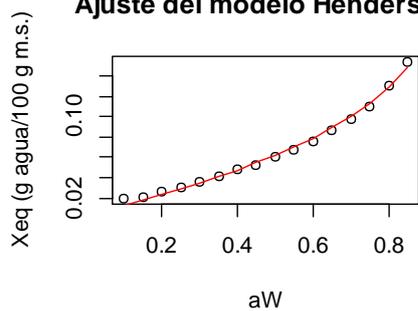
Ajuste del modelo BET



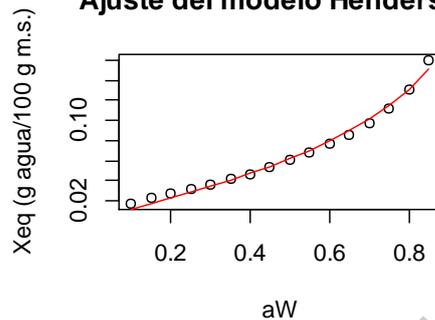
Ajuste del modelo BET



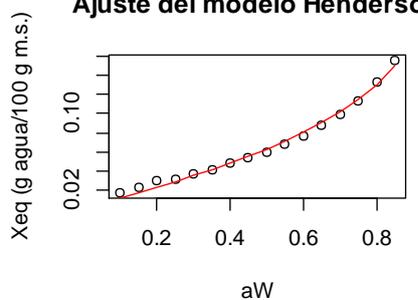
Ajuste del modelo Henderson



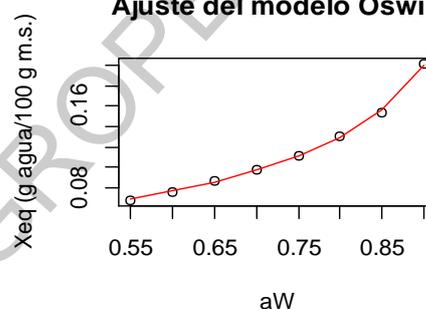
Ajuste del modelo Henderson



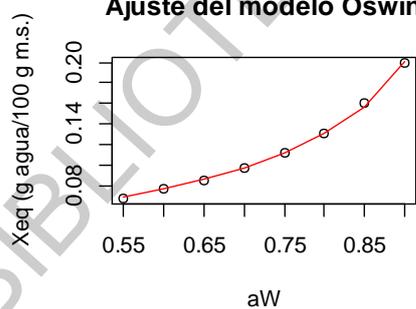
Ajuste del modelo Henderson



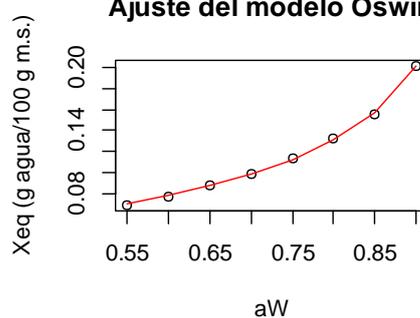
Ajuste del modelo Oswin



Ajuste del modelo Oswin



Ajuste del modelo Oswin





FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD – CON DEPÓSITO

N° 0067-2023-FAC.CC.AGROP-UNT

- Investigador: **PÉREZ MALCA ADOLFO JAVIER**
DNI: **46574836** Código: **N° 512400108**
- Asesor: Barraza Jáuregui Gabriela
- Tipo de investigación: **DESCRIPTIVA**
- Título de Trabajo de Investigación:
“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)”.
- Fecha de evaluación: **26 de Octubre de 2023**
- Software antiplagio: **TURNTIN**
- Porcentaje de similitud permitido en el informe de originalidad: hasta el 20 %

Porcentaje de similitud obtenido	Resultado de evaluación
16%	APROBADO

Trujillo, 26 de Octubre de 2023



M. Sc. CESAR EDUARDO HONORIO JAVES
Presidente de Comité de Ética en Investigación
Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.c. Archivo
CEHJ/LAMCh



ESCUELA PROFESIONAL – INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Acta de Sustentación de Tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

