

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Br. MARITZA QUISPE YAURIS

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE
DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS
DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*).**

Asesora:

Ing. MSc. Tapia Tadeo, Fidelia

Co - Asesora:

Ing. Dra. Huaraca Aparco, Rosa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC - PERÚ

2023



APROBACIÓN DE LA ASESORA

Quién suscribe:

Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, por la presente:

CERTIFICA,

Que, el bachiller en **Ingeniería Agroindustrial**, MARITZA QUISPE YAURIS ha culminado satisfactoriamente el informe Final de Tesis intitulado: **"EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)"**, para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Andahuaylas, 17 de noviembre del 2023.

.....
Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Asesora de tesis

.....
Bach. Maritza Quispe Yauris
Tesista



APROBACIÓN DE LA CO- ASESORA

Quién suscribe:

Ing. Dra. Rosa Huaraca Aparco, por la presente:

CERTIFICA,

Que, la bachiller en Ingeniería **Agroindustrial**, MARITZA QUISPE YAURIS ha culminado satisfactoriamente el informe Final de Tesis intitulado: **"EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)"**, para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Andahuaylas, 17 de noviembre del 2023.

Ing. Dra. Rosa Huaraca Aparco.
Co-Asesora de tesis

Bach. Maritza Quispe Yauris
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 10:00 horas del día miércoles 26 de julio del año 2023, se reunieron los docentes: Mg. Fredy Taipe Pardo, Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Dr. David Choque Quispe, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **MARITZA QUISPE YAURIS**, la asesora MSc. Fidella Tapia Tadeo y la coasesora Dra. Rosa Huaraca Aparco, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: Aprobar** por **Mayoría** al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **MARITZA QUISPE YAURIS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
13	TRECE	Regular

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Mg. Fredy Taipe Pardo
Presidente del Jurado Evaluador

Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Dr. David Choque Quispe
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*); para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Ing. Mg. FREDY TAÍPE PARDO.

PRIMER MIEMBRO: Ing. Dr. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ.

SEGUNDO MIEMBRO: Ing. Dr. DAVID CHOQUE QUISPE.

Habiendo sido aprobado por **MAYORIA**, en la ciudad de Andahuaylas el día miércoles 26 del mes de julio de 2023.

Andahuaylas, 26 de julio de 2023.

Ing. Mg. FREDY TAÍPE PARDO
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

Ing. Dr. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

Ing. Dr. DAVID CHOQUE QUISPE
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor de trabajo de investigación tesis, titulado

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)”, presentado por **Bach. MARITZA QUISPE YAURIS, CON DNI N° 70419939**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad utilizando el software de control de similitud y detección de plagio turnitin, conforme reglamento vigente, verificándose un porcentaje de 25% de similitud general, por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 17 de noviembre del 2023.



.....
Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo

Asesora de tesis

DNI N°:23934065

ORCID:

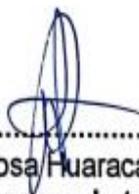
INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe co- asesor de trabajo de investigación tesis, titulado

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)”, presentado por Bach. **MARITZA QUISPE YAURIS**, CON DNI N° 70419939, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad utilizando el software de control de similitud y detección de plagio turnitin, conforme reglamento vigente, verificándose un porcentaje de 25% de similitud general, por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 17 de noviembre del 2023.



.....
Ing. Dra. Rosa Huaraca Aparco.

Co-Asesora de tesis

DNI N°:45328191

ORCID: 0000-0003-4493-7754



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería
C025-2023

Andahuaylas, 21 de noviembre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (25%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Presentado por la Bach. Maritza Quispe Yauris cuyo Asesor es la MSc. Fidelia Tapia Tadeo y co-asesor la Dra. Rosa Huaraca Aparco.

Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Cc
Archivo.



