REG.005-25

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación - EPIA de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de la investigación titulada**: "Efecto de la temperatura de deshidratación sobre la cinética de secado, compuestos fenólicos y el color de las hojas del huacatay (*Tagetes minuta*)",** desarrollada por el **Bach. Isela Herrera Nuñez**, **asesorada** por el **Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada** y coasesorada por el **Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres,** presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 13%,** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecidoen el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estimeconveniente.

Chota, 29 de setiembre de 2025.

Atentamente

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres
Director Unidad de Investigación
EPIA

RADCT/DUI
Interesado
Archivo
YPC/ASIST
Ch.2025

Isela Herrera Nuñez

INFORME FINAL DE TESIS - ISELA HERRERA NUÑEZ.docx

Constancia de Originalidad

UI-EPIA 2025-I

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3352492490

Fecha de entrega
26 sep 2025, 10:28 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
29 sep 2025, 8:30 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
INFORME_FINAL_DE_TESIS_-_ISELA_HERRERA_NUÑEZ.docx

Tamaño del archivo
5.8 MB

64 páginas

13.327 palabras

70.151 caracteres

13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

12% Fuentes de Internet
4% Publicaciones
2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

12% Fuentes de Internet
4% Publicaciones
2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
repositorio.unach.edu.pe		2%
2	Internet	
hdl.handle.net		1%
3	Internet	
repositorio.unajma.edu.pe		1%
4	Internet	
www.coursehero.com		<1%
5	Internet	
www.repositorio.unach.edu.pe		<1%
6	Internet	
repositorio.uaaan.mx:8080		<1%
7	Publicación	
Fernandez Ayma, Alfredo. "Estudio del modelo cinético y propiedades geométrica...		<1%
8	Internet	
es.scribd.com		<1%
9	Internet	
idoc.pub		<1%
10	Internet	
repositorio.ug.edu.ec		<1%
11	Internet	
JADER RODRIGUEZ CORTINA. "CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA INTENSIFICACI...		<1%

12	Internet	
repositorio.upct.es		<1%
13	Internet	
digitum.um.es		<1%
14	Internet	
repositorio.unat.edu.pe		<1%
15	Internet	
vdocuments.net		<1%
16	Internet	
es.slideshare.net		<1%
17	Internet	
biblioteca.usac.edu.gt		<1%
18	Internet	
livrosdeamor.com.br		<1%
19	Internet	
www.dspace.uce.edu.ec		<1%
20	Internet	
repositorio.unap.edu.pe		<1%
21	Internet	
webs.ucm.es		<1%
22	Internet	
www.researchgate.net		<1%
23	Internet	
repositorio.unc.edu.pe		<1%
24	Internet	
repository.unad.edu.co		<1%
25	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD		<1%

26	Internet	
raccefyn.co		<1%
27	Internet	
tesis.ipn.mx		<1%
28	Publicación	
M. Viviana Robles-Botero, Elba Ronquillo-de Jesús, Cinthya N. Quiroz-Reyes, Migu...		<1%
29	Trabajos del estudiante	
Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE		<1%
30	Internet	
archive.org		<1%
31	Internet	
bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083		<1%
32	Internet	
repositorio.unjfsc.edu.pe		<1%
33	Internet	
www.inisav.cu		<1%
34	Trabajos del estudiante	
Universidad Rey Juan Carlos		<1%
35	Internet	
issuu.com		<1%
36	Internet	
prezi.com		<1%
37	Internet	
tesis.usat.edu.pe		<1%
38	Internet	
www.sea.org.es		<1%
39	Internet	
1library.co		<1%

40 Trabajos del estudiante
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA <1%

41 Publicación
NAKAMURA CONSULTORES SAC - NAKCSAC. "Segunda Actualización del Plan de M... <1%

42 Publicación
Qing-An Zhang, Yun Song, Xi Wang, Wu-Qi Zhao, Xue-Hui Fan. " Mathematical mo... <1%

43 Internet
core.ac.uk <1%

44 Internet
dspace.nuft.edu.ua <1%

45 Internet
html.pdfcookie.com <1%

46 Internet
patents.google.com <1%

47 Internet
repositorio.upsjb.edu.pe <1%

48 Internet
repositorio.upt.edu.pe <1%

49 Internet
researchmgt.monash.edu <1%

50 Internet
rmiq.org <1%

51 Internet
www.tdx.cat <1%

52 Publicación
A. S. Silva, F. de A. C. Almeida, E. E. Lima, F. L. H. Silva, J. P. Gomes. " DRYING KINET... <1%

53 Publicación
Miguel Angel Ruiz-Cabrera, Alicia De Anda-Salazar, Raúl González-García, Miguel ... <1%

54 Publicación
Patricia Batista Grau. "Desarrollo de nanoestructuras de ZnO mediante anodizad... <1%

55 Publicación
Santoro, Sergio. "Molecular Probes: An Innovative Technology for Monitoring Me... <1%

56 Internet
documentop.com <1%

57 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

58 Internet
repositorio.ucv.edu.pe <1%

59 Internet
repositorio.uta.edu.ec <1%

60 Internet
ri.uaq.mx <1%

61 Internet
worldwidescience.org <1%

62 Internet
www.mundohvacr.com.mx <1%

63 Internet
www.revistabionatura.com <1%

64 Internet
(3-1-03) http://165.158.1.110/spanish/DPImag/Numero2/dpi2pclimate3.htm <1%

65 Publicación
Jaqueline Souza Guedes. "Ethanol as a pre-treatment of starchy foods drying: effe... <1%

66 Publicación
Javier Gerardo Zuzunaga Rosas. "Evaluación del producto bioestimulante BALOX ... <1%

67 Internet
corpora.tika.apache.org <1%

68	Internet	
es.unionpedia.org		<1%
69	Internet	
medicina.iztacala.unam.mx		<1%
70	Internet	
repositorio.unsa.edu.pe		<1%
71	Internet	
repositorio.usmp.edu.pe		<1%
72	Internet	
suelos.org.ar		<1%
73	Internet	
www.jove.com		<1%
74	Internet	
www.mdpi.com		<1%
75	Publicación	
Choque Dextre, Yency Edith. "Modelo estadístico de clasificación y predicción en t...		<1%
76	Internet	
docs.google.com		<1%
77	Internet	
dokumen.pub		<1%
78	Internet	
sedici.unlp.edu.ar		<1%
79	Internet	
doczz.net		<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INFORME FINAL DE TESIS

"Efecto de la temperatura de deshidratación sobre la cinética de secado, compuestos fenólicos y el color de las hojas del huacatay *(Tagetes minuta)*"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Isela Herrera Nuñez

ASESOR:

Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada

Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada
CIP.227564
Docente UNACH

COASESOR:

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres
CIP. 76340
Docente UNACH

CHOTA – PERÚ

2025

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 050-2025-FCA

Siendo las 10:18 horas, del día 10 de setiembre de 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada: Efecto de la temperatura de deshidratación sobre la cinética de secado, compuestos fenólicos y el color de las hojas del huacatay ..., integrado por:

1. Dr. Arango Llanto, Miguel Angel ..... Presidente
2. MBA. Garrido Julca José Felipe ..... Secretario
3. M.Sc. Ponte Loyola Virginio Pablo ..... Vocal

Sustentada de manera presencial (X), virtual ( ) por La bachiller Herrera Nuñez Isela, con la finalidad de obtener el Título Profesional de (Ingeniero Agroindustrial/Ingeniero Forestal y Ambiental) Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, desaprobar) ... la tesis, calificándola con la nota de: (DIECISEIS...), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Matara, 10 de setiembre del 2025

.....
Presidente
Dr. Arango Llanto Miguel Ángel

.....
Secretario
MBA. Garrido Julca José Felipe.

.....
Vocal
M.Sc. Ponte Loyola Virginio Pablo

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Dios, porque es la raíz de toda mi fortaleza y sabiduría, ya que la infinita cantidad de su sabiduría ha sido la que ha guiado todo el camino que me ha tocado recorrer.

Este trabajo lo dedico a mis amados padres, Eladio Herrera Becerra y Elva Rosa Nuñez Vázquez, porque su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la base de lo que soy en la actualidad. Muchas gracias por haber creído, siempre, en mí; porque me enseñaron que los sueños se cumplen a base de esfuerzo y sacrificio: esta es su obra tanto como mía.

Dedico este trabajo a mis hermanos, ya que han estado a mi lado brindándome su apoyo, compañía y ánimo en todo momento; porque su amor y complicidad han sido fundamentales para, es decir, para poder llegar hasta aquí. También gracias a ustedes porque han sido inspiración y fuerza en cada paso de mi camino.

Agradecimientos

A Dios, quien fue quien me proporcionó la fortaleza y la sabiduría, y también la voluntad, para llevar a cabo este trabajo; los caminos y las estancias de Dios en mi vida me han ayudado y guiado en todo este paseo.

A mis padres, a quienes no han dejado de quererme, quienes han sido la amorosa dedicación y el sacrificio, ya que ellos me han dado lo necesario para poder llegar hasta aquí. Les agradezco por su paciencia, por enseñarme a luchar por mis sueños y por estar hábilmente a mi lado en cada destello del camino que he recorrido.

A mis asesores Dr.(c) James Euler Villar Estrada y Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres, por su valioso acompañamiento que hicieron posible llevar a cabo esta investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por darme la oportunidad de formarme en este tipo de contexto académico, es enriquecedor. Agradezco a todos mis docentes, compañeros y a todo el personal que han formado parte de este proceso académico y personal.

Índice de Contenido

RESUMEN **8**
ABSTRACT **9**
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN **10**
1.1. Planteamiento de Problema 10
1.2. Formulación de Problema 11
1.3. Justificación 11
1.4. Objetivos de la Investigación 13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO **14**
2.1. Antecedentes 14
2.2. Bases Teóricas - Científicas 18
2.3. Marco Conceptual 31
2.4. Hipótesis 32
2.5. Operacionalización de Variables 32
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO **33**
3.1. Tipo y Nivel de Investigación 33
3.2. Diseño de Investigación 33
3.3. Métodos de Investigación 35
3.4. Población Muestra y Muestreo 35
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 36
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos 42
3.7. Aspectos Éticos 43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **44**
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **57**
5.1. Conclusiones 57
5.2. Recomendaciones 58
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS **59**
CAPÍTULO VII. ANEXOS **75**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Estudios realizados en el huacatay* 17

Tabla 2 *Clasificación taxonómica del huacatay* 19

Tabla 3 *Componentes nutricionales en base a 100 g de huacatay* 21

Tabla 4 *Operacionalización de Variables* 32

Tabla 5 *Tratamientos experimentales* 34

Tabla 6 *Técnicas e instrumentos de recolección de datos* 37

Tabla 7 *Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos* 43

Tabla 8 *Parámetros cinéticos de la ecuación de Page durante el secado* 46

Tabla 9 *Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis* 51

Tabla 10 *Resumen del análisis obtenido para las pruebas de normalidad (Anderson–Darling), homogeneidad de varianza (Bartlett) e independencia (Durbin–Watson)* 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ilustración de la planta de huacatay*..... 18

Figura 2 *Ilustración de las fases del proceso de secado de un alimento*..... 26

Figura 3 *Diagrama del diseño experimental de la investigación*..... 34

Figura 4 *Ubicación del lugar de procedencia de la muestra*..... 36

Figura 5 *Curvas de secado para los bloques A y B en función a las tres temperaturas (40, 60 y 80 °C)*..... 44

Figura 6 *Contenido de fenoles en las hojas de huacatay en función a las tres temperaturas de secado*..... 47

Figura 7 *Contenido de fenoles en las hojas de huacatay en función a las tres temperaturas de secado*..... 48

Figura 8 *Variación porcentual de la escala de grises y variación porcentual de la reducción de densidad integrada (DIR)*..... 50

RESUMEN

El propósito de este estudio fue analizar cómo la temperatura de secado influye en las características las hojas del huacatay, que fueron deshojados, y sometidos al secado en tres distintas temperaturas (40, 60 y 80 °C), teniendo los controles de peso y adquiriendo las imágenes y analizando el contenido de humedad y compuestos fenólicos totales. Para ello se recolectó material vegetal del caserío de Miraflores y centro poblado La Púcara, Chota – Cajamarca. La cinética de secado se evaluó mediante la humedad adimensional mediante el modelo de Page; también se analizó la morfología a través del análisis de imágenes con respecto a la escala de grises y la reducción de la densidad integrada. Como ya era esperado, la humedad adimensional disminuyó de forma más acelerada cuando incrementó la temperatura, y el tiempo hasta alcanzar la humedad de equilibrio fue reducido. El modelo de Page además de presentar un adecuado ajuste en todos los tratamientos, dando una adecuada interpretación de los parámetros sobre velocidad de secado "**k**" y su reciproco "**n**". Los que fueron afectados significativamente ($p \leq 0,05$) por la temperatura. Los compuestos fenoles totales disminuyeron significativamente al incrementarse la temperatura. En cuanto a la morfología, el índice de escala de grises indica que los cambios fueron mayores a 40ºC (incremento); por otro lado, la reducción de la densidad integrada también fue mayor cuando menor fue la temperatura. Basado en las informaciones anteriores, se concluye que la temperatura de secado afectó significativamente a la cinética de secado, al contenido de fenoles totales y al color de las hojas de huacatay; donde una menor temperatura de secado podría mejorar la calidad tanto de los indicadores químicos como morfológicos.

Palabras Claves: Huacatay, *Tagetes minuta*, compuestos fenólicos totales, temperatura, escala de grises, cinética de secado.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze how drying temperature influences the characteristics of huacatay leaves, which were destemmed and subjected to drying at three different temperatures (40, 60, and 80 °C). During the process, weight control was performed, images were acquired, and moisture content and total phenolic compounds were analyzed. Plant material was collected from the caserío de Miraflores and the centro poblado La Púcara, in Chota – Cajamarca. The drying kinetics were evaluated using the dimensionless moisture ratio fitted to the Page model. Leaf morphology was analyzed through image analysis focusing on grayscale intensity and reduction of integrated density. As expected, the dimensionless moisture content decreased more rapidly with increasing temperature, and the time required to reach equilibrium moisture was reduced. The Page model provided a good fit across all treatments, enabling appropriate interpretation of drying rate constant (k) and its exponent (n). Both parameters were significantly affected ($p \leq 0.05$) by temperature and block factors. Total phenolic compounds significantly decreased ($p \leq 0.05$) with increasing temperature. Regarding morphology, grayscale intensity values increased significantly at temperatures above 40 °C, indicating greater visual changes; conversely, the reduction in integrated density was higher at lower temperatures. Based on these findings, it is concluded that drying temperature significantly affects the drying kinetics, total phenolic content, and color of huacatay leaves. Lower drying temperatures may help preserve both chemical and morphological quality indicators.

Keywords: Huacatay, *Tagetes minuta*, total phenols compounds, temperature, gray scale, drying kinetics.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento de Problema

El huacatay (*Tagetes minuta*) es una especie vegetal con un gran valor posible en los sectores de la alimentación y la medicina. Además de su aroma y sabor agradables, potencialmente podría aportar aceites esenciales y sustancias bioactivas con capacidades para eliminar bacterias, hongos, nematodos e insectos, además de características medicinales significativas para el bienestar humano (Verma *et al.*, 2024).

Tagetes minuta se emplea como un saborizante en golosinas, bebidas, leche, queso, productos lácteos, alimentos horneados y gelatinas, así como en preparaciones culinarias tradicionales (Oladayo *et al.*, 2024). Desde la perspectiva de la medicina, la planta completa se emplea como condimento, tónico estomacal, diaforético, purgante y tratamiento para la histeria (Ibrahim *et al.*, 2018). Las diversas secciones de la planta muestran usos diversos: las hojas se aplican en la cicatrización de heridas, como broncodilatador, antimicrobiano y antiinflamatorio (Idris *et al.*, 2024). También se utiliza en el tratamiento de problemas renales, hemorroides y dolores musculares. El extracto de hoja también se utiliza como insecticida, en dolores de oído y como rapé. Las flores se emplean como laxante suave y para tratar fiebre, indigestión, gastritis y ataques epilépticos (Iannacone *et al.*, 2017; Yeasmin & Gupta, 2022). Además, su aceite esencial se produce comercialmente en países como Sudáfrica, Australia y Brasil (Kumar *et al.*, 2023).

En Perú, el huacatay se siembra en la región costera, en las montañas y en la Amazonía (Flores, 2019). Sin embargo, su producción se limita a pequeñas áreas y su consumo es bajo, principalmente por el desconocimiento sobre su manejo adecuado y sus propiedades beneficiosas (Luna, 2022). La falta de tecnificación en su comercialización impide su valorización; se sigue vendiendo en fresco para consumo inmediato, sobre todo como parte de

la gastronomía tradicional en la provincia de Chota y el norte del país. Esta forma de comercialización no incorpora valor agregado, a pesar de que el huacatay es una planta altamente perecible y susceptible a daños por manipulación.

Al tratarse de una planta muy perecedera, su producción y comercialización se ve limitada. Sin embargo, existen métodos para la preservación de alimentos de origen vegetal tales como el secado, el mismo que facilita la eliminación del agua y es capaz de prolongar la vida útil del producto. Este tipo de conservación es especialmente interesante en productos como el huacatay, ya que la sensibilidad a las condiciones de conservación puede comprometer las variables de los compuestos bioactivos. Sin embargo, el método mediante el cual se lleva a cabo el secado está influenciado por diversas variables, incluida la temperatura, cuya influencia sobre las propiedades fisicoquímicas del producto se encuentra en carácter definitivo.

Por ello, es fundamental estudiar los procesos de conservación que permitan valorizar esta planta con alto potencial industrial. En este escenario, el estudio actual se centró en analizar cómo la temperatura de deshidratación influye en la velocidad de secado, los compuestos fenólicos y el color de las hojas de huacatay (*Tagetes minuta*).

1.2. Formulación de Problema

¿Cómo afecta la temperatura de deshidratación a la cinética del secado, compuestos fenólicos y el color de las hojas de huacatay (*Tagetes minuta*)?

1.3. Justificación

El huacatay, es una planta aromática cultivada en diversas comunidades de la provincia de Chota, cuya importancia local radica en su uso tradicional como condimento en la preparación de alimentos. Se consume desde tiempos prehispánicos en diversas formas: las hojas secas se utilizan como sazonador, mientras que su pasta es un ingrediente clave en la popular “ocopa peruana”. Además, de esta planta se extraen aceites esenciales con aplicaciones

en las industrias del perfume, tabaco y bebidas (Toensmeier, 2016). También se emplea para la elaboración de tintes naturales, como abono verde para biomasa, y como biofumigante para el control de nematodos en la agricultura (Prieto *et al*., 2023).

Existe una creciente demanda por alimentos no perecederos que mantengan alta calidad y valor nutricional similar a los productos frescos. En este contexto, los productos vegetales deshidratados, como el huacatay seco, representan una alternativa viable (EL-Mesery *et al*., 2022). Sin embargo, el proceso de secado puede influir de manera desfavorable en las características sensoriales y nutritivas del producto. Por ello, seleccionar un método de secado adecuado es fundamental para minimizar estas pérdidas (Zahoor *et al*., 2023).

Es por ello que este trabajo cobra relevancia al aplicar un proceso de deshidratación a las hojas de huacatay, lo cual permite extender su vida útil y asegurar su disponibilidad durante todo el año. Dado que es una planta estacional y de rápida descomposición sin tratamiento postcosecha, el secado se presenta como una técnica de conservación esencial. Su implementación no solo favorecerá la economía de los productores del distrito de Tacabamba, sino que también podría incentivar el cultivo en otras localidades de la región Cajamarca.