En la ciudad de Trujillo, mediante enlace meet [meet.google.com/jna-txht-iam], siendo las **21:00 horas**, del día martes **20 de setiembre de 2022** se reunió el Jurado conformado por:

Presidente(a):	Dr. Raúl Benito Siche Jara
Secretario (a):	Ing. Gregorio Mayer Ascón Dionicio
Miembro Vocal:	M.Sc Nilson Deonil Campos Vásquez
Miembro Asesor:	MSc. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

Para el acto de: (Marcar el que corresponde)

1. (**X**) Sustentación la Tesis intitulado:

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE
ADSORCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule)”**

Con el fin de optar al Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial por el graduado:

Br. PEREZ MALCA ADOLFO JAVIER

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el (s) mencionado(s) ha dado respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador, declara:

1. () Aprobado, con mención honrosa. La cual amerita su publicación
2. (**X**) Aprobado, por unanimidad
3. () Aprobado, por mayoría
4. () Desaprobado

Según el Art. 17° del Reglamento General para el otorgamiento de Grados y Títulos Profesionales de la Universidad Nacional de Trujillo, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N°076-2021/UNT.

Por lo tanto el Graduado se encuentra expedito (**X**), impedidos () para realizar los trámites correspondientes para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Siendo las 21:45 horas se dio por terminado el acto de sustentación.

Presidente
Dr. Raúl Benito Siche Jara

secretario
Ing. Gregorio Mayer Ascón Dionicio

Miembro Vocal
M.Sc Nilson Deonil Campos Vásquez

Miembro Asesor
MSc. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los AUTORES suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del Proyecto de Investigación Científica, así como, del Informe de la Investigación Científica realizado.

TITULO:

“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

PROY DE TRABAJO DE INVESTIGACION (PREGRADO)

PROYECTO DE TESIS PREGRADO

PROYECTO DE TESIS MAESTRIA

PROYECTO DE TESIS DOCTORADO

()

()

()

()

INFORME FINAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

TESIS PREGRADO

TESIS MAESTRÍA

TESIS DOCTORADO

()

(X)

()

()

Equipo Investigador Integrado por:

Nº	Apellidos y Nombres	Facultad	Departamento Académico	Categoría Docente Asesor	Código Docente Asesor Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Perez Malca, Adolfo Javier	CC.AGROP.	Ciencias Agroindustriales	-	0512400108	Autor
02	MSc. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen	CC.AGROP.	Ciencias Agroindustriales	Nombrado	5577	Asesor

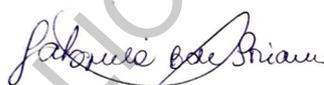
Trujillo, 26 de octubre de 2023



Perez Malca, Adolfo Javier

46574836

DNI



MSc. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen

08715119

DNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI-SUNEDU

Trujillo, 26 de octubre de 2023

Los autores suscritos del INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

Titulado:

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)"

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI-SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

- A. Acceso Abierto:
 B. Acceso Restringido (datos del autor y resumen del trabajo)
 C. No autorizo su Publicación

Si eligió la opción restringido o NO autoriza su publicación sírvase justificar _____

ESTUDIANTES DE PREGRADO: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS
 ESTUDIANTES DE POSTGRADO: TESIS MAESTRÍA TESIS DOCTORADO
 DOCENTES: INFORME DE INVESTIGACION OTROS

El equipo investigador Integrado por:

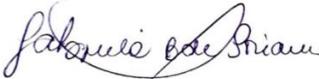
N°	Apellidos y Nombres	Facultad	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, EMÉRITO, estudiante, OTROS)	Código Docente Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Perez Malca, Adolfo Javier	CC.AGROP.	Bachiller	0512400108	Autor
02	MSc. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen	CC.AGROP.	Nombrado	5577	Asesor



 Perez Malca, Adolfo Javier

46574836

DNI



 MSc. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen

08715119

DNI

'Este formato debe ser llenado, firmado y adjuntado en el Informe de Tesis y/o Trabajo de Investigación respectivamente 'Este formato en el caso de Informe de investigación científica docente debe ser llenado, firmado, scaneado y adjuntado en el sistema de www.picfedu.unitrु.edu.pe