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: User rose
Título del ejercicio: slot 10
Título de la entrega: EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECA...
Nombre del archivo: mary_informe_final_2023_55_47.docx
Tamaño del archivo: 2.48M
Total páginas: 83
Total de palabras: 16,628
Total de caracteres: 84,598
Fecha de entrega: 16-nov.-2023 08:51p. m. (UTC-0600)
Identificador de la entre... 2230755747

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Dr. MARITZA QUESPE VALDES

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE
DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS
DE OREGANO (*Origanum vulgare*)

Asesor:

Ing. MSc. Taty Tello, Físico

Ce - Asesor

Ing. Dra. Huaraca Aparco, Físico

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS - APURÍMAC - PERÚ

2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

Dra. Rosa Huaraca Aparco
DOCENTE

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (Origanum vulgare).

por User rose

Fecha de entrega: 16-nov-2023 08:51p.m. (UTC-0600)

Identificador de la entrega: 2230755747

Nombre del archivo: mary_informe_final_2023_55_47.docx (2.48M)

Total de palabras: 16628

Total de caracteres: 84598



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARCE

Dra. Rosa Hualuca Aparco
Docente



EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*).

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%
INDICE DE SIMILITUD

26%
FUENTES DE INTERNET

7%
PUBLICACIONES

5%
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
3	vsip.info Fuente de Internet	2%
4	secgen.unajma.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

Dra. Rosa Huaraca Aparco
DOCENTE



9 Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga <1 %
Trabajo del estudiante

10 docplayer.es <1 %
Fuente de Internet

11 HENRY ALEXANDER VAQUIRO HERRERA.
"Contribución al estudio y optimización del
secado intermitente: aplicación al secado de
mango (Mangifera indica L var. Tommy
Atkins).", 'Universitat Politecnica de Valencia',
2015 <1 %
Fuente de Internet

12 es.slideshare.net <1 %
Fuente de Internet

13 1library.co <1 %
Fuente de Internet

14 repositorio.ucv.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

15 repositorio.uns.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

16 JADER RODRIGUEZ CORTINA.
"CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA
INTENSIFICACION DEL PROCESO DE SECADO
DE TOMILLO (Thymus Vulgaris L.):
APLICACIÓN DE ULTRASONIDOS DE <1 %



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

Dra. Rosa Helena Aparco
DOCENTE



POTENCIA Y SECADO INTERMITENTE",
'Universitat Politecnica de Valencia', 2015

Fuente de Internet

17	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to University of Wales central institutions Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

Dra. Rosa Huafaca Aparco
DOCENTE



DEDICATORIA.

A Dios, quien me dio la vida y me ayudó para llegar a esta importante coyuntura de mi vida.

Con mucho cariño a mis padres Víctor Lucas, Julia y a mi hija “Abigael Mayte”, por todo el amor y apoyo que me brindaron en las diferentes etapas de mi formación personal.

A mis hermanos por depositar su fe en mi en cada circunstancia.

MARITZA.

AGRADECIMIENTO.

- ✓ A mis hermanos, quienes me inspiran a avanzar todos los días estando ahí para mí, ofreciéndome su amor y apoyo y recordándome que mis logros son igualmente de ellos.
- ✓ Quisiera expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional José María Arguedas y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. por permitirme capacitarme allí y brindarme las herramientas que necesitaba para terminar mi tesis.
- ✓ A mis asesoras, Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo e Ing. Dra. Rosa Huaraca Aparco, Agradezco toda su ayuda y asesoramiento durante todo el proceso de desarrollo de mi tesis.
- ✓ A los integrantes del jurado evaluador, Ing. Dr. Ligarda Samanez, Carlos Alberto, Ing. Dr. David Choque Quispe y Ing. Mg. Fredy Taipe Pardo, por sus aportes, comentarios sobre la finalización de esta tesis.
- ✓ A mis padres por sus incansables esfuerzos durante este período, por su inquebrantable cariño y apoyo.
- ✓ A todos los instructores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial quisiera expresar mi agradecimiento por su infinita paciencia al compartir conmigo sus sabidurías y encuentros a lo largo de mi desarrollo profesional.
- ✓ A los compañeros y amigos que siempre me han inspirado.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	xv
AGRADECIMIENTO.....	xvi
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	xxiii
RESUMEN.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
CHUMASQA.....	xxvii
INTRODUCCIÓN.....	28
CAPÍTULO I: PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	30
1.1 Situación problemática.....	30
1.2 Formulación del problema	31
1.2.1 Problema general.....	31
1.2.2 Problemas específicos	31
1.3. Objetivos de la investigación	31
1.3.1. Objetivo general.....	31
1.3.2. Objetivos específicos	31
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	35
3.1. Generalidades del orégano.....	35
3.1.1. Clasificación taxonómica de orégano.....	35
3.1.2. Morfología del orégano	36
3.1.3. Usos del orégano.....	37
3.1.4. Composición química de orégano.....	37
3.2. Secado	38
3.2.1. Formas de transferencia de calor:.....	38
3.3. Métodos de secado:.....	39