Asimismo, el trabajo contribuye al desarrollo de parámetros técnicos y una metodología sistematizada para la deshidratación del huacatay. Examinar el impacto de la temperatura en el proceso de secado permite un mejor aprovechamiento del producto y ofrece información valiosa para pequeños emprendedores dedicados a los productos deshidratados, promoviendo la industrialización de hierbas aromáticas en la región. Además, aporta conocimientos útiles para futuras investigaciones, particularmente en el uso de métodos inusuales en el sector de la alimentación, como la revisión de imágenes para medir el color de las hojas secas.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la temperatura de deshidratación sobre la cinética del secado, compuestos fenólicos y el color de las hojas del huacatay (*Tagetes minuta*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la cinética de secado de las hojas de huacatay (*Tagetes minuta*) a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C) de secado.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales en las hojas de huacatay (*Tagetes minuta*) secadas a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C) de secado.
- Analizar la morfología por medio de análisis de imágenes, midiendo parámetros como densidad integrada y escala de grises en las hojas de huacatay secadas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Boñón *et al.* (2020), analizaron el impacto de tres métodos de secado: secado en túnel (50, 60 y 70 °C), liofilización (40, 55 y 70 °C) y secado por aspersión (150, 160 y 170 °C) sobre la habilidad antioxidante y los compuestos fenólicos presentes en las hojas de huacatay, los cuales fueron evaluados mediante las técnicas DPPH y Folin-Ciocalteu. Los resultados evidenciaron que las muestras secadas en túnel presentaron tasas de la capacidad de retención antioxidante de 40; 40,75 y 28,67%, y contenido fenólico de 64,30; 61,80 y 57,34%, respectivamente. El proceso de liofilización mostró porcentajes de conservación de la capacidad antioxidante de 58,20; 64,89 y 53,32%, así como niveles de compuestos fenólicos de 80,12; 92,04 y 83,08% en cada caso. En el secado por aspersión se observó una fuerte influencia de la temperatura. Se concluyó que los resultados más óptimos se lograron mediante secado en túnel a 60 °C, liofilización a 55 °C y pulverización a 150 °C.

Fitri *et al*. (2023) analizaron la cinética de secado de hojas de pandan (*Pandanus amaryllifolius*) mediante secado en horno y lecho fluidizado a 40 y 80 °C. Las muestras (60 g) fueron cortadas en trozos de 0,5 cm. Se observó que, con el aumento de la temperatura, la rapidez del secado incrementó, siendo más eficiente el secado en lecho fluidizado. Las curvas obtenidas representaron el desarrollo del nivel de humedad y el ritmo de secado. El modelo de Page fue el que mejor describió la cinética del proceso en lecho fluidizado.

Huang *et al*. (2023) examinaron cómo la temperatura y la duración influyen en la velocidad de secado, el tono, la capacidad antioxidante y la estructura microscópica de las hojas de café secadas a 160 °C por un periodo de 24 minutos utilizando aire caliente. El secado redujo las proteínas solubles, pero aumentó los aminoácidos libres y sólidos solubles. El secado rápido a alta temperatura retuvo mejor los compuestos fenólicos. La variación en el color se comportó de acuerdo a una dinámica de primer orden, y el secado prolongado causó arrugas y cierre de

estomas. Se concluyó que secar a 160 °C por 24 minutos mejora la calidad del té de hoja de café.

Palomino (2016) llevó a cabo un estudio sobre la velocidad de deshidratación de las hojas de romero *(Rosmarinus officinalis* L.) utilizando un secador de bandejas con aire forzado, a temperaturas de 40, 65 y 90 °C, y con flujos de aire de 0,5; 1,5 y 2,5 m/s. El modelo polinomial ajustó mejor las curvas ($R^2 > 0,97$). A mayor calor y rapidez, el tiempo necesario para secar disminuyó, aunque temperaturas elevadas con baja velocidad provocaron pardeamiento. Se recomendó trabajar entre 40 y 65 °C y velocidades entre 0,5 y 1,5 m/s con el fin de mantener la excelencia del producto.

Pasławska *et al*. (2020) analizaron los efectos de diferentes técnicas y parámetros de secado en hojas de tomillo limón. Utilizaron métodos tradicionales (convección y lecho fluidizado a 70 y 80 °C) y tecnologías innovadoras como secado en lecho fluidizado asistido por microondas y secado al vacío con microondas (MV). El método MV presentó los mejores resultados en conservación de color, polifenoles y clorofilas, y fue el más eficiente en cuanto a tiempo. Llegaron a la conclusión de que acortar el tiempo de secado mantiene en mejor estado las características del producto.

Iglesias *et al*. (2018) investigaron la velocidad del secado de hojas de *Moringa oleifera* en un secador solar híbrido a 40, 50 y 60 °C durante un mes. Evaluaron la pérdida de masa, humedad libre y características organolépticas. El modelo de Page representó mejor la cinética del secado. El incremento de la temperatura disminuyó la duración del secado, lo que potenció las propiedades sensoriales. Las muestras secadas a 60 °C presentaron mejores resultados en color, sabor, olor y textura.

Taipe (2021) examinó el impacto de la temperatura y la duración del proceso de deshidratación en las hojas de china konoca (*Xenophyllum poposum*), a 60 y 80 °C durante 480 y 600 minutos. Empleó el modelado matemático para examinar la reducción de la humedad. El

modelo cuadrático mostró un mejor ajuste. El tratamiento de 80 °C durante 480 minutos fue el más eficiente, alcanzando una pérdida de humedad de 6,51%. Se concluyó que, a mayor temperatura y menor tiempo, la deshidratación fue más efectiva.

Choque *et al*. (2021) diseñaron la dinámica de deshidratación, la energía necesaria para activar el proceso y los cambios de color en las hojas de punamuña (*Satureja boliviana*) a 40, 50 y 60 °C, con velocidades de aire de 0,5 y 1,0 m/s. De diez modelos probados, el triple exponencial de seis parámetros fue el mejor ($R^2 > 99,73$, $E < 3,04\%$). El incremento en la temperatura y la reducción de la velocidad hicieron que se disminuyeran los valores de color L*, a* y b*, mientras que ΔE* se elevó. Se concluyó que las mejores condiciones fueron temperaturas inferiores a 50 °C y velocidad de 1,0 m/s.

Guo *et al*. (2022) estudiaron los efectos de la temperatura de secado en hojas de *Mentha haplocalyx* usando flujo de aire forzado (2 m/s) a 35, 45 y 55 °C. El modelo de Midilli fue el más eficaz para reflejar la dinámica del secado. Se notaron cambios en la estructura de las células y pérdida de sustancias volátiles al elevar la temperatura. Secar a 35 °C mantuvo en mejor estado la calidad sensorial del producto final.

Diaz (2018) analizó el impacto de temperaturas de 50, 60 y 70 °C en la velocidad de secado y el color (CIELAB) del fruto del aguaymanto. Las muestras (3 kg) se secaron entre 9 y 22 horas, dependiendo de la temperatura. Se notó que el uso de temperaturas más altas acortó el tiempo necesario para el secado. Las curvas mostraron fases de velocidad constante y decreciente. El parámetro L* disminuyó con la temperatura, mientras que a*, b* y ΔE variaron significativamente. Se determinó que la temperatura tiene un impacto directo en la velocidad de reacción y el color final del producto.

Además se han identificado distintos estudios relacionados con distintos aspectos sobre el huactay tales como: secado, epoca de cosecha, nutrición, práctica de cultivo, uso de herbicida y parte de la planta. Estas investigaciones se detallan a continuacion en la Tabla 1.

Tabla 1

Estudios realizados en el huacatay

Tipo de Proceso	Práctica Específica	Resultados Principales	Referencia
Secado	Secado al sol (72 h)	Mayor rendimiento de aceite esencial; más (Z)-ocimeno, menos dihidrotagetona.	(Walia et al., 2020)
	Secado a la sombra / en horno	Menor rendimiento; composición del aceite esencial relativamente estable.	(Walia et al., 2020)
Época de Cosecha	Etapa postfloración (formación de semillas)	Mayor rendimiento de aceite esencial (1,01 g/planta); 130% más que en etapa prefloración.	(Singh et al., 2006)
	Etapa de botón floral o floración	Menor rendimiento; diferente perfil químico (más limoneno, menos dihidrotagetona).	(Moghaddam et al., 2007)
Nutrición	25% fertilizante orgánico + 75% inorgánico	Mayor biomasa y contenido de aceite esencial; trans-ocimeno predominante en el aceite.	(Senthilkumar et al., 2003)
Práctica de Cultivo	Cosechas de invierno, otoño o verano (India)	La composición del aceite se puede manipular: invierno → rico en ocimeno; otoño → dihidrotagetona; verano → tagetona.	(Singh et al., 2003)
Uso Herbicida	Aplicación de hojas secas molidas al suelo	Suprime malezas (*Echinochloa*, *Cyperus*); mejora rendimiento del arroz.	(Batish et al., 2007)
Parte de la planta	Aceite de flores vs. hojas	Hojas: más dihidrotagetona; Flores: más ocimeno y limoneno.	(Chalchat et al., 1995)

2.2. Bases Teóricas - Científicas

2.2.1. Descripción y Origen del Huacatay

El huacatay (*Tagetes minuta* L.) es una planta fragante que forma parte de la familia Asteraceae, que se considera una de las más grandes dentro del reino vegetal, incluyendo alrededor de 1000 géneros y superior a 23000 especies. Dentro de este conjunto, el género *Tagetes* comprende un total de 56 especies, de las cuales 27 son anuales y 29 son perennes. *Tagetes minuta* es la especie más investigada y cultivada a nivel global gracias a su alto nivel de aceites esenciales (Bandana *et al.*, 2018). Esta especie proviene de áreas moderadas de América del Sur y América del Norte, especialmente de Bolivia y Perú, donde fue domesticada y utilizada desde épocas ancestrales (Yeasmin & Gupta, 2022). No obstante, en la actualidad su uso ha disminuido debido a la presencia de alternativas en el mercado y al desconocimiento de la población sobre sus propiedades beneficiosas, como su contenido de sustancias fenólicas y su habilidad para actuar como antioxidante (Ahumada, 2019).

Esta planta de huacatay presenta un porte erecto y alcanza aproximadamente 50 cm de altura. La forma de sus hojas es aserrada, con una base ancha y una punta estrecha, y emiten un aroma intenso y agradable. Su siembra ocurre una vez cada año en las áreas costeras, montañosas y selváticas del Perú (Ccencho, 2021).

Figura 1

Ilustración de la planta de huacatay

Nota. Planta de huacatay obtenido de Flores (2019).

2.2.2. Clasificación Taxonómica del Huacatay

Las plantas que existen hoy en día en todo el mundo han sido clasificadas adecuadamente gracias a los distintos estudios taxonómicos realizados, de allí nace el nombre científico del huacatay formado en base al género y la especie de cada planta (Flores, 2019); por lo que a continuación en la Tabla 2, se detalla la clasificación taxonómica de *Tagetes minuta*, comúnmente conocido como huacatay.

Tabla 2

Clasificación taxonómica del huacatay

Taxon.	**Denominación**
Nombre común	Huacatay
Nombre científico:	*Tagetes minuta* L.
Reino:	*Plantae*
División:	*Magnoliophyta*
Clase:	*Magnoliopsida*
Orden:	*Asterales*
Familia:	*Asteraceae*
Especie:	*Tagetes minuta* L.

Nota. Obtenido de Pérez (2017).

2.2.3. Variedades del Género Tagetes

Este género está conformado por aproximadamente 56 variedades, de las cuales 27 son de ciclo anual y las otras 29 son de tipo perenne (Bandana *et al.*, 2018); en esta familia se encuentran algunas especies como la *Tagetes minuta*, *Tagetes pusilla*, *Tagetes lucida*, *Tagetes erecta*, *Tagetes terniflora* y *Tagetes patula*. Estas son más frecuentes y se cultivan con mayor regularidad, dado que poseen características superiores para su empleo como alimento, para condimentar los alimentos y poseen características relevantes para su uso en la medicina (Huaraca, 2020).

2.2.4. Composición Química del Huacatay

Tagetes minuta, se distingue principalmente por su elevado nivel de aceite esencial, presente en toda la planta, excepto en el tallo. Las flores son la parte que concentra el aceite de mayor calidad (Bandana *et al*., 2018). Estos aceites esenciales están compuestos mayoritariamente por monoterpenos, entre los que destacan el β-pineno, limoneno, 2-fenilpropil butirato, undecano, 1-dodeceno y 2-undecenal (un tipo de aldehído). La mezcla puede cambiar dependiendo de la especie, las circunstancias de recolección, el nivel de madurez de la planta y elementos edafoclimáticos (Huaraca, 2020; Ccencho, 2021). El huacatay también es una fuente importante de compuestos secundarios, entre ellos monoterpenos monocíclicos y bicíclicos, flavonoides, tiopenos y otros compuestos aromáticos con potencial valor bioactivo (Dávila, 2011; Bandana *et al.*, 2018).

2.2.5. Composición Nutricional del Huacatay

El huacatay es una hierba que además de su agradable aroma y sabor, contiene valiosos componentes nutricionales que lo convierten en un alimento adecuado para incluir en la dieta diaria humana (Medina & Meza, 2018). La Tabla 3 muestra la información nutricional indicada para cada 100 g de hojas de huacatay.

Tabla 3

Componentes nutricionales en base a 100 g de huacatay

Componentes	Cantidad	
	Córdova (2017) (hoja fresca)	Atieno et al., (2023) (hoja seca)
Energía (kcal)	47,0	-
Agua (mg)	83,4	8,46%
Proteína (mg)	5,0	12,19
Carbohidratos (mg)	8,8	14,09%
Fibra cruda (mg)	2,3	-
Ceniza (mg)	2,0	5,71%
Calcio (mg)	412,0	-
Fósforo (mg)	79,0	-
Hierro	8,7	-
Retinol (µg)	426,0	-
Tiamina (mg)	0,06	-
Riboflavina (mg)	0,27	-
Niacina (mg)	1,47	-
Vitamina C (mg)	17,1	-

Nota. Obtenido Córdova (2017), Atieno et al., (2023).

2.2.6. Usos del Huacatay en la Industria Alimentaría

El huacatay ha sido utilizado desde tiempos antiguos como condimento en la gastronomía tradicional (Medina & Meza, 2018). Además de su uso culinario, se utiliza en el ámbito de la perfumería para obtener aceites esenciales. y como plaguicida natural en otros cultivos (Comisión Nacional Contra la Biopiratería, 2019). Su creciente aplicación en las industrias alimentaria y farmacéutica, esto se debe a su elevado nivel de polifenoles, que son sustancias con cualidades antioxidantes y de conservación. En este contexto, el huacatay actúa como aditivo natural e incluso como conservante en productos como quesos, salsas de ají y carnes (Díaz & Guamán, 2022). El aceite de huacatay también se utiliza en la formulación de fragancias y como aromatizante en diversos alimentos de consumo masivo, incluidos refrescos

de cola, bebidas alcohólicas, postres lácteos congelados, caramelos y condimentos (Mera, 2003).

2.2.7. Beneficios del Huacatay

En el ámbito medicinal, el huacatay se utiliza en su totalidad por sus propiedades antiparasitarias, relajantes musculares, diuréticas, laxantes y en tratamientos de aromaterapia y estimulación del espermatogénesis. También se emplea para tratar afecciones como la gastritis, enfermedades respiratorias, infecciones por hongos y la presencia de parásitos. El vapor de sus hojas se utiliza tradicionalmente para aliviar cefaleas, bronquitis, infecciones respiratorias y para la limpieza pulmonar (Díaz & Guamán, 2022; Delgado *et al*., 2018).

Además, el huacatay puede aplicarse de forma tópica para tratar hemorroides, infecciones cutáneas y acelerar la cicatrización de heridas y cortes. Su uso es recomendable en personas con piel moderadamente sensible o delicada. También ofrece ventajas en el manejo de problemas digestivos: la infusión de sus hojas colabora en disminuir la inflamación en la zona del estómago, las ganas de vomitar y la acumulación de gases. Además, ha mostrado ser efectiva para eliminar las larvas del *Aedes aegypti* (portador del dengue y la fiebre amarilla) y de moscas que infestan frutas (Medina & Meza, 2018; Ccencho, 2021)

2.2.8. Secado

El secado es uno de los métodos más comunes empleados en la elaboración de alimentos, ya que permite reducir la humedad del producto hasta niveles que evitan su descomposición, garantizando así su calidad, estabilidad y seguridad. Este proceso representa una estrategia clave para minimizar las pérdidas postcosecha en el sector agroalimentario (Hernández *et al*., 2022).

Además de bajar el nivel de humedad, el proceso de secado disminuye de manera considerable el peso y el volumen de los productos, lo que a su vez disminuye los costos de

empaque, almacenamiento y transporte. También facilita su manipulación en procesos posteriores como el tamizado y la separación electrostática, donde se requiere trabajar con sólidos secos para maximizar el rendimiento del producto. También ayuda a preservar la calidad de los productos alimenticios, especialmente cuando se lleva a cabo a temperatura ambiente y se utiliza para el transporte a largas distancias (Noroña, 2018).

En términos tecnológicos, el secado destaca como por ser una de las herramientas más efectivas para extender la duración de los comestibles. Al disminuir la acción del agua, se inhibe el crecimiento microbiano y se ralentizan las reacciones enzimáticas, lo que permite conservar mejor el producto. Además, este proceso simplifica su gestión, almacenamiento y distribución (Herrera, 2012).

2.2.9. Métodos de Secado

Hay dos categorías principales de técnicas de secado empleadas para disminuir la humedad en alimentos: las técnicas naturales y las mecánicas. En ambas alternativas, la cantidad de agua se calcula a partir de la disminución de peso del alimento, que resulta de la evaporación del agua al calentarse en condiciones normales. (Noroña, 2018).

2.2.9.1. Secado al Sol. El secado al sol es un método natural que requiere condiciones climáticas favorables, como baja humedad relativa y altas temperaturas. Es un método económico y sencillo de implementar. Consiste en extender el alimento en capas delgadas y homogéneas sobre plataformas expuestas al aire libre durante uno o varios días, dependiendo de la clase de comida y del grado de humedad que se quiera. Para obtener un secado uniforme, el producto debe removerse regularmente, y durante la noche debe protegerse o guardarse para evitar el efecto del rocío, que puede oscurecer o deteriorar el alimento (Noroña, 2018).

2.2.9.2. Secado Mecánico. El secado mecánico o artificial permite un control preciso de las variables del proceso, lo que resulta en productos uniformes y de alta calidad comercial. Entre las técnicas más comunes se incluyen: el secado al aire caliente, el secado por contacto

con superficies calientes, el uso de microondas como fuente radiante de energía y la liofilización (Moreno, 2017).

2.2.10. Parámetros de Secado

Los factores clave del procedimiento de secado se establecen según la humedad media, la humedad de equilibrio, la humedad crítica y la constante temporal.

2.2.10.1. Humedad Promedio. Se refiere al contenido promedio de humedad de los sólidos, expresado comúnmente como el volumen de agua por cada unidad de sólidos secos o como porcentaje sobre la materia seca (Noroña, 2018).

2.2.10.2. Humedad de Equilibrio. Cada alimento alcanza un punto de equilibrio característico entre su contenido de humedad y el vapor de agua del aire circundante. Si el alimento tiene baja humedad, absorberá humedad del ambiente; si su humedad es alta, liberará agua hasta estabilizarse. Este equilibrio es clave para diseñar procesos de secado, conservación y almacenamiento, así como para evaluar la estabilidad del producto y su capacidad de rehidratación (Montes *et al.*, 2009).

2.2.10.3. Humedad Crítica. La humedad crítica es el momento en que el secado pasa de una etapa con velocidad constante a una etapa con velocidad que disminuye. Este momento marca el fin del secado lineal y el inicio de una etapa más lenta, donde la eliminación de agua es menos eficiente (Lairy, 2017).

2.2.11. Curvas de Secado

El análisis del secado se centra en la rapidez con la que se reduce la humedad en un alimento con el paso del tiempo. Este procedimiento está influenciado por diversos aspectos, como el método de secado, los dispositivos empleados, el porcentaje inicial de humedad, la humedad de equilibrio, la temperatura y la tasa de secado. Estos factores facilitan la evaluación

y entendimiento de los eventos que tienen lugar en el proceso de deshidratación (Noroña, 2018).

Las gráficas de secado suelen mostrarse con el contenido de humedad (X) en relación al tiempo (t), derivadas de la disminución de peso del producto durante el proceso de secado. También es posible representarlas como la razón de humedad (MR) en función del tiempo, lo que ayuda a explicar la dinámica del proceso. Con base en el peso medido en diferentes intervalos y el porcentaje de humedad inicial, se determina el contenido de humedad de las muestras y se elaboran gráficos de humedad en función del tiempo (Soto, 2022), tal como se ilustra en la Figura 2. Los valores se determinan utilizando las ecuaciones 1 y 2.

$$S = \frac{W_0 \times (100 \times X_0)}{100} \qquad \text{Ecuación 1}$$

$$M = \frac{W - S}{S} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde: W_0 representa el peso al comienzo, X_0 se refiere a la humedad al principio, S es la cantidad de sólidos de la muestra, W indica el peso y M es la humedad en términos de peso seco, que se expresa en gramos de H_2O por gramos de sólidos en un tiempo t.

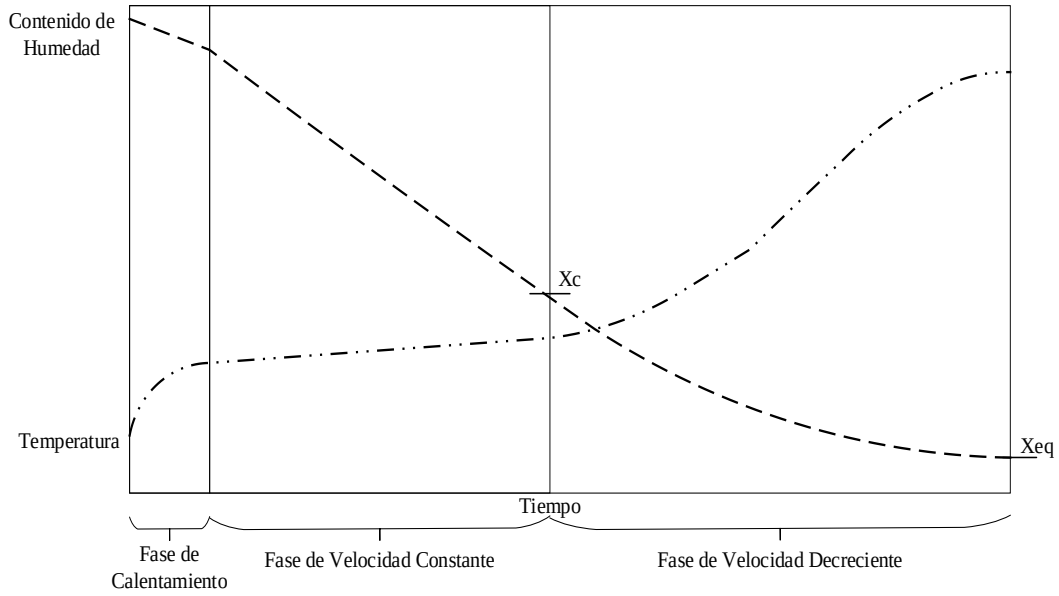
En la creación de modelos para las curvas de secado, por lo común se reconocen tres etapas fundamentales. La inicial es la etapa de calentamiento, donde el alimento recibe energía del entorno, elevando su temperatura. En este periodo, la rapidez del secado aumenta a medida que se evapora el agua en la superficie.

La segunda es la fase de velocidad constante, caracterizada por una tasa de secado estable. Esto acontece porque los factores de temperatura, circulación de aire y porcentaje de humedad relativa se mantienen constantes, lo que permite una eliminación continua del agua libre. A medida que el alimento pierde humedad, se aproxima al punto de humedad crítica (Xc).

Una vez que se llega a la humedad crítica, comienza la tercera etapa: la etapa de disminución de la velocidad. En este momento, el proceso de secado transcurre más despacio, debido a que el agua que queda está más internamente en la estructura del alimento. A medida que se reduce el nivel de humedad, se aproxima lentamente a la humedad de equilibrio (Xeq). Después de alcanzar este umbral, la tasa de secado sigue disminuyendo de manera constante hasta que el peso del producto se mantiene estable (Quiñones, 2019; Noroña, 2018).

Figura 2

Ilustración de las fases del proceso de secado de un alimento



Nota. Variación de la humedad según el tiempo y e**v**olución de la temperatura, obtenido de Soto (2022).

- **Razón de Humedad (MR)**

Soto (2022), indica que la razón de humedad (MR) o humedad adimensional sirve para ilustrar las gráficas de secado, se toma 1 como valor inicial y se calcula con la Ecuación 3.

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - Me} \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde: M representa la cantidad de humedad en un momento específico, M0 es la cantidad de humedad al inicio y Me es la cantidad de humedad en equilibrio (kg/kg de materia seca).

2.2.12. Cinética del Secado

La velocidad de secado de un alimento se relaciona con los cambios en su contenido de agua y la tasa de evaporación a lo largo del tiempo. Esta velocidad puede fluctuar según diversos aspectos, como la humedad ambiental, el contenido hídrico del alimento, su tamaño y el diseño del aparato de secado. Al analizar las curvas de cinética, podemos obtener datos sobre la duración del secado, la energía utilizada, el modo en que se transfiere la humedad y cómo las variables del proceso influyen en la rapidez del secado (Velásquez, 2007).

Asimismo, Baquerizo (2023) señala que la cinética del secado refleja los diversos modelos matemáticos que se utilizan para mostrar cómo opera todo el procedimiento de secado.

2.2.13. Modelos de Page en la Cinética de Secado en Alimentos

El famoso modelo de Page, también conocido como la ecuación de Page, es una de las fórmulas empíricas más comunes empleadas para demostrar cómo se transfiere el agua durante los procesos de deshidratación de alimentos. Este modelo fue propuesto por Glen Page en el año 1949 con el objetivo de perfeccionar la adaptación de sus datos experimentales acerca del secado. La ecuación, es meramente empírica, y desde su desarrollo ha sido ampliamente empleada y utilizada sin debate por muchos investigadores para modelar la cinética de diferentes productos, principalmente en la industria alimentaria (Simpson *et al*., 2017). Asimismo, de acuerdo a García *et al*. (2016), la ecuación que representa adecuadamente al modelo de Page se ilustra a continuación:

$$MR = exp^{[(-kt)^n]} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

MR: humedad adimensional

k, n: constantes cinéticas

t: tiempo (s)

2.2.14. Medición de Color por Análisis de Imágenes

El tono de los productos alimentarios es un elemento crucial en cómo los percibimos visualmente y tiene un impacto significativo en las decisiones de compra de los consumidores, particularmente en lo que respecta a hojas y hierbas, donde se asocia directamente con su estado de madurez y frescura. Sin embargo, el color no siempre refleja la calidad real del producto, ya que puede ser alterado artificialmente mediante el uso de aditivos y colorantes (Rettig & Hen, 2014).

Para medir este parámetro, se emplean instrumentos como colorímetros, espectrofotómetros y espectrorradiómetros, los cuales requieren una alta homogeneidad cromática en las muestras para obtener resultados reproducibles. Sin embargo, lograr dicha homogeneidad en muestras pequeñas puede ser complicado. Por ello, actualmente se utiliza el análisis digital de imágenes como alternativa para la medición del color.

El proceso necesita una cámara digital o un sistema de visión artificial con iluminación controlada, un conversor de señal analógica a digital y un software de procesamiento de imágenes. El sistema captura el tono a partir de los tres elementos fundamentales: rojo, verde y azul (RGB)—según el modelo tridimensional del color. Esta técnica permite obtener información precisa sobre el color total de la muestra, analizar su distribución interna y reducir la manipulación física del material (Valdés *et al*., 2023).

2.2.14.1. Escala de Grises Obtenido con Análisis de Imágenes. Las imágenes capturadas mediante cámaras, escáneres o computadoras suelen generarse a color. En contraste, las imágenes en escala de grises representan tonos que van del negro al blanco, y se utilizan para juzgar si un color percibido es equivalente a un valor dentro de esa escala (Tesillo, 2022). Estas escalas pueden obtenerse a través de fotografía profesional o mediante la conversión digital de imágenes a color, y son ampliamente utilizadas en ámbitos como la medicina, la

prensa, revistas, fotocopias, impresión e identificación de patrones. La transformación de una imagen en color a blanco y negro conlleva una pérdida de datos que no se puede evitar, ya que se elimina la información cromática y solo se conserva la luminancia. Este proceso reduce el espacio de representación de un modelo tridimensional (RGB) a uno unidimensional (escala de grises). Como resultado, colores que originalmente son visualmente contrastantes pueden adquirir niveles de luminancia similares, lo que borra sus diferencias cromáticas en la imagen final (Cabanach, 2019).

2.2.15. Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno, y se distinguen de los alcoholes porque su grupo hidroxilo está directamente unido a un anillo aromático, a menudo con sustituyentes como glucósidos enlazados a unidades de azúcar. Son relativamente polares, solubles en agua, y se encuentran ampliamente en las plantas, donde cumplen funciones defensivas frente a microorganismos e insectos, protegen contra la radiación ultravioleta y participan en la regulación del desarrollo vegetal (Zárate *et al*., 2021; Barboza, 2023).

Estos compuestos son reconocidos por su amplio espectro de actividades biológicas que contribuyen a la salud humana. Varios estudios clínicos, epidemiológicos y de laboratorio han evidenciado sus propiedades para combatir las alergias, antiinflamatorios, antibacterianos, anticancerígenos y cardioprotectores (Cadavid *et al*., 2023). El perfil fenólico vegetal también se utiliza en la descripción y supervisión de la calidad de los productos alimenticios, ya que su concentración puede verse alterada por los procesos de transformación. Esto permite detectar fraudes, modificaciones genéticas y el uso de antioxidantes sintéticos en productos alimentarios (Huamán, 2022).

Las plantas son la principal fuente natural de compuestos fenólicos, y su ingesta se vincula con ventajas como la disminución de la probabilidad de padecer enfermedades y el retraso del envejecimiento. En el caso del huacatay, se ha reportado actividad broncodilatadora, sedante, hipotensiva y antiinflamatoria, asociada a su cantidad de flavonoides tales como quercetagetina y sus formas glucosídicas y galactosídicas, patuletina, patuletina-7-glucósido, isoramnetina, dihidrotagetona, ocimeno, tagetona, limoneno, junto con compuestos en menor proporción como α-pineno, carvacrol, timol e isoeugenol (Boñón *et al*., 2020). Su actividad antioxidante se relaciona con la capacidad de estos para unir metales, bloquear la enzima lipoxigenasa y desactivar radicales libres (Quiñonez, 2017).

2.2.15.1. Cuantificación de Compuestos Fenólicos. El enfoque más común para evaluar la cantidad total de componentes fenólicos es el de Folin-Ciocalteu. Este método utiliza un reactivo ácido que incluye polímeros complejos de ácidos fosfomolíbdico y fosfowolfrámico, que tienen la capacidad de oxidar los fenolatos y generar un complejo azul de molibdeno y wolframio. Aunque la estructura exacta de este complejo no está completamente definida, se sabe que su formación requiere un medio alcalino para que la oxidación de los fenoles sea efectiva. Durante el proceso, el molibdato y el wolframio se reducen parcialmente de su estado de oxidación +6 a +5. La intensidad del color azul generado se mide por espectrofotometría UV-Vis a una longitud de onda de 760 nm (Quiñonez, 2017).

Conjuntamente al procedimiento de Folin-Ciocalteu, hay otras metodologías analíticas para medir o reconocer compuestos fenólicos, tales como la cromatografía en capa delgada (TLC), la cromatografía de gases (GC), la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) y distintos enfoques espectrofotométricos.

2.3. Marco Conceptual

3.1.1. Deshidratación

Se trata de un proceso mediante el cual se retira el agua de un alimento, ya sea por completo o en parte, para prolongar su conservación (Maupoey *et al.*, 2001).

3.1.2. Temperatura

La temperatura es una medida física que nos señala si un alimento está caliente o frío según nuestra percepción táctil. Se trata de una magnitud escalar que también está vinculada a la energía interna de un sistema. En términos operativos, se establece como la magnitud física que se obtiene con un termómetro (Jiménez, 2018).

3.1.3. Tiempo de Secado

Es el tiempo que toma la fase de deshidratación, que abarca desde que un alimento es expuesto al calor hasta la obtención de la humedad requerida, puede ser desde minutos, horas e incluso días.

3.1.4. Cinética

Este término hace referencia al movimiento o velocidades relacionadas a las reacciones químicas ocurridas en un alimento, estudiando su trayectoria en función del tiempo.

3.1.5. Modelo Page

Es un tipo de modelo matemático basado en la observación y es uno de los más comunes empleados para representar el fenómeno de hidratación de productos alimenticios, describiendo los cambios continuos en la cinética de primer orden a una cinética de orden cero (Armando *et al*. 2016).

3.1.6. Tagetes minuta

Hace referencia a una especie de hierba aromática, que se produce una vez por año y es muy demandada porque tiene cualidades que favorecen el bienestar (Massuh *et al*., 2017).

2.4. Hipótesis

La temperatura de deshidratación afecta significativamente a los parámetros cinéticos de secado, al contenido de compuestos fenólicos y a los indicadores morfológicos en las hojas de huacatay secas.

2.5. Operacionalización de Variables

A continuación, la Tabla 4 muestra las variables que se han definido conceptualmente, incluyendo cada una de sus dimensiones, los indicadores y las herramientas de medición utilizadas para llevar a cabo esta investigación de manera eficaz.

Tabla 4

Operacionalización de Variables

Tipo	Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Instrumento de medición	Escala de medición
Independiente	Temperatura	Temperatura a la que se le expone al alimento, para eliminar el contenido de agua.	Temperatura	°C	Termómetro	40, 60 y 80 °C
Dependiente	Cinética de secado	Cambio en el contenido de humedad de un alimento y en la fuerza de evaporación con el paso del tiempo	Humedad adimensional	Modelo Page (Curvas de secado)	Deshidratador Ficha de registro de datos	Escala arbitraria
	Compuestos fenólicos	Sustancias químicas presentes en cantidades mínimas en los alimentos	Cantidad de fenoles presentes en el huacatay	Fenoles (mg Eq AG/100 g)	Espectrofotómetro	Escala arbitraria
	Color	Análisis de imágenes	Imagen de 8 bits	Escala de grises	Cámara fotográfica	Escala arbitraria

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, busca respuestas a problemas prácticos específicos para generar un nuevo conocimiento científico, el cual se transforma en tecnología y busca una explicación determinando los fenómenos que ocurren al manipular intencionalmente la variable independiente (Ramos, 2020). Debido a la manipulación de las variables independientes, también es de tipo experimental, ya que para este caso particular la temperatura se manipula para evaluar su influencia en los parámetros cinéticos del secado, la cantidad de compuestos fenólicos y en los aspectos morfológicos de las hojas de huacatay deshidratadas.

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de este estudio es explicativo, ya que busca analizar y clarificar cómo se comporta la cinética del secado, fenoles totales y el cambio de color frente a la aplicación de diferentes temperaturas de secado, buscando establecer una relación causa-efecto entre estas variables (Guevara *et al.*, 2020).

3.2. Diseño de Investigación

En este estudio se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde el origen de la muestra fue bloqueado y el factor temperatura de secado fue 40, 60 y 80 °C. Las variables de respuesta medidas incluyeron: el modo en que las constantes cinéticas de secado se comportan, la gradación de grises frente a los cambios en el color, y la cantidad total de compuestos fenólicos, como se ilustra en la Figura 3.

3.2.1. Esquema del Diseño Experimental

La Figura 3 muestra el esquema del experimento realizado en el estudio, destacando las etapas que incluyen la recolección de la materia prima y el secado del producto, modelamiento

de la cinética de secado; así como también la medición del color y determinación de fenoles. Y en la Tabla 5 se evidencia la combinación de tratamientos utilizados en la exploración.

Figura 3

Diagrama del diseño experimental de la investigación

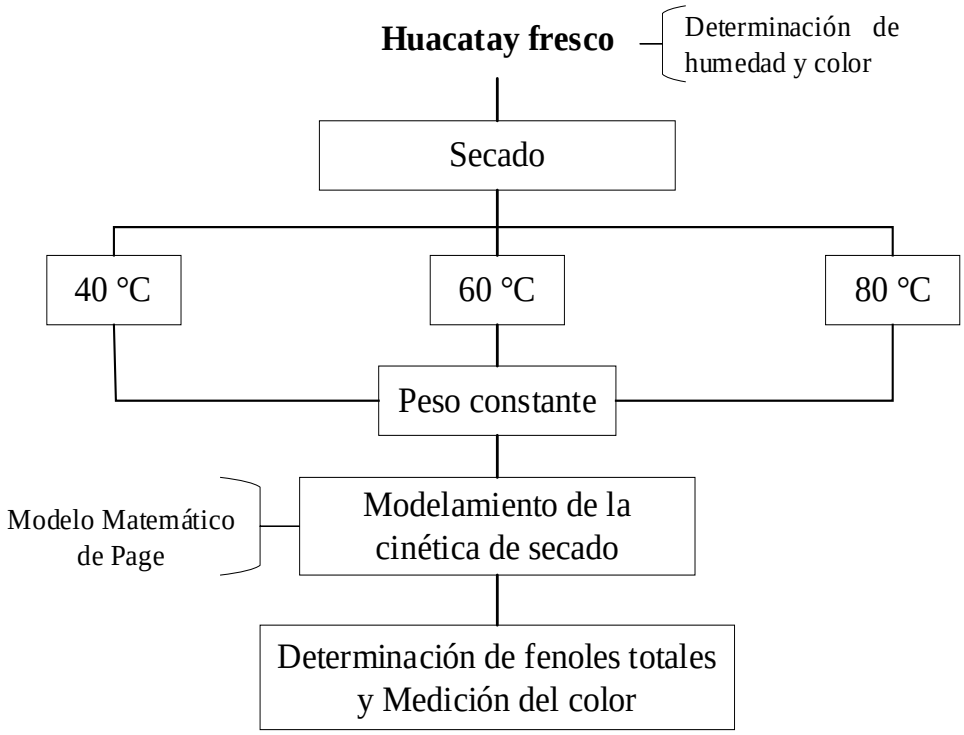


Tabla 5

Tratamientos experimentales

Tratamientos	**Bloques**	**Variable independiente**	**Variables dependientes**		
		Temperatura de secado (°C)	Parámetros de secado	Compuestos Fenólicos	Escala de grises
T1		40	-	-	-
T2	**B1**	60	-	-	-
T3		80	-	-	-
T1		40	-	-	-
T2	**B2**	60	-	-	-
T3		80	-	-	-

Nota. T1: temperatura de 40 °C. T2: temperatura de 60 °C. T3: temperatura de 80 °C. B1: Representa al bloque 1 y B2: Representa al bloque 2 del origen de las muestras.

Asimismo, el procedimiento experimental que se ejecutó en esta investigación se muestra a continuación mediante un esquema de flujo en la Figura 4, incluyendo operaciones desde la recepción de las hojas de huacatay hasta el análisis final.

3.3. Métodos de Investigación

En este estudio se aplicó el enfoque hipotético deductivo, debido a que se inició con afirmaciones generales para alcanzar una conclusión particular, buscando contrastar la veracidad de la hipótesis planteada. La comprobación de su veracidad permite la ampliación de la teoría de la que se partió generando un aporte importante al conocimiento solucionando problemas tanto de aspectos teóricos como prácticos (Sánchez, 2019).