3.4.	Factores que normalizan el secado	40
3.5.	Definiciones básicas de humedad del proceso de secado	40
3.5.1.	Contenido de humedad	40
3.5.2.	Contenido de humedad, base seca (hbs)	40
3.5.3.	Contenido de humedad, base húmeda (hbh)	41
3.5.4.	Humedad ligada.....	41
3.5.5.	Humedad no ligada.....	41
3.5.6.	Humedad de equilibrio (x^*).....	41
3.5.7.	Humedad libre (X).....	42
3.6.	Curva de secado.....	42
3.7.	Parámetros del secado:	43
3.7.1.	Temperatura	43
3.7.2.	Velocidad de aire	43
3.7.3.	Velocidad de secado.....	43
3.7.4.	Humedad	44
3.8.	Color.....	44
3.8.1	Color en los alimentos.....	44
3.8.2	Colorimetría	45
3.8.3	Medición del color	45
3.8.4.	Escalas de medición de color.....	45
3.8.5	Modelo de color CIELAB.....	46
3.8.6	Diferencia o variación de color	48
3.9	Marco conceptual:.....	50
3.9.1	Secado convectivo	50
3.9.2	Transferencia de materia	50
3.9.3	Dsecación	50
3.9.4	Deshidratación	50
3.9.5.	Efecto.....	50
3.9.6.	Determinación.....	50

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	52
4.1. Lugar de ejecución	52
4.2.1. Materiales	52
4.2.2. Equipos e instrumentos de laboratorio	52
4.2.3. Reactivos.....	53
4.2.4. Material vegetal	53
4.3. Material de estudio.....	53
4.4. Tipo de investigación	54
4.5. Metodología experimental.....	55
4.5.1. Procedimiento de secado de las hojas de orégano	55
4.6. Metodología experimental	56
4.6.1 Determinación del color.....	56
4.6.2. Determinación de humedad	57
4.7. Diseño experimental y análisis estadístico.....	57
4.7.1. Diseño experimental	57
4.7.2. Análisis estadístico.....	58
CAPÍTULO V. RESULTADO Y DISCUSIÓN	61
5.1. Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado en el color.....	61
5.1.1 Coordenada L*	61
5.2. Coordenada cromática a*	63
5.1.3. Coordenada cromática b*	65
5.1.4 Variación (Δ) ab*	67
5.2. Efecto de humedad final de secado de hojas de orégano.....	69
CONCLUSIONES.	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de orégano	37
Tabla 2. Materiales de laboratorio.....	52
Tabla 3. Equipos e instrumentos de laboratorio.	52
Tabla 4. Reactivos.	53
Tabla 5. Matriz de diseño para el secado de hojas de orégano.....	54
Tabla 6. Análisis de varianza (ANVA).	58
Tabla 7. Coordenada L* del color.....	61
Tabla 8. Coordenada cromática a* del color	63
Tabla 9. Coordenada cromática b* del color	65
Tabla 10. Variación global de delta* del color	67
Tabla 11. Humedad final de secado de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de secado.	42
Figura 2. Modelo de color CIE L*a*b*	47
Figura 3. Representación en el plano horizontal del espacio de color L* a* b*.	48
Figura 4. Representación en el plano horizontal del espacio de color L* a* b.	49
Figura 5. Diagrama de bloque para el secado de hojas de orégano.....	56
Figura 6. Diseño experimental de variables independientes y dependientes.....	58
Figura 7. Gráfica de interacción para la coordenada L* del color.	62
Figura 8. Gráfica de interacción para la coordenada L* del color.	62
Figura 9. Diagrama de Pareto para la coordenada cromática a* del color.....	64
Figura 10. Gráfica de interacción para la coordenada cromática a* del color	65
Figura 11. Diagrama de Pareto para la coordenada cromática b* del color.....	66
Figura 12. Gráfica de interacción para la coordenada b* del color.	66
Figura 13. Diagrama de Pareto para variación de delta* del color.....	68
Figura 14. Gráfica de interacción para variación de delta* del color.....	68
Figura 15. Gráfica de interacción de temperatura y velocidad de humedad final.....	71
Figura 16. Diagrama de efectos de las variables para la humedad final.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Secado de hojas de orégano	78
Anexo 2. Gráfico de secado de las hojas de orégano	78
Anexo 3. Curvas de secado de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>); a 40, 50 y 60°C y velocidad de 0.5m/s	78
Anexo 4. Curvas de secado de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) a 40, 50 y 60°C y velocidad de 1m/s	79
Anexo 5. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 40°C y 1 m/s (T1).....	80
Anexo 6. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 50°C y 1 m/s (T2).....	81
Anexo 7. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 60°C y 1 m/s (T3).....	82
Anexo 8. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 40°C y 0.5 m/s (T4).....	82
Anexo 9. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 50°C y 0.5 m/s (T5).....	83
Anexo 10. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 60°C y 0.5 m/s (T6).....	83
Anexo 11. Resultado de las coordenadas L*, a*, b* y variación total del color	84
Anexo 12. Análisis de varianza (ANVA) para L*	84
Anexo 13. Análisis de varianza (ANVA) para a*	85
Anexo 14. Análisis de varianza (ANVA) para b*	85
Anexo 15. Análisis de varianza (ANVA) para delta*	85
Anexo 16. Análisis de varianza (ANVA) para la humedad final de secado	86
Anexo 17. Fotografía de secado de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	87
Anexo 18. Fotografía de determinación del color	89
Anexo 19. Matriz de consistencia.....	90