3.4. Población, Muestra y Muestreo

3.4.1. Población

En esta investigación se consideró como población al huacatay (*Tagetes minuta*), proveniente del caserío de Miraflores y centro poblado La Púcara, ubicado en el distrito de Tacabamba, provincia de Chota, región Cajamarca, se ha considerado estos lugares ya que en ellos se encuentran la mayor cantidad de producción de huacatay y es cultivado por los mismos agricultores de estas zonas.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 500 g de hojas huacatay (*Tagetes minuta*) para cada bloque (lugar de origen), obtenidos del caserío de Miraflores y del centro poblado La Púcara), ubicados a 2957 m s.n.m., con coordenadas UTM: [-6.435800, -78.489678], en el distrito de Tacabamba, provincia de Chota, región Cajamarca, tal y como se ilustra en la Figura 4.

Figura 4

Ubicación del lugar de procedencia de la muestra

Nota. Ubicación geográfica obtenida de Google Earth (2024).

3.4.3. Muestreo

El muestreo que se utilizó en esta investigación es el no probabilístico por conveniencia ya que se tomó el huacatay teniendo en cuenta aspectos como la disponibilidad de materia prima, cercanía al lugar de procedencia y aspectos económicos propios del investigador (Otzen, 2017). Dicho muestreo se llevó a cabo seleccionando el huacatay con el color adecuado, ausencia de picadura de insectos, ausencia de daños físicos y otros defectos.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

A continuación, en la Tabla 6, se muestran los instrumentos y técnicas utilizadas para recabar la información y los datos imprescindibles para realizar adecuadamente esta investigación.

Tabla 6

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Datos recolectados
Observación directa	Ficha de observación	Características de las hojas del huacatay
Evaluación de la cinética de secado	Deshidratador (secador de bandeja) Modelo de Page	Valores de humedad, pérdida de peso Curvas de secado
Determinación de fenoles	Espectrofotómetro	Contenido de fenoles totales (mg Eq AG/100 g)
Determinación del color	Cámara fotográfica	Color en escala de grises

3.5.1. Preparación y Secado de las Hojas de Huacatay

A. Recepción y Selección de Hojas de Huacatay. Se recolectaron 5 kilogramos de hojas frescas de huacatay y se llevaron al laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. La selección se llevó a cabo separando las hojas que cumplen con las condiciones requeridas para el análisis de aquellas que presentan daños físicos y biológicos.

B. Primer Pesado. Después de elegir las hojas, se llevó a cabo el pesaje en una balanza de precisión, aproximadamente 2 kg de hojas huacatay, las mismas que se utilizaron para el análisis.

C. Lavado y Desinfección. El proceso de limpieza se llevó a cabo utilizando agua potable en flujo constante, con el propósito de quitar la tierra y otras impurezas que pudieran estar pegadas al producto. La desinfección se realizó sumergiendo las hojas en una mezcla de hipoclorito de sodio (NaClO) a una concentración de 0,05% (Huamán, 2021).

D. Escurrido. Esta operación se llevó a cabo extendiendo las hojas en papel toalla expuestas a temperatura del entorno durante un período cercano a 30 minutos, con el fin de escurrir el agua y residuos del NaClO adheridos a las hojas (Huamán, 2021).

E. Pesado. Posterior al escurrido se pesaron 30 g de hojas de huacatay para cada unidad de prueba, acumulando un total de 90 g por tratamiento.

F. Secado. Para el proceso de secado, se dispusieron las hojas en bandejas y se introdujeron en la Deshidratador, la cual fue ajustada a temperaturas de 40, 60 y 80 °C. Las pesadas se llevaron a cabo cada 10 minutos hasta que se observó un peso estable (Huamán, 2021). Por último, se llevó a cabo el modelado de la cinética de secado y la evaluación del color. Las evidencias del procedimiento detallado anteriormente se muestran en el Anexo 1.

3.5.2. Determinación de la Humedad Inicial del Huacatay

Antes de iniciar el proceso de secado, se llevó a cabo la medición de la humedad de las hojas de huacatay en su estado fresco, empleando un horno que se había ajustado con antelación a una temperatura de entre 95 y 100 °C, hasta lograr un peso constante, siguiendo las indicaciones del método 934,01 de la AOAC (2016). Los hallazgos se presentaron en forma de porcentaje y la materia seca (en base seca) se estimó mediante la diferencia de pesos (Figueroa, 2021), utilizando la Ecuación 5.

$$\%\, humedad = \frac{P_1 - P_2}{M} x100 \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

P_1 = Peso de la placa + muestra húmeda (g)

P_2= Peso de la placa + muestra seca (g)

M = Peso de la muestra (g)

3.5.3. Construcción de las Curvas de Secado

Las gráficas del secado se elaboraron al representar cómo cambia la pérdida de humedad de las hojas de huacatay a lo largo del tiempo, específicamente cada 30 minutos (Xt) hasta llegar al equilibrio, para las diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C) de estudio (Ecuación 6), explicándose los fenómenos que ocurren en este periodo de tiempo (Iglesias *et al*., 2018).

$$\boldsymbol{Mt = \frac{Ft - Fs}{Fs}} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

Ft: representa al peso del material húmedo (kg)

Fs: representa al peso del producto seco (kg)

Mt: representa a la humedad en base seca (kg agua/ kg sólido seco)

Con el Meq, se determinó el valor de la humedad libre (M) en kg de agua libre por kg de sólido seco para cada uno de los valores de Xt usando la Ecuación 7. Esta (M) representa la humedad que el sólido puede soltar tras un periodo de exposición al aire bajo las condiciones definidas.

$$M = M_t - M_{eq} \qquad \text{Ecuación 7}$$

3.5.4. Modelamiento de la Cineteca del Secado

Se obtuvo las cinéticas de secado de cada una de las muestras secadas a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C), para lo cual se utilizó una Deshidratador a escala de laboratorio, la misma que fue previamente programada a las temperaturas requeridas, y en el interior se colocaron las hojas de huacatay en bandejas de secado y se anotó el peso de la muestra de acuerdo con el tiempo que pasó hasta alcanzar un peso estable (Martínez *et al*., 2009).

La modelización de los datos experimentales obtenidos durante el proceso de secado se llevó a cabo mediante el modelo de Page (ver Anexo 2), tomando como referencia al modelamiento aplicado por Angarita (2019), el mismo que se muestra en la Ecuación 8.

$$MR = exp^{[(-kt)^n]}$$ Ecuación 8

Donde:

k y n = parámetros del modelo.

t: tiempo

3.5.5. Determinación de Fenoles Totales

La cantidad total de fenoles en las hojas de huacatay que habían sido trituradas se determinó mediante espectrofotometría, utilizando una reacción colorimétrica de redox según lo indicado por (Gracia, 2007) (ver Anexo 3). En este caso, el reactivo oxidante fue el reactivo de Folin-Ciocalteu y se llevó a cabo el siguiente proceso:

- **Preparación de la Curva de Calibración.** Se empleó una solución estándar de ácido gálico (0,1 mg/mL) de la que se extrajeron volúmenes desde 0 µL hasta 160 µL en incrementos de 20 µL, completando el volumen total de cada uno a 500 µL con agua destilada.
- **Preparación de las Muestras.** Se midieron 0,5 g de huacatay que ya habían sido molidos y se disolvieron en 9,5 mL de metanol. Se llevó a cabo una dilución de 1:10 en agua destilada y de esta preparación se extrajeron 100 µL, los cuales se completaron a 500 µL con agua destilada.
- **Procedimiento.** Se agregó a cada una de las muestras y tratamientos previamente elaborados un volumen de 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu a 1N, y se sometieron a ultrasonido durante 5 minutos. Luego, se incorporaron 1250 µL de carbonato de sodio (Na2CO3) al 6%, permitiendo que reposaran por 30 minutos. La absorbancia se determinó

a una longitud de onda de 760 nm. Los hallazgos se presentaron en miligramos de ácido gálico por gramo de producto (mg GA/g extracto) (Anexo 3).

3.5.6. Morfología Mediante Análisis de Imágenes

La determinación del color se llevó a cabo por el método computacional descrito por Crispín (2023). Par la aplicación de dicho método se utilizó una caja de cartón con el interior de color negro con un soporte para colocar una cámara digital (ver Anexo 4), en este caso se utilizó la cámara de un teléfono celular, que fue ubicado de forma vertical a aproximadamente 22,5 cm de distancia de la muestra, la caja contaba 4 focos para iluminar el interior de la caja y de esta manera obtener imágenes con mayor nitidez. Para la captura de las imágenes, se configuró la cámara del celular de la siguiente manera: Flash apagado, alta calidad y se consideró una distancia focal 40 mm

Procesamiento de Imágenes. Después de haber obtenido las imágenes, se realizó la conversión de las imágenes originales a escala de grises (ver Anexo 5 y 11). Para lo cual cada una de las imágenes según la temperatura y el bloque, antes y después del secado, fueron invertidas y binarizadas a 8 bits. Seguidamente se segmentó toda el área que pertenecía a las hojas de huacatay y se procedió a analizar obteniendo parámetros como: el área que ocupa la hoja, el valor de escala de grises y la densidad integrada. Todo esto se realizó con ayuda del software ImageJ.

Considerando los valores obtenidos del área, escala de grises y densidad integrada, de acuerdo a cada una de las 3 temperaturas, del bloque 1 y bloque 2, de las hojas de huacatay antes de ser secadas y después de del secado. Para calcular la reducción de la densidad integrada (DIR), se utilizó la Ecuación 9.

$$DIR = \frac{D_i - D_p}{P_i} \times 100 \qquad \text{Ecuación 9}$$

Donde: D_i: Densidad integrada de la imagen antes del secado, y D_p: Densidad integrada de la imagen posterior al secado.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para el ordenamiento de los datos se utilizó el Microsoft Excel 2016, para su procesamiento de las imágenes el software ImageJ y para el procesamiento estadístico el Statgraphics por medio de un análisis de varianza para el diseño bloques completamente al azar (DBCA) con un factor, con un nivel de significancia establecido en el 5%, se buscó determinar si la temperatura de secado tiene un efecto relevante en la cinética de secado, el color y la cantidad de fenoles totales en las hojas de huacatay. Al encontrar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, se utilizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey. Esta prueba facilitó el reconocimiento de las discrepancias presentes entre los distintos tratamientos., lo que permitió explicar cómo actúan cada una de las variables, facilitando además la visualización del mejor de los tratamientos, dichas técnicas que se utilizaron se describen en la Tabla 7.

Tabla 7

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Técnicas de procesamiento	
Tabulación de resultados	Microsoft Excel 2016, Matlab y Minitab 20
Organizadores visuales	Tablas Gráficos (curvas de secado y barras,)
Procesamiento de imágenes	ImageJ
Técnicas de análisis de datos	
Constantes (modelo de Page)	k, n y R^2
ANOVA	p valor ($p < 0,05$ es significativo y $p > 0,05$ no significativo)
Prueba de Tukey	Comparación de los intervalos de confianza de 95%

3.7. Aspectos Éticos

Este trabajo de investigación fue desarrollado bajo condiciones experimentales adecuadas para cada análisis, con ausencia de peligros para el personal involucrado durante toda su etapa de desarrollo. Además, los resultados obtenidos son originales, conforme a la investigación y se han procesado confidencialmente.

Por una parte, la imparcialidad de este estudio se basa en que los análisis se realizaron siguiendo criterios técnicos, de manera justa, utilizando información veraz y resguardando la privacidad de las personas implicadas en la investigación. Asimismo, este estudio se llevó a cabo con datos de varios autores que fueron correctamente referenciados según las normas APA de séptima edición y conforme a las regulaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, logrando así la creación de un trabajo auténtico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de Resultados

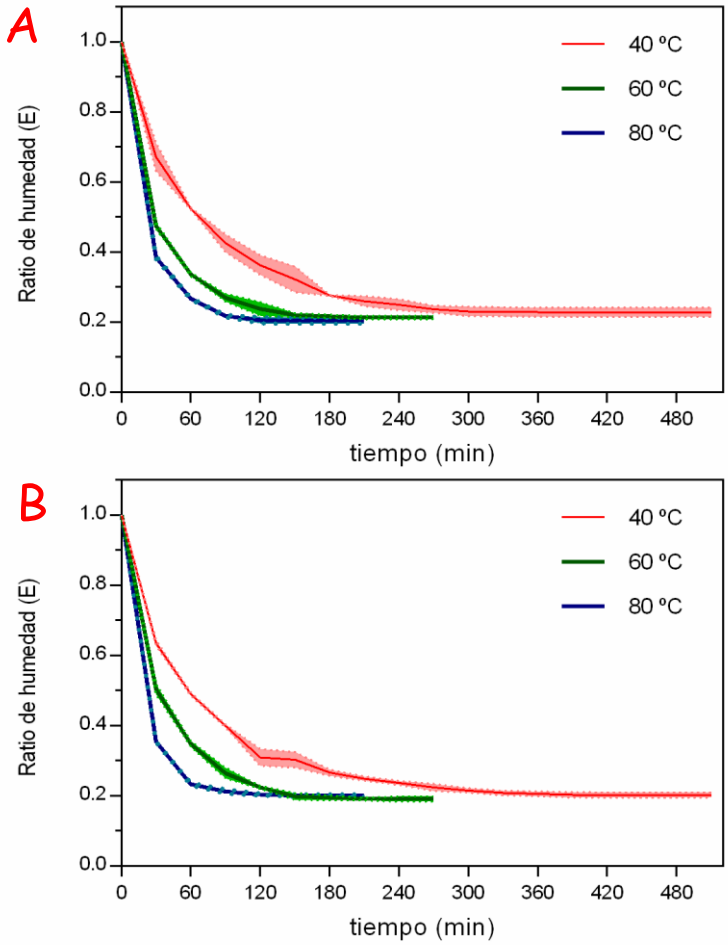
4.1.1. Evaluación de la Cinética de Secado de las Hojas de Huacatay

La humedad inicial promedio de las muestras de huacatay fue de ~80% y la humedad posterior al secado estuvo entre el 5,23% - 8,99%. En la Figura 5A y 6B se muestran los resultados de las curvas de secado bajo las tres temperaturas aplicadas, evidenciándose una tendencia decreciente de la humedad adimensional, la cual se hace más vertical cuando se incrementó la temperatura de secado. Además, se verificó que el tiempo de secado para lograr la humedad de equilibrio disminuyó con el incremento de la temperatura. Así, a las temperaturas de 40, 60 y 80 °C, la humedad de equilibrio se logró en 240, 150 y 120 minutos, respectivamente. Por consiguiente, elevar la temperatura del aire de secado disminuyó de manera significativa el tiempo requerido para que las hojas de huacatay presenten un menor contenido de humedad. Para poder tener un parámetro medible sobre estos resultados, se realizaron las comparaciones del modelo de Page en la Tabla 8.

Se realizó un análisis de varianza (anexo 6 y 7), donde para ambos parámetros de Page, de velocidad “k” y “n” como indicador de difusividad, se obtuvo que ambos factores (bloque origen de las muestras y temperatura) afectaron significativamente a “k” y “n”, predominando la temperatura con mayor influencia. La Tabla 8 muestra los parámetros del modelo de Page, donde según la comparación de medias Tukey reveló que el parámetro “k” y “n” varían considerablemente en función a la temperatura. En el caso de “k”, presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre temperaturas, siendo incrementado significativamente desde 40 a 60 y de 60 a 80 ºC; Por otro lado, en caso de “n” disminuyó con la temperatura, conformando un grupo homogéneo entre 60 y 80 °C, pero incrementando significativamente a 40 ºC.

Figura 5

Curvas de secado para los bloques A y B en función a las tres temperaturas (40, 60 y 80 °C)



Nota. Las sombras que se evidencian en cada una de las líneas representan a las curvas de predicción según el modelo de Page, donde la sobra más delgada o cercana a la curva de secado real, indica que el modelo tiene una mayor precisión y cuando la sobra es más ancha el modelo evidencia menor precisión. Por otro lado, la letra A refiere al bloque 1 y B al bloque 2.

Por otro lado, se realizaron comparaciones individuales para ambos parámetros “k” y “n”, donde la prueba de Tukey confirmó las diferencias significativas, agrupando las muestras en cuatro grupos o niveles, tanto para “k” y para “n”. En el caso de “k”, la velocidad es similar en 40A y 40B, formando un grupo homogéneo y presentando el valor mínimo, luego se incrementó hasta 60A formando un grupo independiente y continuó incrementándose con

mayor intensidad hasta 80A, y finalmente se evidenció otro incremento donde 80B y 60B formaron un grupo homogéneo.

En el caso de las comparaciones individuales para “n”, se obtuvo un grupo homogéneo con los valores máximos entre 40A y 40B, este valor disminuye significativamente para 60A, después disminuye significativamente para 80A, el cual no obtuvo diferencias significativas con 80B, y finalmente se obtuvo el grupo homogéneo con menores valores de “n”, conformado por 60B y 80B. Por otro lado, es importante acotar que todos los tratamientos presentaron valores para el coeficiente de determinación (R^2) mayores a 0,97, lo que indica un buen ajuste del modelo en todas las temperaturas y en sus 2 bloques, entre las cuales predomina la temperatura de 80 °C con una precisión relativamente mayor.

Tabla 8

Parámetros cinéticos de la ecuación de Page durante el secado

Tratamientos	***k (min^{-1})***	***n***	***R^2***
40A	$0{,}120\pm0{,}011^{aA}$	$0{,}431\pm0{,}016^{dB}$	0,978
40B	$0{,}136\pm0{,}003^{aA}$	$0{,}420\pm0{,}003^{dB}$	0,988
60A	$0{,}270\pm0{,}014^{bB}$	$0{,}332\pm0{,}011^{cA}$	0,994
60B	$1{,}320\pm0{,}006^{dB}$	$0{,}217\pm0{,}007^{aA}$	0,993
80A	$1{,}246\pm0{,}013^{cC}$	$0{,}266\pm0{,}019^{bA}$	0,996
80B	$1{,}314\pm0{,}007^{dC}$	$0{,}237\pm0{,}008^{abA}$	0,997

Nota. Media ± SD; letras distintas indican diferencias significativas ($p\leq0{,}05$) entre tratamientos. Superíndice con letras minúsculas indican la prueba de Tukey para los bloques y superíndice con letras mayúsculas indican la prueba de Tukey para la temperatura.

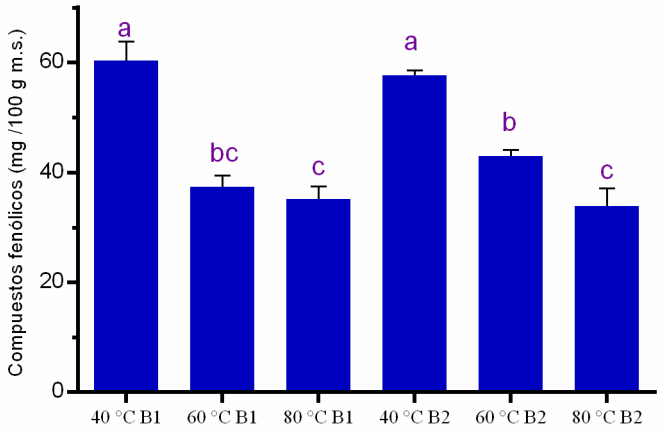
4.1.2. Contenido de Compuestos Fenólicos Totales en las Hojas de Huacatay Secadas

En cuanto al contenido de fenoles totales en las hojas de huacatay, en general se evidenció que este contenido disminuye al incrementarse la temperatura de secado. En función al ANOVA múltiple, se obtuvo que el bloque (origen) resultó no siendo significativo; sin embargo, la temperatura tuvo un efecto significativo ($p\leq0{,}05$) sobre la concentración de fenoles

totales (Anexo 8). En base a estos resultados, la comparación de medias Tukey reveló que a 40 °C se alcanzó el mayor contenido de fenoles y esta concentración disminuye significativamente con el incremento de la temperatura, es decir fue significantemente menor en 60 ºC y esta significativamente menor a 80 ºC. Además, se realizaron las comparaciones individuales (Figura 6), donde evidentemente se agruparon las muestras de acuerdo a la concentración, obteniendo un máximo para 40A y 40B, luego con una pérdida significativa para 60B, el cual no llegó a tener diferencias significativas con 60A, y finalmente se tuvo un grupo homogéneo entre 80B, 80A y 60A, este último grupo tendría por tanto un contenido menor de compuestos fenólicos totales. Esto permite afirmar que a menor temperatura de secado (40 °C) se logra preservar mejor el contenido de fenoles en el huacatay y cuando la temperatura se incrementa se produce una mayor degradación de este componente.

Figura 6

Contenido de fenoles en las hojas de huacatay en función a las tres temperaturas de secado



Nota. Para el bloque 1 (B1), las barras a 60 y 80 °C no presentan diferencia significativa debido a que las letras minúsculas son bc y c, respectivamente. Si existen diferencias significativas entre a (40 °C) y bc (60 °C) y entre a (40 °C) y c (80 °C). Para el bloque 2 (B2), las letras minúsculas diferentes que se presentan en la parte posterior de las barras indican diferencias significativas.

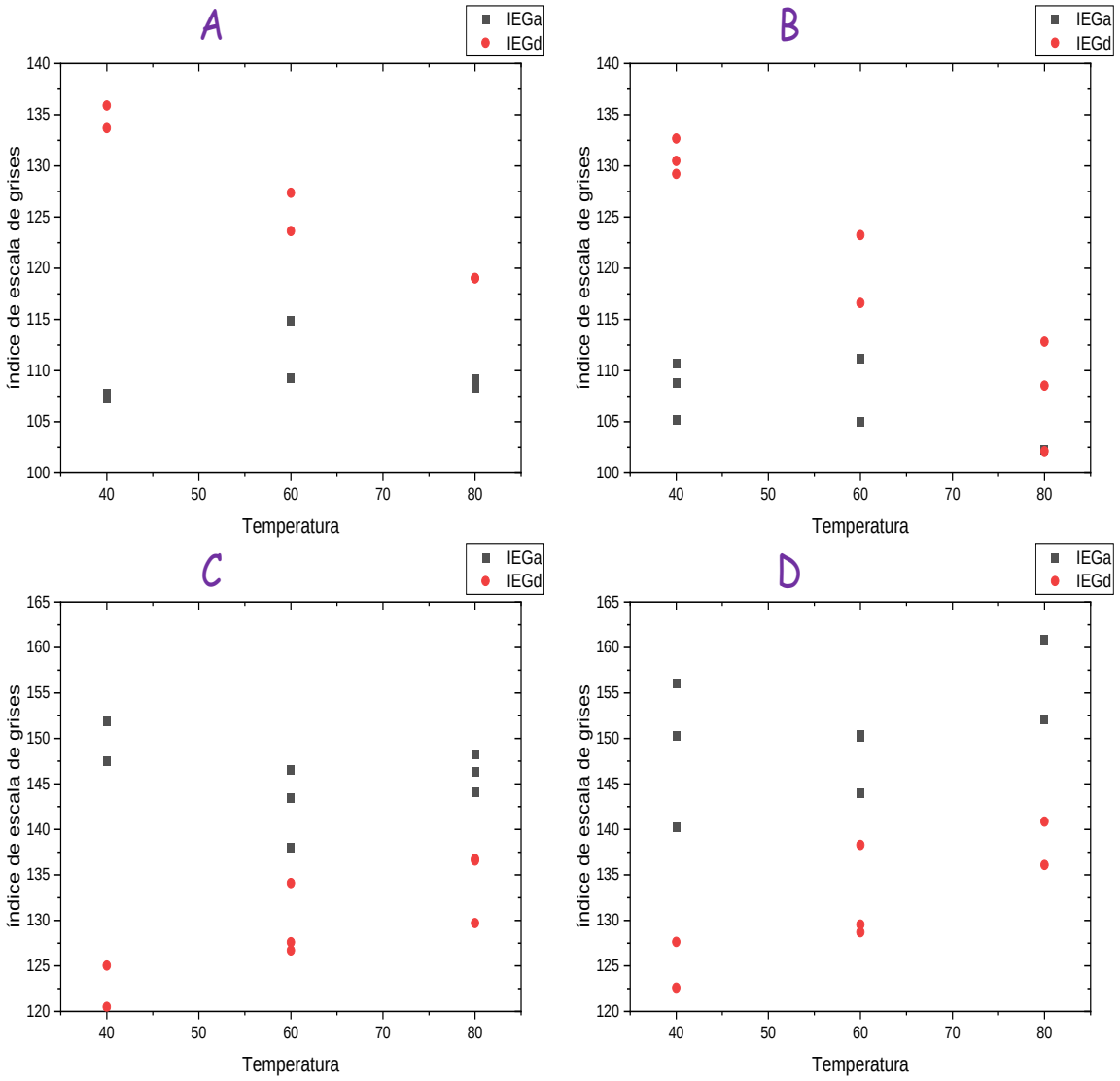
4.1.3. Morfología de las hojas de huacatay en función a las 3 temperaturas de secado

Con la finalidad de expresar los resultados de los cambios en la morfología, ya sea para los cambios de color, se realizó las medidas de la intensidad de grises. La Figura 7 muestra la intensidad de grises antes (IEGa) y después (IEGd) del secado de las hojas de huacatay a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C). Se consideró el procesamiento con imagen sin invertir las imágenes (gráficos A y B), e invirtiendo la imagen (gráficos C y D). Donde se observa que IEGa fue prácticamente constante en la mayoría de los gráficos, lo que era esperado; sin embargo, los efectos en IEGd muestra un aumento en la escala de grises en las imágenes sin invertir, que fue especialmente mayor en las hojas secadas a 40 ºC y poco menor en las hojas secadas a 60 ºC. El perfil de estos cambios fue inverso cuando se invirtió las imágenes (como ya era esperado), siempre tomando en cuenta que los valores mínimos en este caso fueron en el secado a 40 ºC, seguidos de 60 ºC y prácticamente sin cambios los secados a 80 ºC.

Con la finalidad de contrastar estos resultados y reforzarlos se realizó una comparación porcentual de la proporción de los cambios en la escala de grises (IEG) que se muestra en la figura 8, así también en la misma figura se muestra las comparaciones con respecto a la reducción de la densidad integrada (DIR). En relación a la proporción de los cambios en la escala de grises (IEG) se observa que fue menor a medida que se incrementó la temperatura para ambos bloques. Los mayores cambios fueron en el secado a 40 ºC, seguidos de 60 ºC y los menores cambios se evidenció a 80 ºC. Asimismo, con respecto a la reducción de la densidad integrada (DIR) se observa cambios similares, es decir a mayor temperatura la reducción de la densidad fue menor para el bloque 1; sin embargo, en el bloque 2 el secado a temperaturas de 40 y 60 °C presentaron una reducción similar, y el secado a 80 °C presentó la menor reducción.

Figura 7

Escala de grises (IEG) antes y después del secado de las hojas de huacatay



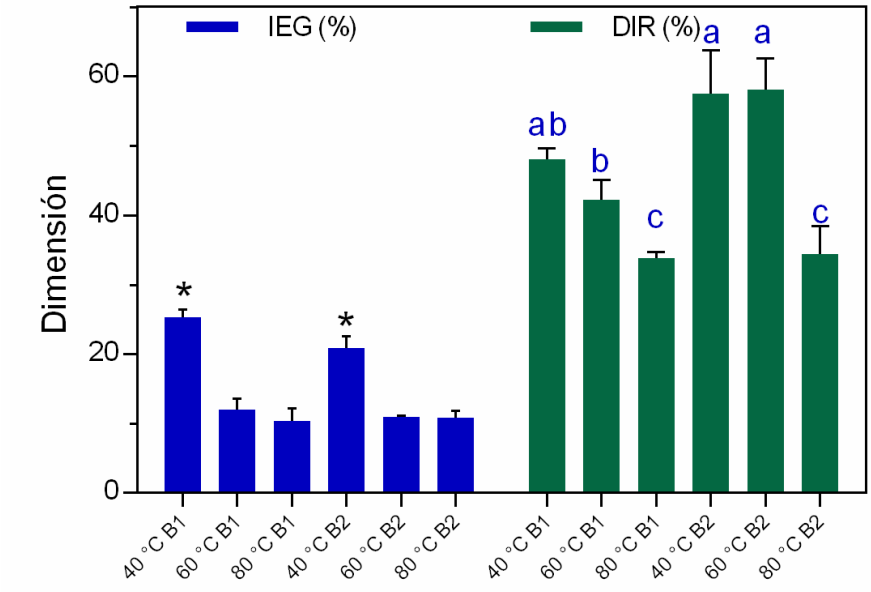
Nota. A, muestras del lote 1 para índice de escala de grises; B, muestras del lote 2 para índice de escala de grises; C, muestras del lote 1 para índice de escala de grises con imagen invertida; D, muestras del lote 2 para índice de escala de grises con imagen invertida

El análisis de varianza (ANOVA) para la variación porcentual de la escala de grises (IEG) presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en función a la temperatura (ver Anexo 9), pero no en función al bloque (origen). La prueba de diferencia de medias Tukey indica dos grupos homogéneos, donde la temperatura de 40 °C (22,83%), obtuvo valores significativamente mayores en contraste con 60 y 80 ºC (~11%). Por medio de las comparaciones individuales Tukey, se evidenciaron dos grupos homogéneos, con la misma

lógica, donde se obtuvo una mayor variación del índice de escala de grises en 40 ºC tanto para 40A y 40B (figura 8).

Figura 8

Variación porcentual de la escala de grises y variación porcentual de la reducción de densidad integrada (DIR)



Nota. Barras de color azul indican la proporción de cambios respecto a la escala de grises de las imágenes sin invertir; barras verdes indican la reducción de la densidad integrada. Asterisco (*) indica diferencias significativas; letras minúsculas diferentes indican también diferencias significativas.

La variación porcentual de la densidad integrada es un indicador complementario con respecto a la morfología de las hojas deshidratadas. Al realizar el ANOVA, se encontró diferencias significativas tanto para bloque, como para la temperatura de proceso. De acuerdo a Tukey los tratamientos a 40 y 60 °C forman un grupo homogéneo que se diferencian significativamente del tratamiento a 80 °C (menores valores de DIR). Las comparaciones individuales Tukey confirman que se obtuvo menores valores a 80 ºC (80A y 80B), sin obtener diferencias significativas con respecto a 60A y este tratamiento sin diferencias con 40A, este sin diferencias con 40B y 60B, lo que conformaron un grupo homogéneo (ver Anexo 10); esto último sea causado por el origen de las muestras deshidratadas.

4.2. Contrastación de Hipótesis

Para realizar el contraste de hipótesis, se analiza lo siguiente:

H_0: La temperatura de deshidratación no afecta significativamente a los parámetros cinéticos de secado, al contenido de compuestos fenólicos y a los indicadores morfológicos en las hojas de huacatay secas.

H_1: La temperatura de deshidratación afecta significativamente a los parámetros cinéticos de secado, al contenido de compuestos fenólicos y a los indicadores morfológicos en las hojas de huacatay secas.

En función al análisis estadístico (ANOVA), para determinar el efecto de la temperatura sobre la cinética de secado, el contenido de fenoles totales y la morfología, se obtuvo diferencias significativas en todas las variables, tal y como se exhibe en la Tabla 9.

Tabla 9

Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis

Variables dependientes	**Indicador**	**Significancia p-valor (Bloque: origen)**	**Significancia p-valor (Factor temperatura)**
Constantes de la cinética de secado	k	≤ 0,05	≤ 0,05
	n	≤ 0,05	≤ 0,05
Fenoles totales	GAE/100 g bs	≥ 0,05	≤ 0,05
Escala de grises	% IEG	≥ 0,05	≤ 0,05
Densidad integrada	**%** DIR	≤ 0,05	≤ 0,05

Entonces, al identificarse diferencias significativas en todas las variables independientes, se puede deducir que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa que menciona que la temperatura de deshidratación afecta significativamente a los parámetros cinéticos de secado, contenido de compuestos fenólicos y al color de las hojas de huacatay (*Tagetes minuta*). Esto es fundamentado por Fernández & Mullor (2024) que menciona que cuando p-valor es inferior o igual a 0,05 al considerar un grado de confianza del 95%, se puede

afirmar que la variable independiente, en esta ocasión la temperatura de secado, tiene un impacto notable en las variables dependientes, que incluyen la cinética del secado, la cantidad de fenoles y la estructura según la escala de grises (IEG) y la densidad integrada (DIR), o también indica la correlación de dichas variables. Esto permite aceptar la H_1, porque la H_0 no se puede mantener según la muestra.

Antes de la aplicación de pruebas de hipótesis paramétricas, se verificaron los supuestos fundamentales de normalidad, homogeneidad e independencia de varianzas de los residuos para las variables analizadas. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Anderson–Darling, cuyos valores-p fueron superiores al nivel de significancia de 0.05 en todas las variables, lo que indica que no se rechazó la hipótesis nula de distribución normal. La homogeneidad de varianzas entre los grupos definidos por el factor experimental (temperatura) se comprobó mediante la prueba de Bartlett, también con valores-p mayores a 0.05, evidenciando que las varianzas pueden considerarse estadísticamente iguales. Finalmente, la prueba de Durbin–Watson aplicada sobre los residuos de los modelos lineales mostró valores del estadístico D-W cercanos a 2 y valores-p no significativos ($p > 0.05$), lo que sugiere ausencia de autocorrelación y, por tanto, independencia de los errores.

Tabla 10

Resumen del análisis obtenido para las pruebas de normalidad (Anderson–Darling), homogeneidad de varianza (Bartlett) e independencia (Durbin–Watson)

Variable	Normalidad (Anderson-Darling		Homogeneidad de varianza (Bartlett)		Independencia (Durbin-Watson)	
	Estadístico A	valor p	Bartlett's K^2	valor p	DW Statistic	valor p
k	2.6526	0.053	7.3199	0.052	0.9393	0.054
n	1.0234	0.081	6.5378	0.054	1.2929	0.204
Fenólicos	1.0100	0.086	0.3026	0.859	2.1356	0.818
Grises	1.2902	0.153	3.4644	0.177	1.5199	0.118
DIR	0.1546	0.946	1.7463	0.418	2.6578	0.338

4.3. Discusión de Resultados

La cinética del proceso de secado mostró un comportamiento pronunciado en la cinética de secado de la humedad adimensional, al incrementar la temperatura del secado. En consenso, Pineda et al. (2009) en su trabajo sobre el secado de hojas de morera también hallaron que conforme a medida que subía la temperatura del ambiente, la inclinación en la curva de deshidratación se hacía más pronunciada, y, por ende, disminuía el tiempo de secado. De acuerdo con lo mencionado por Demiray et al. (2023), ese efecto se origina en el incremento de la temperatura del producto y en el incremento del coeficiente de difusión del agua, lo que a su vez contribuye al aumento de la tasa de evaporación. Por otro lado, el aire a temperaturas altas propicia el intercambio de aire y la circulación, lo que hace que el vapor de agua sea escaso, contribuyendo a disminuir el tiempo necesario al final del secado (Cubas & Sempertegui, 2024). La disminución del tiempo de secado puede explicarse por el incremento de la variación en la presión de vapor entre el producto y el aire utilizado para secar, lo que favorece un aumento en la evaporación. Este efecto también está influenciado por la estructura

del material vegetal, la propia técnica de secado utilizada y el aumento en los coeficientes de transferencia de masa (Palomino, 2016).

Los resultados del presente experimento mostraron que las hojas de huacatay aceleraron el proceso de secado, evidenciado por medio de la velocidad de secado "k", que obtuvo un alto coeficiente de correlación ($R^2 > 0,97$). Esto basado en el modelo de Page, que también fue confirmado por diversos estudios anteriores, como en el caso de Pineda *et al*. (2009), quienes, en el proceso de secado de las hojas de morera, se informó que el coeficiente de correlación fue de 0,985. De igual manera, Iglesias et al. (2018) realizaron el secado de hojas de moringa a temperaturas de 40, 50 y 60 °C. y fueron apreciando una ligera disminución del R^2 conforme aumentó la temperatura (0,994; 0,995; 0,943 respectivamente).

Se encontró que, para los parámetros del modelo de Page, la constante "**k**" correspondiente a la velocidad de secado aumentaba considerablemente al elevarse la temperatura, siendo menor a 40 °C y más alta a 60 y 80 °C, en relación con "n" disminuyó el valor de manera recíproca con la constante "k". Estos valores fueron superiores a los reportados por Iglesias (2018), quien obtuvo valores de "k" que se incrementaron de 0,012 a 0,038 y valores de "n" que se redujeron de 1,94 a 0,038 con el aumento de la temperatura; por lo que este trabajo también confirma la reciprocidad o correlación entre las constantes de secado. Esto se debe posiblemente a que, al incrementarse la temperatura, la velocidad de secado se incrementa requiriendo de menor tiempo para finalizar dicho proceso (Cerron & Junchaya, 2019). En tal sentido, la temperatura influye considerablemente en la rapidez de secado.

El contenido de fenoles totales de las hojas de huacatay deshidratadas a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C) fue decreciendo de forma proporcional con el aumento de la temperatura pasando de 60,35 mg GAE/100 g m.s. a 40 °C, hasta 33,89 mg GAE/100 g m.s. a 80 °C. No obstante, Boñón *et al*. (2020) estudiaron también el secado en las hojas de huacatay a 50, 60 y 70 °C, donde mostraron una tendencia a la disminución del contenido total de fenoles

en relación con el aumento de la temperatura de secado por túnel, donde se cuantificó fenoles basado en el ácido clorogénico, evidenciando una perdida por secado convectivo alrededor del 40% en contraste con las muestras frescas (control); sin embargo este trabajo no encuentra diferencias claras con respecto al efecto de la temperatura, ya que a 55 ºC se encontraron mayores concentraciones de fenoles a comparación con las temperaturas 40 y 70ºC. La pérdida de fenoles a altas temperaturas podría explicarse en parte por una activación, de las enzimas responsables de tal degradación, como la polifenoloxidasa o performance de la ruptura de pared celular y con ello la posterior liberación de compuestos fenólicos que habrían estado enlazados (Alvarez *et al*., 2019). Los resultados del presente estudio también fueron coherentes con los reportados por Luna *et al*. (2024), quienes, al observar efectos significativos de la temperatura en los compuestos polifenólicos del mático, determinaron que a temperaturas superiores la concentración disminuye, mientras que a temperaturas inferiores tiende a aumentar. La reducción de compuestos fenólicos durante la deshidratación por calor se puede explicar como resultado de la transformación térmica de compuestos bioactivos que son sensibles al calor.

En cuanto a la morfología de las hojas de huacatay expresan los cambios de color en escala de grises a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C). Las intensidades de escala de grises se incrementaron o disminuyeron (color invertido en la imagen) notablemente después del secado, siendo el cambio más evidente a 40 °C, lo que indicaría una acentuación del color verde, que posiblemente por descomposición térmica se pierde cuando se incrementa la temperatura de secado. A temperaturas más bajas la clorofila presenta menos degradación y se conserva en mayor medida el color verde (Loayza et al., 2023). La tendencia a un mayor oscurecimiento en las temperaturas más altas de secado podría explicarse por la activación de la descomposición de la clorofila, donde ocurre al inicio una reacción de feofitinización en donde el magnesio a nivel atómico es reemplazado progresivamente por protones, formando así el pigmento feofitina, un pigmento marrón-oliva que contribuye a la pérdida del color verde

típico (Zambrano, 2017). Los cambios de la proporción de escala de grises y la reducción de densidad integrada (DIR) fueron sensibles a estos cambios en proporciones similares y se deben a los mismos efectos de la temperatura; por lo que este proceso explica la decoloración observada en nuestro estudio con el aumento de temperatura, reflejada en tonalidades más claras en la escala de grises.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó la cinética de secado de las hojas de huacatay a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C), observándose una aceleración de la disminución de la humedad adimensional, alcanzando más rápidamente la humedad en equilibrio al incrementarse la temperatura. El modelo de Page confirmó un buen ajuste en todos los tratamientos ($R^2 \sim 0,99$); asimismo, sus parámetros “k” y “n” fueron condicionados por la temperatura.