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

H_{bh}	:	Humedad en base húmeda
H_{bs}	:	Humedad en base seca
M_{ss}	:	Masa del sólido seco
M_{agua}	:	Masa del agua
W	:	Velocidad de secado
A	:	Área de materia a secar
X_1	:	Humedad inicial
X_2	:	Humedad final
T°	:	Temperatura
ml	:	Mililitros
s	:	Segundos
$^\circ\text{C}$:	Grados Celsius
kg	:	Kilogramo
g	:	Gramo
T	:	Tiempo total
T	:	Tratamientos
H	:	Horas
%	:	Porcentaje
NaClO	:	Hipoclorito de sodio
L^*	:	Luminosidad
a^*	:	Cromaticidad roja a verde
b^*	:	Cromaticidad amarillo a azul
ΔE^*	:	Variación de color
ΔE	:	Variación total del color
\bar{X}	:	Promedio
S	:	Desviación estándar

ANVA	:	Análisis de varianza
HSD	:	Diferencia honestamente significativa
H_0	:	Hipótesis nula
H_a	:	Hipótesis alterna

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Las hojas de orégano fueron recolectadas en las zonas agrícolas del centro Poblado de Poltoca en el distrito San Jerónimo, provincia de Andahuaylas y departamento de Apurímac. Las hojas de orégano se secaron usando un secador convectivo temperatura (40, 50 y 60 °C) y velocidades de aire (0.5 y 1.0 m/s); Se utilizó el colorímetro Konica Minolta CR-400 para determinar el color en el espacio L*, a*, b* y delta*. En el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial 3x2 con análisis de varianza (ANVA) y comparaciones múltiples utilizando la Prueba de Tukey. Para estos estudios se utilizaron los paquetes estadísticos Statgraphics XVI, Minitab y Excel 2021.

Se observó el color y a medida que aumentaba la temperatura y la velocidad del aire, las coordenadas a* y b* disminuían y la variación total del color aumentaba; la menor variación se obtuvo con el tratamiento T2 (50°C y 0,5 m/s), con variaciones de -18.69, 26.61, 32.52 y 35,85; respectivamente; la coordenada L* presentó una reducción con el aumento de la temperatura durante el tratamiento T4 (40°C y 1m/s), con la mayor variación de 43.43. La lectura final de humedad fue del 0.2062% a 0.5 m/s y 60 °C.

Palabras claves: Orégano, secado, color y humedad.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the effect of temperature and convective drying air speed on the color of oregano (*Origanum vulgare*) leaves. The oregano leaves were collected in the agricultural areas of the Poblado de Poltoca center in the San Jerónimo district, province of Andahuaylas and department of Apurímac. The oregano leaves were dried using a convective dryer temperature (40, 50 and 60 °C) and air speeds (0.5 and 1.0 m/s); The Konica Minolta CR-400 colorimeter was used to determine color in L*, a*, b*, and delta* space. In the statistical analysis, a 3x2 factorial design with analysis of variance (ANVA) and multiple comparisons using the Tukey Test was used. For these studies, the statistical packages Statgraphics XVI, Minitab and Excel 2021 were used.