Se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales en la cual, disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) al incrementarse la temperatura, preservándose mejor a 40 °C y la mayor degradación se produjo a 60 y 80 °C.

Se analizó la morfología por medio de análisis de imágenes, midiendo los cambios en los parámetros morfológicos por medio de análisis de imágenes como escala de grises y densidad integrada en las hojas de huacatay secadas. Donde en el caso de la escala de grises (IEGa y IEGd), esta incrementó después del secado, pero el cambio fue mayor cuando la temperatura fue menor. Incluso cuando se invirtió las imágenes en su procesamiento, se mantuvo esta tendencia. Esta tendencia también fue corroborada por la reducción de la escala de grises (DIR), que, también fue mayor cuando la temperatura fue menor.

Basado en los resultados previos, cuando el secado fue realizado a menores temperaturas, se obtienen hojas con mejores características químicas y morfológicas, esto bajo las condiciones experimentales del presente estudio.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda que se escojan temperaturas de secado relativamente bajas (40 °C) ya que de este modo se puede conseguir reducir la pérdida de compuestos fenólicos y preservar más el color similar a las hojas frescas.

Realizar estudios complementarios para evaluar la percepción que tendrían las personas sobre las hojas de huacatay secas, que presentan un color similar a las hojas de huacatay frescas.

Teniendo en cuenta el importante contenido de compuestos bioactivos que posee el huacatay, se sugiere investigar su aplicación como elemento funcional en productos dietéticos, complementos alimenticios, o en preparaciones medicinales de tipo tradicional.

A su vez, se sugiere utilizar otros modelos predictivos que simulen la cinética del secado de las hojas de huacatay y determinar cuál de ellos predice más acertadamente.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

Ahumada, F. (2019). *Obtención de Harina de Rocoto (Capsicum pubescens) y Huacatay por Método de Secado, para su Aplicación en la Formulación de Crema de Rocoto*. [Tesis para Optar el Título Profesional, Universidad Nacional de San Martín de Arequipa, Arequipa, Perú]. https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/94f0b4c0-af85-4d57-9e63-71bb80cad28e/content

Alvarez, E., Contreras, F., Rodrigo, G., De la Rosa, L., García, J., & Núñez, J. (2019). Cinética de secado y efecto de la temperatura sobre las características físicas y compuestos fenólicos de chile jalapeño rojo (*Capsicum annuum* L.). *Biotecnia, 21*(1), 139-147. https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971082019

Andrade, E., Figueira, V., Teixeira, L., Martinazzo, A., & Araujo, K. (2019). Effect of drying kinetics on color of "dedo de moça" chili peppers (*Capsicum baccatum*). *Engenharia Agrícola, Jaboticaba, 39*(5), 659-66. https://doi.org/Doi: http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n5p659-667/2019

Angarita, N. (2019). *Estudio experimental de modelos cinéticos de secado para cuantificar propiedades físicas de la remolacha (Beta vulgaris).* [Trabajo de grado para optar al título. Universidad de Pamplona, Pamplona]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5318/1/Angarita_2019_TG.pdf

Armando, J., Rosas, P., Ramírez, J., & Ulloa, B. (2016). Modelación matemática de las cinéticas de hidratación a diferentes temperaturas de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) producidas en México. *CienciaUAT, 10*(2), 52-62. https://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v10n2/2007-7858-cuat-10-02-00052.pdf

Atieno, F., Odhiambo, I., & Chepkwony, S. (2023). Opondo et al., 2023-EJAS-14665-Evaluación de la composición fitoquímica de extractos y análisis proximal de hojas y flores en polvo de Tagetes minuta. *Avances en el procesamiento de imágenes y vídeo , 11*(4). https://doi.org/10.14738/aivp.114.14665

Bandana, K., Raina, R., Kumar, M., & Rani, J. (2018). Tagetes minuta: una visión general. *Revista Internacional de Estudios Químicos, 6*(2), 3711-3717. https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartAZ/6-2-452-241.pdf

Baquerizo, A. (2023). *Modelado de la cinética de secado e isotermas de adsorción de agua de oca amarilla (Oxalis tuberosa variedad amarilla) y oca roja (Oxalis tuberosa variedad roja)*. [Informe Final de Integración Curricular, Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37930/1/CAL%20055.pdf

Barboza , M. (2023). *Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar de tuna (Opuntia ficus-indica) con aguaymanto (Physalis peruviana* L.). [Tesis para optar título Profesional, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú]. https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/343/Barboza_Mej%c3%ada_MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Batish, D., Arora, K., Singh, H., & Kohli, R. (2007). Potential utilization of dried powder of Tagetes minuta as a natural herbicide for managing rice weeds. *Crop Protection, 26*(4), 566-571. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.05.008

Boñón, C., Vejarano, R., & Salas, F. (2020). Effect of tunnel drying, freeze-drying and spray-drying on ioxidant activity and phenolic compounds of huacatay. *Digital Object Identifier*, 1-8. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.223

Borja, P., & Nevado, D. (2016). *Evaluación del color del epicarpio de tomate (Solanum lycopersicum) en el espacio cromático CIElab*. [Tesis Para Optar Título Profesional, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú]. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3181/Borja%20Santiago%20-%20Nevado%20Chauca.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Cabanach, I. (2019). *Calidad perceptual en imágenes en escala de grises empleando Decoloración Espectral*. [Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas - Venezuela]. http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20514/1/TEG%20-%20Irena%20Cabanach%20Dresden.pdf

Cadavid, J., Ramirez, J., Muñoz, D., & Astudillo, E. (2023). Compuestos fenólicos contenidos en diferentes alimentos colombianos. *Semillero Nutrición y Salud*, 1-15. https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/25203/Revisi%C3%B3n%20sistem%C3%A1ltica%20polifenoles.pdf?sequence=1

Castillo, M., Ovando, J., Andrade, J., & Lezama, F. (2017). Cinética de secado de la hoja de naranja amarga (*Citrus Aurantium*), bajo condiciones controladas y en un secador solar directo con convección natural y forzada. *Revista de Sistemas Experimentales, 4*(11), 34-41.

Ccencho, E. (2021). *Efecto del Aceite Esencial de Huacatay (Tagetes minuta) en la Calidad Microbiológica del Chorizo de Carne de Alpaca (Vicugna pacos)*. [Tesis Para Optar Título Profesional, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú]. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b4ee602b-d3dd-4cd2-a0da-10f9a1b2e6bd/content

Cerron, S., & Junchaya, J. (2019). *Influencia de la temperatura del aire en la velocidad de secado de quinua germinada en un secador de bandejas*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5682/INFORME%20DE%20TESIS.pdf;jsessionid=0658FBC8017AB4314D9FE878128D1EA3?sequence=1

Chalchat, J., Garry, R., & Muhayimana, A. (1995). Essential Oil of Tagetes minuta from Rwanda and France: Chemical Composition According to Harvesting Location, Growth Stage and Part of Plant Extracted. *Journal of Essential Oil Research, 7*(4), 375-386. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698544

Choque, D., Ramos, B., Solano, A., Ligarda, C., Choque, Y., Peralta, D., & Quispe, Y. (2021). Secado y color de hojas de punamuña (*Satureja boliviana*). *DINA, 88*(216), 31-37. https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v88n216.86630

Comisión Nacional Contra la Biopiratería. (2019). *Huacatay.* Lima, Perú: Indecopi. https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/3180041/huacatay.pdf/34301a4a-8f44-7402-4442-ebb6487dee0a#:~:text=La%20planta%20de%20huacatay%20contiene,2%2DUndecenal%20(Aldeh%C3%ADdo).

Córdova, A. (2017). *Porcentaje de huacatay (Tagetes minuta) y caigua (Cyclanthera pedata Schrad) para la elaboración de una salsa fría evaluada sensorialmente*. [Proyecto de Investigación, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajabamba, Perú]. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57321783/SALSA_DE_CAUGUA_Y_HUACATAY-libre.pdf?1536334896=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_CAJAMARCA_FACULT.pdf&Expires=1704665960&Signature=XtoPHtpOTTowbojj4i7868bK9xlkDsI1ASw

Crispín, F. (2023). *Efecto de la formulación en la esponjosidad, volumen y aceptabilidad de una premezcla de queque comercial.* [Tesis para optar el grado de magister, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima- Perú]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6150/crispin-sanchez-fredy-mauro.pdf?sequence=9&isAllowed=y

Cubas, B., & Semperegui, J. (2024). *Influencia de la temperatura y velocidad de aire emplenado sobre el proceso de secado de pituca (Colocasia esculenta) y la calidad sensorial de harina*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Jaén]. https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/609/5/T_Cubas%20Vicente_Sempertegui%20Silva_IIA.pdf

Dávila, M. (2011). *Efecto de la Densidad de Siembra Sobre las Características Agronómicas y Rendimiento en Tagetes minuta L. "huacatay", Cultivado en la Zona de Inca Roca*. [Tesis Para Optar Título Profesional, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2891/T%20631.531%20D19.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Delgado, R., Zapata, J., Torres, E., Carranza, J., & Lozano, A. (2018). *Elaboración y comercialización de quesos con especias "KISU KUSA"*.[Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller, Universidad San Ignacio De Loyola, Lima, Perú]. https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f24b5f0a-d80e-4264-87cc-aa4ef9a2eaa0/content

Demiray, E., Gamze, J., Aktok, O., & Culluk, B. (2023). The Effect of Drying Temperature and Thickness on the Drying Kinetic, Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, and Color Values of Apple Slices. *Journal of Food Quality, 4,* 1-12. https://doi.org/10.1155/2023/7426793

Díaz, D., & Guamán, E. (2022). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del tzintzo (*Tagetes minuta*) en función del contenido de polifenoles y capacidad

antioxidante. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, Ecuador]. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8760/1/PC-002259.pdf

Diaz, M. (2018). *Efecto de Pre-Tratamiento y Temperatura en la Cinetica de Secado y Variación de Color en el Aguaymanto (Physalis peruviana* L.) *del Ecotipo Alargado Selección Canaán*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/337/Marianela_Tesis_Bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Domínguez, J., Román, A., Prieto, F., & Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3*(1), 141-155. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123192010

EL-Mesery, H., EL-Seesy, A., Hu, Z., & Li, Y. (2022). Recent developments in solar drying technology of food and agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 157*(112070). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112070

Espinoza, G., Taipe, C., & Taipe, M. (2020). Modelamiento matemático del proceso de deshidratado de china konoca (*Xenophyllum poposum*) por aire caliente. *ALFA, Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, 5*(13), 98 - 108. https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.102

Fernández, R., & Mullor, M. (2024). Contraste o prueba de hipotesis e introducción al análisis de regresión lineal o ajuste de mínimos cuadrados . *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, 11*(21), 13-25. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2024.v11.n21.a149

Figueroa, A. (2021). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos: ácidos grasos, polifenoles, terpenos y tocoferoles en hojas de paico [Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants]*". [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú].

Fitri, N., Taufik, R., Ula, R., & Puspasari, I. (2023). Effect of Air Temperature on the Drying Kinetics of Pandan Leaves (*Pandanus amaryllifolius*) in a Fluidized Bed Dryer.

Chemical Engineering Transactions, 106, 1321-1326. https://doi.org/DOI:10.3303/CET23106221

Flores, N. (2019). *Elaboración de una Salsa a Base de Huacatay (Tagetes minuta) y Rocoto (Capsicum pubescens) Evaluando sus Caracteristicas Fisicoquímicas y Sensoriales*. [Tesis para Obtener el Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú]. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3123/%E2%80%9CELABORACI%C3%93N%20DE%20UNA%20SALSA%20A%20BASE%20DE%20HUACATAY%20%28Tagetes%20minuta%29%20Y%20ROCOTO%20%28Capsicum%20pubescens%29%20EVALU.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Galindo, C. (2016). *Secado de Hojas de Salvia (Salvia offcininalis) y su Infuencia en el Color y Propiedades Sensoriales*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/262/Clara_Galindo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gracia, M. (2007). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 1 - 4. https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf

García, Y., Prieto, M., & Alberto, C. (2016). Cinética, modelación y pérdidas de carotenoides para el secado de ahuyama (*Cucurbita moschata*) en cubos. *Agronomía Colombiana, 34*(1). https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58382

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 4*(3), 163-173. https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Hernández, A. (2006). *Control Estadístico e Informática Especialización en Métodos Estadísticos*. [Trabajo Recepcional. Universidad Veracruzana, Xalapa]. https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47633/HernandezSalasAnaiAdelita.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, J., Quinto, P., Aguilar, J., Arjona, M., & Becerra, G. (2022). Análisis del secado de productos agrícolas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *23*(2), 126. https://www.redalyc.org/journal/813/81373798004/html/

Hernández, Y., Vega, M., Gordillo, M., Pérez, L., & Duartes, Y. (2021). Caracterización cinética del secado de flores de *Matricaria recutita* L. (Manzanilla). *Revista Cubana de Plantas Medicinales.*, *26*(2), e1221. https://doi.org/https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2021/cpm212d.pdf

Herrera, A. (2012). *Estudio de la Cinetica de Secado de Manzan (Pyrus malus L.) Variedad "Gala" Utilizando un Horno de Microondas*. [Tesis Para Obtener Título Profesional, Instituto Politécnico Nacional, México]. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24548/ESTUDIO%20DE%20LA%20CINETICA%20DE%20SECADO%20DE%20MANZANA%20UTILIZANDO%20UN%20HORNO%20DE%20MRICOONDAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hincapié, M., & Zapata, J. (2019). Estudio de la Cinética de Deshidratación de Uchuva (*Physalis peruviana* L) en un Secador de Lecho Fluidizado. *Información Tecnológica, 30*(2), 115-124. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200115

Huamán, E. (2022). *Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C en frutos frescos y liofilizados de tres variedades de fruto de tuna (Opuntia ficus indica)*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/661/Edith_Rosaluz_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huamán, E. (2022). *Capacidad Antioxidante, Compuestos Fenólicos y Vitamina C en Frutos Frescos y Liofilizados de Tres Variedades de Fruto de Tuna (Opuntia ficus indica)*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac - Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/661/Edith_Rosaluz_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huamán, J. (2021). *Influencia de la Temperatura en el Color y Propiedades Sensoriales en el Secado de Manzanilla (Matricaría chamomilla)*. [Tesis para Optar Título Profesional,

Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/618/Jose_Angel_Tesis_Bachiller_2021.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Huang, Y., Sun, Y., Lu, H., & Chen, X. (2023). Efectos del secado con aire caliente sobre los compuestos bioactivos, los atributos de calidad y la cinética de secado y cambio de color de las hojas de café. *Ciencia Alimentaria, 88*(1), 214-227. https://doi.org/doi: 10.1111/1750-3841.16431

Huaraca, R. (2020). *Evaluación de la Influencia del Aceite Esencial de Huacatay (Tagetes minuta) en la Conservación de la Hamburguesa de Carne de Res (Bos taurus)*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/595/Michael_Tesis_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Iannacone, J., Alvariño, L., Guabloche, A., Ventura, K., La Torre, M., Carhuapom, M., & Castañeda, L. (2017). Efecto Tóxico Agudo y Crónico de Tagetes Minuta "Huacatay" (Asteraceae) y Carbanil Sobre Seis Entomófagos de Importancia en Control Biológico. *The Biologist, 15*(1), 85-97. https://doi.org/https://doi.org/10.24039/rtb2017151145

Ibrahim, S. R., Abdallah, H. M., El-Halawany, A. M., Esmat, A., & Mohamed, G. A. (2018). Thiotagetin B and tagetannins A and B, new acetylenic thiophene and digalloyl glucose derivatives from Tagetes minuta and evaluation of their in vitro antioxidative and anti-inflammatory activity. *Fitoterapia, 125*, 78-88. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fitote.2017.12.024

Idris, O., Kerebba, N., Horn, S., Maboeta, M., & Pieters, R. (2024). Comparative phytochemistry using UPLC-ESI-QTOF-MS phenolic compounds profile of the water and aqueous ethanol extracts of Tagetes minuta and their cytotoxicity. *South African Journal of Botany, 164*, 50-65. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.035

Iglesias, R., Grimaldi, R., Villanueva, B., Hernández, J., López, P., & Lastres , O. (2018). Cinética de secado de Moringa oleifera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(5), 935-947. https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n5/2007-0934-remexca-9-05-935.pdf

Jiménez, C. (2018). *Temperatura y Expansión Térmica*. Costa Rica: TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10177/Temperatura%20y%20expansi%C3%B3n%20t%C3%A9rmica.pdf?sequence=1

Kong, D., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Yu, D. (2023). New drying technologies for animal/plant origin polysaccharide-based future food processing: Research progress, application prospects and challenges. *Food Bioscience, 56*, 103315. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103315

Kumar, A., Sharan, H., Dhiman, D., Gautam, R., Chauhuan, R., Kumar, A., . . . Singh, S. (2023). Divergencia molecular basada en marcadores microsatélites entre las líneas de mejoramiento de la flor de cempasúchil aromática (Tagetes minuta L.). *Revista de Investigación Aplicada sobre Plantas Medicinales y Aromáticas, 37*, 100514. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100514

Lairy, F. (2017). *Determinación de la humedad relativa crítica en la cual ocurre la transición vítrea en confites amorfos utilizando isotermas de sorción*. [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/feff2fd5-0a77-4180-8691-4c4259ab9cd8/content

Launert, E. (1981). *Edible and medicinal plants, Covers plants in Europe, a drawing of each plant, quite a bit of interesting information.* Europa: ISBN 10: 0600352811. https://acortar.link/UxzDVt

Ling Guo, H., Chen, Y., Xu, W., Tian Xu, M., Sun, Y., Cheng Wang, X., . . . Kun Xiong, Y. (2022). Evaluación de la cinética de secado, los atributos texturales y aromáticos de las hojas de Mentha haplocalyx durante el proceso de secado en capa fina con aire caliente. *Foods, 11*(784), 1 - 17. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11060784

Loayza, H., Calderón, A., Gutiérrez, R., Céspedes, E., & Quiroz, R. (2023). Estimación de las concentraciones relativas de clorofila en foliolos de papa (*Solanum tuberosum* L.) Utilizando técnicas de reflectancia de la vegetación. *Ecol. apl., 21*(2), 91 -101. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v21i2.1961

Luna, S. (2022). *Efecto del nitrógeno amínico NH2 en la precocidad y rendimiento de huacatay (Tagetes miuta) en condiciones de Chosica Lima*. [Tesis para optar el título profesional,

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3107/1/T026_45614708_T.pdf

Luna, S., González, K., Ortega, J., Rodríguez, N., Dahua, R., Peñafiel, N., & Bravo, L. (2024). Efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos actividad antioxidante de las hojas de Piper aduncum L. *La Técnica, 14*(1), 20-28. https://doi.org/https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6034

Maldonado, L. (2019). *Uso de Hierbas Aromáticas en el Desarrollo de un Paté Funcional*. [Tesina de Grado, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay]. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26588/1/uy24-19511.pdf

Martínez, C., Clemente, G., & Sanjuán, N. (2009). Influencia de las condiciones de secado en las cinéticas de deshidratación de pepitas de uva. *GRUPO ASPA*, 1-19. https://doi.org/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14653/TESIS%20DE%20MASTER.pdf?sequence=1

Massuh, Y., Torres, L., Ocaño, S., Bruentt, P., Chaves, A., Zygadlo, J., & Ojeda, M. (2017). Generación y caracterización de una población de Tagetes minuta de base genética amplia - Obtención de individuos selectos. *Revista Internacional de Botánica Experimental, 86,* 4 - 11. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/67641/CONICET_Digital_Nro.05a1f362-4165-417d-90bc-24dc3453efc7_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Maupoey, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Intruduccción al secado de alimentos por aire caliente.* España: Universidad Politécnica de Valencia. https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true

Medina, M., & Meza, Y. (2018). *Estudio de índices reológicos y diferencias organolépticas en la elaboración de salsas de chincho (Tagetes eliptica) - huacatay (Tagetes minuta)*. [Para optar el Título Profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4786/Medina%20Huaracaya%20-

%20Meza%20Beltran.pdf;jsessionid=25F77C06B011D8D2A577BFCD020C7071?sequence=1

Mera, V. (2003). *Determinación de los Parámetros Óptimos del Aliñado del Queso Fresco*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/218/FIA-139.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moghaddam, M., Omidbiagi, R., & Sefidkon, F. (2007). Changes in Content and Chemical Composition of Tagetes minuta Oil at Various Harvest Times. *Journal of Essential Oil Research , 19*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10412905.2007.9699218

Montes, E., Torres, R., Andrade, R., Pérez, O., Marmon, J., & Meza, I. (2009). Modelo de las Isotermas de desorción del Ñame (Dioscorea rotundata). *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 76*(157), 145-152. https://www.redalyc.org/pdf/496/49611942014.pdf

Moreno, S. (2017). *Evaluación del Efecto de la Temperatura de Secado en las Hojas del Pachataya - Pampa Taya*. [Tesis Para Optar Título Profesional. Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/281/SoledadGloria_Tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Noroña, L. (2018). *Cinética de secado de cereales provenientes de la Región Centro del Ecuador*. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica De Ambato, Ambato, Ecuador]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28372/1/BQ%20156.pdf

Oladayo, A., Nasifu, K., Suranie, H., Mark, S., & Rialer, P. (2024). Fitoquímica comparativa mediante UPLC-ESI-QTOF-MS del perfil de compuestos fenólicos de los extractos de agua y etanol acuoso de Tagetes minuta y su citotoxicidad . *Revista Sudafricana de Botánica, 164*, 50-65. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.035

Otzen, T. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol, 35*(1), 227 - 232. https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf

Palomino, J. (2016). *Estudio de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de romero (Rosmarinus officinalis L.)*. [Tesis Para Optar Título Profesional. Universidad Privada de Tacna, Perú].

https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/152/Palomino-Cahuana-Jessica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pasławska, M., Sala, K., Nawirska, A., Stępień, B., & Pląskowska, E. (2020). Effect of Different Drying Techniques on Dehydration Kinetics, Physical Properties, and Chemical Composition of Lemon Thyme. *Natural Product Communications, 15*(2), 1–12. https://doi.org/DOI: 10.1177/1934578X20904521

Pérez, B. (2017). *Efecto Desinfectante del Dióxido de Cloro en la Carga Microbiana de Huacatay (Tagetes elliptica) y rocoto (Capsicum pubescens) para la Elaboración de Queso Aromatizado*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4377/P%c3%a9rez%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pineda, M., Chacón , A., & Cordero, G. (2009). Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana, 20*(2), 275-283. https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43713059008

Prieto, M., Camacho, N., Inocencio, F., Mignolli, F., Lucini, E., Palma, S., . . . Asensio, C. (2023). Microencapsulación de aceites esenciales de Thymus vulgaris y Tagetes minuta : Comportamiento de liberación volátil, actividad antibacteriana y efecto sobre el rendimiento de la papa. *Revista de la Sociedad Saudita de Ciencias Agrícolas, 22*(3), 195-204. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.10.003

Quiñones, M. (2019). *Influencia de las condiciones de procesos para obtener osmodeshidratado de manzana (Malus communis var. delicis)*. [Tesis para Optar Título Profesional, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4192/qui%C3%B1ones-reyes-miriam-marlene.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quiñonez, S. (2017). *Caracterización y determinación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto de Sanke (Corryocactus bevistylus)*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba, Huancavelica]. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d7e91b2b-d438-4056-a426-23530a7cb9f4/content

Ramos, C. (2020). Los Alcances de una Investigación. *CienciAmérica, 9*(3), 1 - 5. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336

Rettig, M., & Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur, 42*(2), 57-66. https://doi.org/DOI:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07

Rocha, R., Melo, E., Corbín, J., Berbert, P., Donzeles, S., & Tabar, J. (2012). Cinética del secado de tomillo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16*(6), 675–683. https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78997/Bon%20-%20Cin%C3%A9tica%20de%20secado%20de%20tomillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojo-Nieto, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas,plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global* . (A. Espinosa, Ed.) Ecologistas en Acción.

Sadia, S., Khalid, S., Quresh, R., & Bajwa, A. (2013). Tagetes minuta L., a useful underutilized plant of family Asteraceae: a review. *Pakistan Journal of Weed Science Research, 19*(2), 179 - 189. https://www.researchgate.net/publication/258050086_Tagetes_minuta_L_a_useful_underutilized_plant_of_family_asteraceae_A_review

Salcedo, J., Mercado, J., Vanegas, M., Fernández, A., & Vertel, M. (2014). Cinética de secado de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire. *aire. rev.ion., 27*(2), 29-42. https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/download/4588/5156?inline=1#e01

Sánchez, F. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 13*(1), 102-122. https://doi.org/https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644

Sepúlveda , C., & Zapata, J. (2019). Efecto de la Temperatura, el pH y el Contenido en Sólidos sobre los Compuestos Fenólicos y la Actividad Antioxidante del Extracto de Bixa orellana L. *Información Tecnológica, 30*(5), 57- 66. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500057

Silva, R., Mateo, D., Eccoña, A., & Della, P. (2022). Secado de hojas de muña (Minthostachys mollis): modelado, cinética y propiedades termodinámicas. *Enfoque UTE, 13*(4), 60-74. https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.827

Simpson, R., Ramírez, C., Núñez, H., Jaques, A., & Almonacid, S. (2017). Comprender el éxito del modelo de Page y las ecuaciones empíricas relacionadas para ajustar datos experimentales de fenómenos de difusión en matrices alimentarias. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos, 62*, 194-201. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.003

Singh, A., Khanuja, S., Arya, S., Singh, S., & Yadaw, A. (2006). Essential Oil Quality and Yield with Respect to Harvest Index in Tagetes minuta Cultivated in Sub Tropical Plains of North India. *Journal of Essential Oil Research, 18*(4). https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699114

Singh, V., Singh, B., & Kaul, V. (2003). Domestication of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) as a potential economic crop in Western Himalaya and North Indian plains. *Springer Nature Link, 57*(4), 535–544. https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1663/0013-0001(2003)057%5B0535:DOWMTM%5D2.0.CO

Soto, Y. (2022). *Estudio del secado de physalis peruviana linnaeus na de refractancia y comparación con convectivo asistido con radiación infrarroja*. [Tesis para optar grado de Magíster, Universidad de Chile, Santiago, Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/187682/Estudio-del-secado-de-physalis-peruviana-linnaeus.pdf?sequence=1

Taipe, M. (2021). *Efecto del tiempo y temperatura del deshidratado de la china konoca (Xenophyllum poposum) en la características fisicoquímicas y valor bioactivo*. [Tesis Para Optar Título Profesional, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú]. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e5565bd8-4a43-4f2b-ba45-ac0fec53a6ba/content

Tankeu, S., Vermaak, I., Viljoen, A. M., Sandasi, M., & Kamatou, G. P. (2013). Essential oil variation of Tagetes minuta in South Africa – A chemometric approach. *Biochemical Systematics and Ecology, 51*, 320-327. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bse.2013.10.003

Tesillo, M. (2022). *Análisis y caracterización colorimétrica de zumos de naranja por espectrofotometría de reflexión y transmisión*. [Tesis para optar el grado académico de Magíster, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21763/TESILLO_QUISPE_MABEL_ANALISIS_CARACTERIZACION_COLORIMETRICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toensmeier, E. (2016). *The carbon farming solution: A global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security. Chelsea Green Publishing.* https://www.goodreads.com/book/show/26590275-the-carbon-farming-solution

Valdés, M., Delgado, J., Londoño, L., & Rodríguez, R. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Temas Agrarios, 28*(1), 69-81. https://doi.org/https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200

Velásquez, V. (2007). *Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa Extractos Naturales Gelymar S.A.* [Tesis para Optar el Título Profesional, Universidad Austral de Chile, Valdivia - Chile]. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf

Verma, N., Aggarwal, N., & Sood, P. (2024). Explorando la fitoquímica y el potencial biológico de Tagetes minuta (L.): una revisión exhaustiva. *Revista Sudafricana de Botánica, 168*, 175-195. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.03.004

Walia, S., & Kumar, R. (2021). Wild marigold (*Tagetes minuta* L.) biomass and essential oil composition modulated by weed management techniques. *Industrial Crops and Products, 161*, 113183. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113183

Yeasmin, L., & Gupta, R. (2022). An overview in tagetus minuta. *World Journal of Pharmaceutical Research, 11*(13), 266-280. https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/184630f8c0053a7c579d39bbdc5da07d.pdf

Walia, S., Bhatt, V., & Kumar, R. (2020). Influence of Drying Processing on Essential Oil Yield and Composition of Wild Marigold (*Tagetes minuta* L.) in the Western Himalayas. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1810137

Yeasmin, L., & Gupta, R. (2022). An overview in tagetes minuta. *World Journal of Pharmaceutical Research, 11*(13), 266-280. https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/184630f8c0053a7c579d39bbdc5da07d.pdf

Zahoor, I., Mir, T., Ayoub, W., Farooq, S., & Ganaie, T. (2023). Recent applications of microwave technology as novel drying of food – Review. *Food and Humanity, 1*, 92-103. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.05.001

Zambrano, L. (2017). *Incidencia de la temperatura de concentración en la degradación de clorofila en pulpa de kiwi (Actinidia Chinensis, EDAD HAWARD)*. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a07f341f-072c-4224-a224-be153d8a0a8e/content

Zárate, W., González, S., Ramírez, F., Robledo, A., & Juárez, A. (2021). Effect of phenolic acids on the antioxidant system of tomato plants (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Mesoamericana, 32*(3), 854-868. https://doi.org/https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Preparación y secado de hojas de huacatay.

Pesado de materia prima

Deshojado

Lavado y desinfección

Escurrido

Pesado

Secado

Muestras secado

Anexo 2. Modelamiento de datos experimentales obtenidos durante el proceso de secado mediante el modelo de Page

																													k	0.135
	TRATAMIENTO DEL BLOQE 1 A 40 C																												n	0.3961
		R1			R2			R3			H1 (g agua/ g m.s.)			H2			H3			E1			E2			E3			R2	0.9683
Tiempo	TIEMPO	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Simulac	error
0	0	0.1779	0.1794	0.1773	0.1715	0.1797	0.1799	0.1798	0.1799	0.1706	5.1885	5.2048	4.7694	4.8119	4.7194	5.1123	4.6777	4.6803	4.2393	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	0.00
0.5	30	0.1329	0.1122	0.1234	0.1232	0.1243	0.1253	0.1243	0.1252	0.1216	3.8761	3.2555	3.3195	3.4567	3.2644	3.5607	3.2338	3.2572	3.0217	0.7470	0.6255	0.6960	0.7184	0.6917	0.6965	0.6913	0.6959	0.7128	0.59	0.01
1	60	0.0946	0.0947	0.0951	0.0932	0.0936	0.0933	0.0921	0.0943	0.0922	2.7590	2.7475	2.5582	2.6150	2.4582	2.6513	2.3961	2.4533	2.2911	0.5318	0.5279	0.5364	0.5434	0.5209	0.5186	0.5122	0.5242	0.5404	0.50	0.00
1.5	90	0.0785	0.0791	0.0787	0.0695	0.0790	0.0792	0.0759	0.0713	0.0714	2.2895	2.2949	2.1170	1.9500	2.0747	2.2507	1.9746	1.8549	1.7742	0.4413	0.4409	0.4439	0.4052	0.4396	0.4402	0.4221	0.3963	0.4185	0.45	0.00
2	120	0.0679	0.0681	0.0678	0.0675	0.0681	0.0582	0.0583	0.0594	0.0589	1.9803	1.9758	1.8238	1.8939	1.7885	1.6539	1.5167	1.5453	1.4636	0.3817	0.3796	0.3824	0.3936	0.3790	0.3235	0.3242	0.3302	0.3453	0.41	0.00
2.5	150	0.0563	0.0556	0.0556	0.0564	0.0654	0.0528	0.0516	0.0527	0.0508	1.6420	1.6131	1.4956	1.5825	1.7176	1.5004	1.3424	1.3710	1.2623	0.3165	0.3099	0.3136	0.3289	0.3639	0.2935	0.2870	0.2929	0.2978	0.37	0.01
3	180	0.0496	0.0496	0.0498	0.0498	0.0497	0.0498	0.0498	0.0495	0.0499	1.4466	1.4390	1.3396	1.3973	1.3052	1.4152	1.2956	1.2878	1.2400	0.2788	0.2765	0.2809	0.2904	0.2766	0.2768	0.2770	0.2752	0.2925	0.35	0.00
3.5	210	0.0454	0.0438	0.0445	0.0467	0.0488	0.0473	0.0474	0.0477	0.0478	1.3241	1.2707	1.1970	1.3103	1.2816	1.3441	1.2332	1.2410	1.1878	0.2552	0.2441	0.2510	0.2723	0.2716	0.2629	0.2636	0.2651	0.2802	0.33	0.00
4	240	0.0435	0.0416	0.0433	0.0432	0.0469	0.0447	0.0454	0.0460	0.0459	1.2687	1.2069	1.1648	1.2121	1.2317	1.2703	1.1811	1.1967	1.1406	0.2445	0.2319	0.2442	0.2519	0.2610	0.2485	0.2525	0.2557	0.2691	0.31	0.00
4.5	270	0.0431	0.0404	0.0424	0.0423	0.0435	0.0423	0.0440	0.0438	0.0454	1.2570	1.1721	1.1406	1.1868	1.1424	1.2021	1.1447	1.1395	1.1282	0.2423	0.2252	0.2391	0.2466	0.2421	0.2351	0.2447	0.2435	0.2661	0.29	0.00
5	300	0.0425	0.0387	0.0417	0.0411	0.0425	0.0400	0.0432	0.0432	0.0452	1.2395	1.1228	1.1217	1.1532	1.1162	1.1367	1.1239	1.1239	1.1232	0.2389	0.2157	0.2352	0.2397	0.2365	0.2223	0.2403	0.2401	0.2649	0.27	0.00
5.5	330	0.0389	0.0386	0.0416	0.0405	0.0424	0.0395	0.0430	0.0429	0.0450	1.1345	1.1199	1.1190	1.1363	1.1135	1.1225	1.1187	1.1161	1.1182	0.2187	0.2152	0.2346	0.2362	0.2359	0.2196	0.2392	0.2385	0.2638	0.26	0.00
6	360	0.0384	0.0384	0.0414	0.0398	0.0423	0.0394	0.0429	0.0427	0.0448	1.1199	1.1141	1.1137	1.1167	1.1109	1.1196	1.1161	1.1109	1.1132	0.2159	0.2140	0.2335	0.2321	0.2354	0.2190	0.2386	0.2374	0.2626	0.25	0.00
6.5	390	0.0382	0.0382	0.0413	0.0396	0.0422	0.0392	0.0427	0.0426	0.0447	1.1141	1.1083	1.1110	1.1111	1.1083	1.1140	1.1109	1.1083	1.1108	0.2147	0.2129	0.2329	0.2309	0.2348	0.2179	0.2375	0.2368	0.2620	0.24	0.00
7	420	0.0380	0.0382	0.0412	0.0395	0.0422	0.0390	0.0426	0.0426	0.0446	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	0.2136	0.2129	0.2324	0.2303	0.2348	0.2168	0.2369	0.2368	0.2614	0.23	0.00
7.5	450	0.0380	0.0382	0.0412	0.0395	0.0422	0.0390	0.0426	0.0426	0.0446	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	0.2136	0.2129	0.2324	0.2303	0.2348	0.2168	0.2369	0.2368	0.2614	0.22	0.00
8	480	0.0380	0.0382	0.0412	0.0395	0.0422	0.0390	0.0426	0.0426	0.0446	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	0.2136	0.2129	0.2324	0.2303	0.2348	0.2168	0.2369	0.2368	0.2614	0.21	0.00
8.5	510	0.0380	0.0382	0.0412	0.0395	0.0422	0.0390	0.0426	0.0426	0.0446	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	1.1083	0.2136	0.2129	0.2324	0.2303	0.2348	0.2168	0.2369	0.2368	0.2614	0.20	0.00
		0.0343	0.0345	0.0372	0.0356	0.0381	0.0352	0.0384	0.0384	0.0402																				0

PESO IN 1,000 GR
HUMED 78,56%

PESO FI 1,000 GR
HUMED 9,77%

	k	n	R2
E11	0.0817	0.5011	0.981
E12	0.1175	0.4392	0.9748
E13	0.1062	0.4495	0.9803
E21	0.1004	0.4582	0.9807
E22	0.1103	0.4398	0.9838
E23	0.1079	0.4534	0.9809
E31	0.1327	0.4103	0.975
E32	0.1311	0.4126	0.9743
E33	0.135	0.3961	0.9683

$$MR = \exp(-kt^n)$$

Anexo 3. Procedimiento para la determinación de fenoles totales de las hojas secas de huacatay

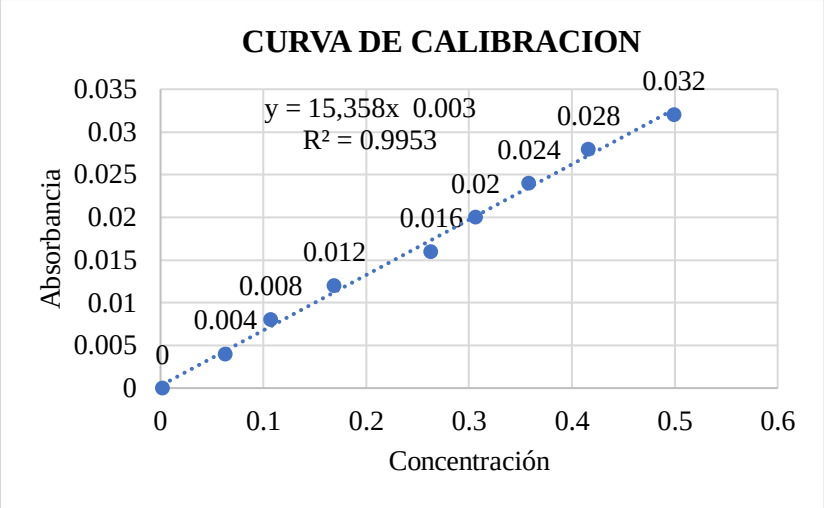
A. Volumen de soluciones utilizadas de 0 µl a 160 µl

Tubo	**Solución (**µl)	**Agua destilada (**µl)	**Concentración (mg/ml)**
1	0	500	0
2	20	480	0,004
3	40	460	0,008
4	60	440	0,012
5	80	420	0,016
6	100	400	0,02
7	120	380	0,024
8	140	360	0,028
9	160	340	0,032

B. Construcción de la curva de calibración.

Se pesó 0,1 g de ácido gálico y se mezcló con 100 ml de agua destilada, seguido se colocó con ayuda de la micropipeta de 0 a 160 µl de la disolución a nueve tubos de ensayo (ácido gálico y agua destilada). A las mismas muestras se le colocó agua destilada con ayuda de la micropipeta de: 500 a 340 µL. Finalmente se midió la observancia de cada una de estas, y se construyó la curva de calibración.

Agua destilada (µl)	**Concentración (mg/ml)**	**absorbancia**
500	0	0,002
480	0,004	0,063
460	0,008	0,107
440	0,012	0,169
420	0,016	0,263
400	0,02	0,306
380	0,024	0,358
360	0,028	0,416
340	0,032	0,499



C. Obtención y preparación de la muestra para la obtención de compuestos fenólicos

Se pesaron 6 g de carbonato de sodio y se disolvieron en 100 ml de agua destilada (por cada 6 g/100 ml de agua destilada).

Las hojas de huacatay se molieron según las diferentes temperaturas (40, 60, 80 °C) de los dos bloques.

Se tomó una muestra de 0,5 g que se disolvió en 9,5 ml de metanol y se filtró; luego, se utilizaron 18 tubos de ensayo en los que se añadió 100 µl de la muestra filtrada, a la que se le sumaron 400 µl de agua destilada y 250 µl de Folin-Ciocalteu, dejándola reposar durante 5 minutos. Después, se incorporaron 1250 µl de solución de carbonato de sodio y 3 µl de agua destilada, y se dejó reposar por 30 minutos en un lugar oscuro.

A continuación, se colocó en un espectrofotómetro para analizar los compuestos fenólicos de cada muestra.

Finalmente, se midió la absorbancia a 760 nm.

D. Datos obtenidos de los fenoles totales de hojas de huacatay secadas a diferentes temperaturas (40, 60 y 80°C)

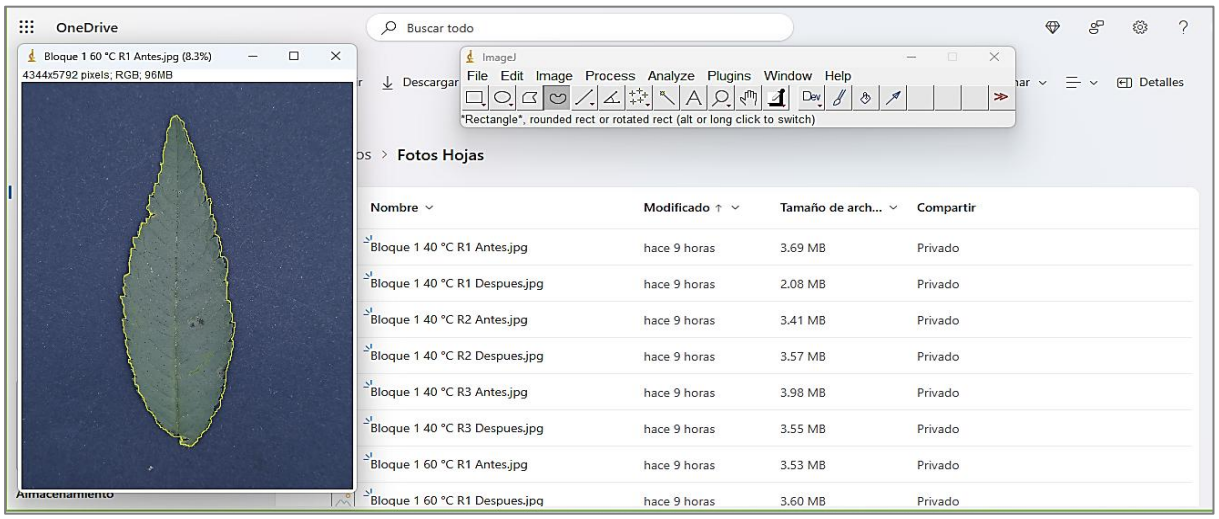
FENOLES TOTALES DE HOJA DE HUACATAY						
Muestra	Repeticiones	Abs de la muestra	Concentración (mg/mL)	Fenoles totales (g/g de muestra)	Promedio de Fenoles totales (g/100g de muestra)	Promedio de Fenoles totales (mg/100g bs)
40 °C B1	1	0.386	0.026	0.001	0.053	58.233
	2	0.388	0.026	0.001	0.053	58.508
	3	0.426	0.029	0.001	0.058	64.307
60 °C B1	1	0.243	0.016	0.000	0.033	35.925
	2	0.262	0.018	0.000	0.035	38.816
	3	0.344	0.023	0.000	0.047	51.102
80 °C B1	1	0.229	0.015	0.000	0.031	32.832
	2	0.244	0.016	0.000	0.033	35.027
	3	0.261	0.018	0.000	0.035	37.514
40 °C B2	1	0.381	0.026	0.001	0.052	57.363
	2	0.378	0.026	0.001	0.051	56.906
	3	0.389	0.026	0.001	0.053	58.644
60 °C B2	1	0.285	0.019	0.000	0.039	42.336
	2	0.286	0.019	0.000	0.039	42.532
	3	0.297	0.020	0.000	0.040	44.195
80 °C B2	1	0.211	0.014	0.000	0.028	30.231
	2	0.245	0.017	0.000	0.033	35.211
	3	0.252	0.017	0.000	0.034	36.236

E. Evidencia de la obtención de compuestos fenólicos

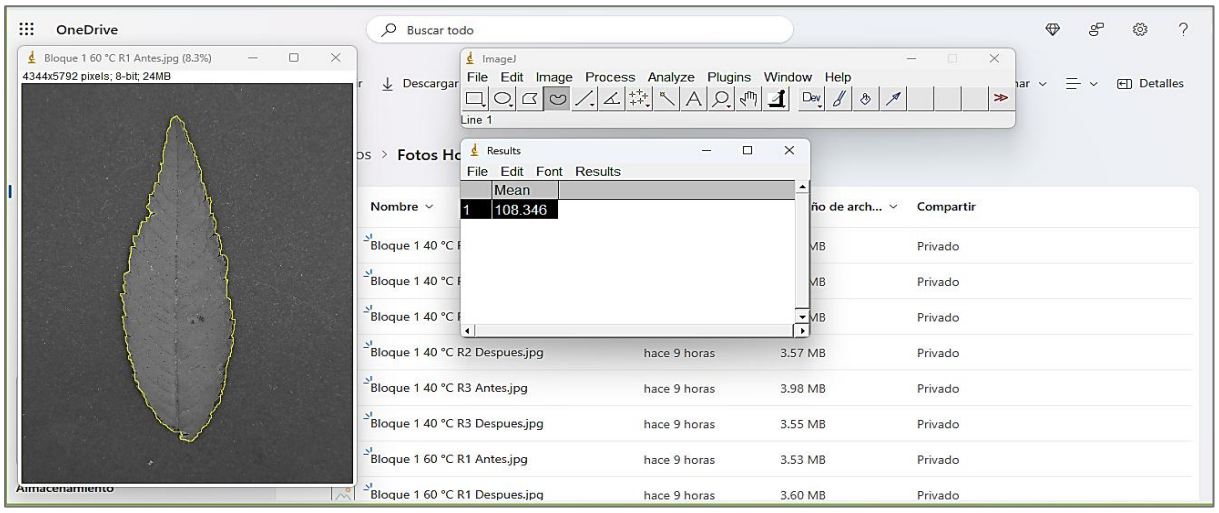
Anexo 4. Captura de imágenes para determinación de color

Anexo 5. Procesamiento de imágenes en el rango de escala de grises de la hoja de huacatay.

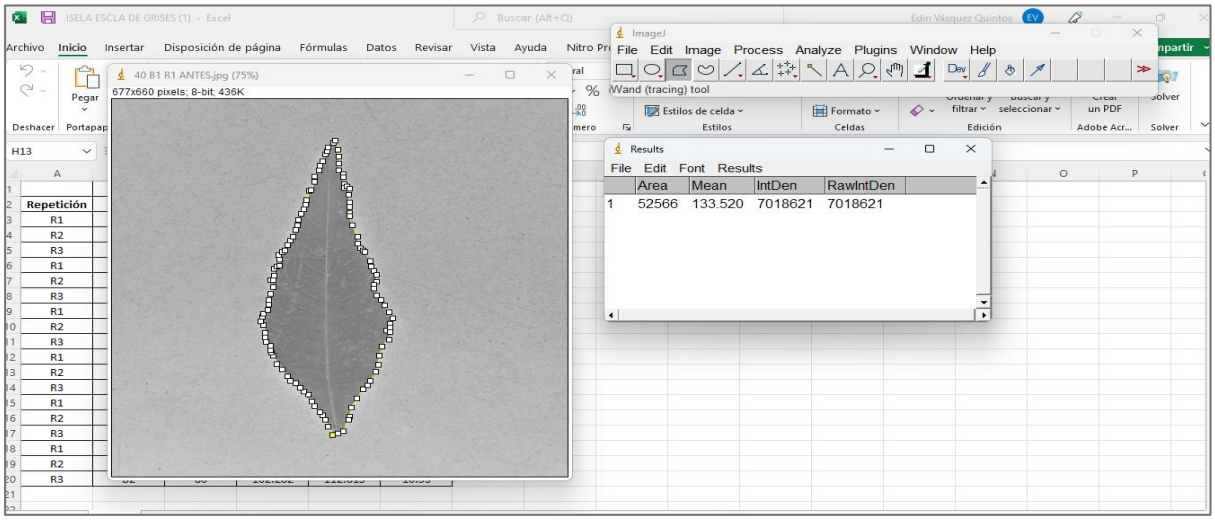
A. Imagen original



B. Escala de grises con imagen sin invertir



C. Escala de grises sin con imagen invertida



D. Datos obtenidos del procesamiento de imágenes antes y después del tratamiento.

Repetición	Bloque	Temperatura	Antes Escala de Grises	Después Escala de Grises	Diferencia
R1	B1	40	111,253	132,157	20,90
R2	B1	40	107,743	135,904	28,16
R3	B1	40	107,305	133,682	26,38
R1	B1	60	108,346	125,309	16,96
R2	B1	60	109,225	123,625	14,40
R3	B1	60	114,833	127,372	12,54
R1	B1	80	109,210	119,041	9,83
R2	B1	80	88,460	99,390	10,93
R3	B1	80	108,326	119,001	10,68
R1	B2	40	105,179	129,211	24,03
R2	B2	40	108,823	130,48	21,66
R3	B2	40	110,651	132,673	22,02
R1	B2	60	104,995	116,61	11,62
R2	B2	60	111,138	123,241	12,10
R3	B2	60	109,425	126,046	16,62
R1	B2	80	96,859	108,524	11,665
R2	B2	80	92,679	102,102	9,423
R3	B2	80	102,282	112,815	10,53

Anexo 6. El análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para la constante de secado k.

- ANOVA para k por grupos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A: Bloque	0,64312	1	0,64312	8,83	0,0101
B: Temperatura	4,01998	2	2,00999	27,61	0,0000
Residuos	1,01929	14	0,0728067		
Total (Corregido)	5,68239	17			

- Prueba de Tukey para k por grupo

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
40	6	0,127593	0,110156	X
60	6	0,795018	0,110156	X
80	6	1,28039	0,110156	X

- Prueba de Tukey para k por muestras

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40a	3	0,11963	X
40b	3	0,135555	X
60a	3	0,269991	X
80a	3	1,24632	X
80b	3	1,31446	X
60b	3	1,32005	X

Anexo 7. El análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para la constante de secado n.

- ANOVA para n por grupos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloque	0,0116799	1	0,0116799	14,93	0,0017
B: Temperatura	0,106763	2	0,0533816	68,26	0,0000
RESIDUOS	0,010949	14	0,00078207		
TOTAL (CORREGIDO)	0,129392	17			

- Prueba de Tukey para n por grupo

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
80	6	0,251581	0,0114169	X
60	6	0,274446	0,0114169	X
40	6	0,425182	0,0114169	X

- Prueba de Tukey para n por muestras

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
60b	3	0,217277	X
80b	3	0,237699	XX
80a	3	0,265463	X
60a	3	0,331615	X
40b	3	0,419814	X
40a	3	0,430551	X

Anexo 8. Análisis de varianza (ANOVA) para los fenoles totales

- ANOVA para los fenoles por grupos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloque	0,178396	1	0,178396	0,02	0,8890
B: Temperatura	1925,0	2	962,5	109,30	0,0000
RESIDUOS	114,474	13	8,80569		
TOTAL (CORREGIDO)	2039,84	16			

- Pruebas de Múltiple Rangos para Fenólicos por Temperatura

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
80	6	34,5085	1,21145	X
60	5	40,7402	1,33495	X
40	6	58,9935	1,21145	X

- Pruebas de Múltiple Rangos para Fenólicos por muestra

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
80b	3	33,8927	X
80a	3	35,1243	X
60a	2	37,3705	XX
60b	3	43,021	X
40b	3	57,6377	X
40a	3	60,3493	X

Anexo 9. El análisis de varianza (ANOVA) para variación de la escala de grises

- ANOVA para la escala de grises por grupo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloque	9,08249	1	9,08249	2,91	0,1158
B: Temperatura	466,095	2	233,048	74,79	0,0000
RESIDUOS	34,2747	11	3,11588		
TOTAL (CORREGIDO)	501,335	14			

- Pruebas de Múltiple Rangos para escala de grises por Temperatura

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
80	6	10,62	0,720634	X
60	4	11,5125	0,882593	X
40	5	22,8307	0,794731	X

- Pruebas de Múltiple Rangos para variación de escala de grises por muestras

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
80a	3	10,4033	X
80b	3	10,8367	X
60b	2	10,975	X
60a	2	12,05	X
40b	3	20,8833	X
40a	2	25,36	X

Anexo 10. Varianza para la densidad integrada (DIR)

- ANOVA por grupo

	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloque	267,207	1	267,207	10,85	0,0081
B: Temperatura	903,092	2	451,546	18,33	0,0005
RESIDUOS	246,383	10	24,6383		
TOTAL (CORREGIDO)	1416,68	13			

- Pruebas de Múltiple Rangos para DIR por Temperatura

Temperatura	*Casos*	*Media LS*	*Sigma LS*	*Grupos Homogéneos*
80	4	34,1205	2,48185	X
60	4	50,177	2,48185	X
40	6	52,7795	2,02642	X

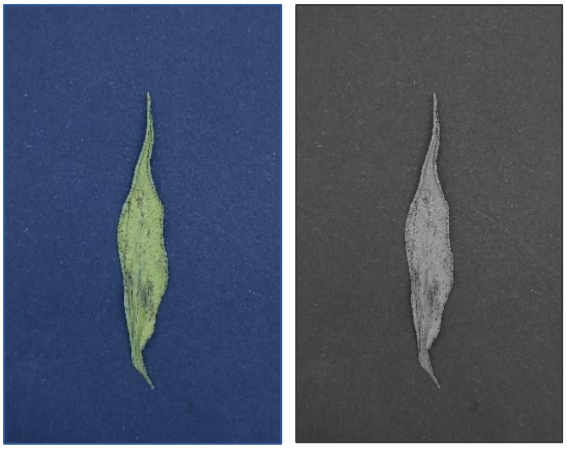
- Pruebas de Múltiple Rangos para DIR por muestras

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
80a	2	33,8086	X
80b	2	34,4324	X
60a	2	42,236	XX
40a	3	48,0876	XX
40b	3	57,4714	X
60b	2	58,1179	X

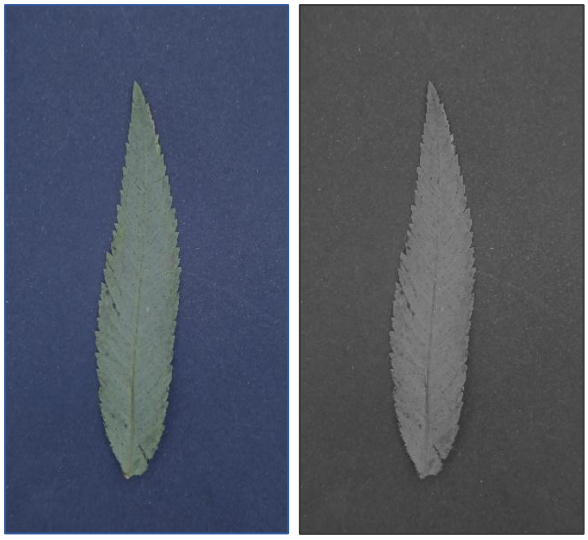
Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
40a - 40b		-9,38382	11,9931
40a - 60a		5,85154	13,4087
40a - 60b		-10,0304	13,4087
40a - 80a	*	14,279	13,4087
40a - 80b	*	13,6552	13,4087
40b - 60a	*	15,2354	13,4087
40b - 60b		-0,64654	13,4087
40b - 80a	*	23,6628	13,4087
40b - 80b	*	23,039	13,4087
60a - 60b	*	-15,8819	14,6885
60a - 80a		8,42742	14,6885
60a - 80b		7,80362	14,6885
60b - 80a	*	24,3093	14,6885
60b - 80b	*	23,6855	14,6885
80a - 80b		-0,623808	14,6885

- **Anexo 11.** Transformación del color a escala de grises en las 3 temperaturas.

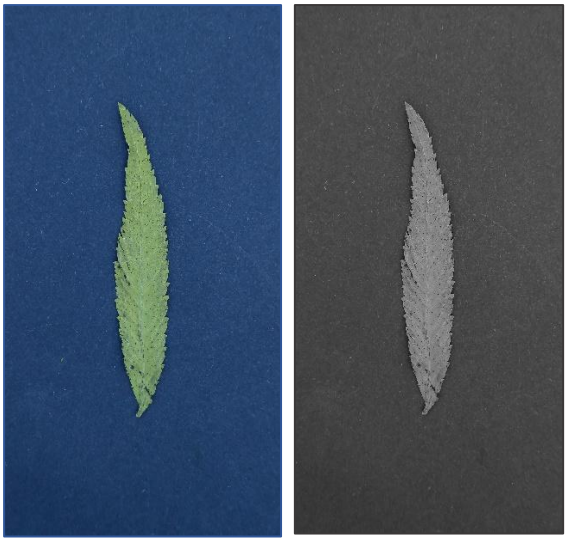
40 °C (Antes de secado)



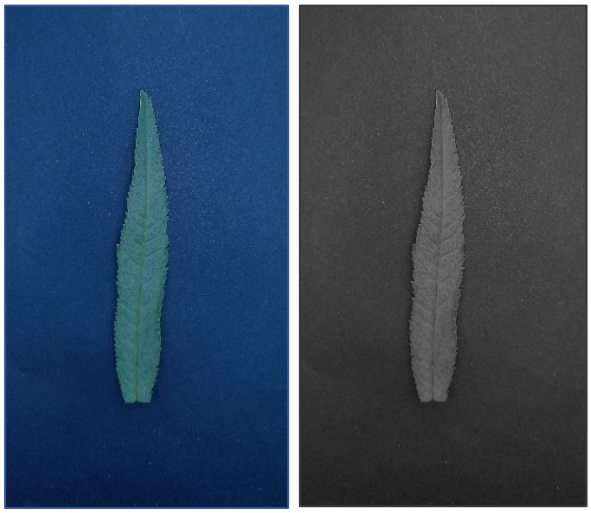
40 °C (Después de secado)



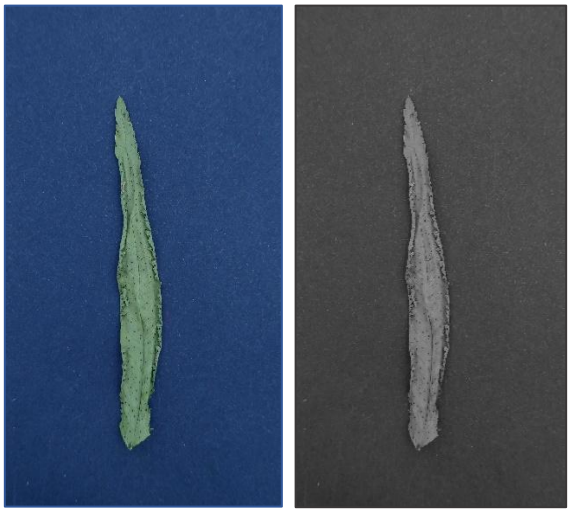
60 °C (Antes de secado)



60 °C (Después de secado)



80 °C (Antes de secado)



80 °C (Después de secado)