The color was observed and as the temperature and air speed increased, the a* and b* coordinates decreased and the total color variation increased; The lowest variation was obtained with treatment T2 (50°C and 0.5 m/s), with variations of -18.69, 26.61, 32.52 and 35.85; respectively; The L* coordinate presented a reduction with increasing temperature during treatment T4 (40°C and 1m/s), with the greatest variation of 43.43. The final humidity reading was 0.2062% at 0.5 m/s and 60 °C.

Keywords: Oregano, drying, color and humidity.

CHUMASQA

Kay yachaypa qatipasqanqa riqsichimuytam munan imahintam quñiywan wayrapa pukuyninwan orégano (*Origanum vulgare*); asnapa qurapa rapinpa llimpinta chakichisqanmantam. Oréganopa rapinkunataqa Poltoca ayllupa, San Jerónimo distrito, Apurímaq suyupa kawsay tarpunan chakrakunamantam huñukamurqa. Orégano asnapa qurapa rapinkunataqa chakichirqa rapipa yakun sutuchiwanmi (40, 50 y 60 °C) chaymanta wayrapa pukuyninwan (0.5 y 1.0 m/s); Rurakurqam llimpiq Konika Minolta CR-400 nisqanwan, chaywanmi llinpinta pachapi qawana L^* , a^* , b^* y Δ^* . Estadística qawapaypunitaqmi rurakurqa chay factorial 3x2 nisqanwan varianzan qawanapaq (ANVA) chaymanta tupachinapaqmi tukuy niraq riqsipaykunawan rurakurqa Prueba de Tukey nisqanwan. Kay yachaykuna qatipaypim patarasqa riqsichiq Statgraphics XVI, Minitab chaymanta Excel 2021 kaykunawan rurakurqa.

Rapinmi tikrakurqa quñipa quñisqanmanhina hinallataq wayrapa pukusqanman, chay tupasqan a^* hinallataq b^* asyarqa aswanqa llinpinmi anchata tikrakurqa, aslla kay tikrakuyninmi rikukurqa chay T2 ((50°C y 0.5 m/s), kay tikrakuymán hina -18.69, 26.61, 32.52 y 35.85; rikukurqa; chay qawaynin T4 (40°C y 1 m/s), anchata tikrakurqa yapakusqanman hina 43.43. Uqu kaynin tukupaypi riqsiykuymi 0.2062% a 0.5 m/s y 60 °C kaymanhina karqa.

Qapaq rimaykuna: Orégano, chakichiy, llimpin hinallataq uqu kaynin.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Apurímac de la provincia de Andahuaylas, se cultiva el orégano (*Origanum vulgare*), una planta medicinal aromática. Se cultiva en el pueblo de Poltocha, en la zona de San Jerónimo.

En la actualidad las hojas de orégano, tienen propiedades antioxidantes, Promueve la menstruación y ayuda a prevenir los síntomas del envejecimiento actuando como emenagogo y aumentando el flujo sanguíneo al abdomen. Es beneficiosa que, al actuar conjuntamente Mejora la progesterona y la hiperplasia prostática benigna; es además un excelente antimicrobiano y antibacteriano y cicatrizante, y es antitumoral y antiinflamatorio; además de ser bastante tónica y digestiva.

De ello dependerá un producto de alta calidad, por lo que es crucial. La oxidación de la planta, que se manifiesta en el oscurecimiento y la pérdida de color de las hojas de orégano, es uno de los factores que más influyen en la calidad de las hierbas tras el secado.

El objetivo de este estudio es determinar la temperatura de secado y la velocidad del aire ideales para mantener el color sin alterarlo.

Por ello la presente investigación tuvo como objetivo general: determinar el efecto de la temperatura y la velocidad del aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Los objetivos específicos fueron, determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*); Así mismo, determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en la humedad final de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).

El contenido del trabajo se divide en cinco capítulos:

- En el primer capítulo se presentan la circunstancia problemática, la formulación del problema y los objetivos del estudio.
- En el capítulo dos presenta el contexto del estudio propuesto los antecedentes, internacionales, nacionales y locales.
- El capítulo tres, describe el marco teórico que sustenta la investigación y el marco conceptual para el entendimiento de los términos empleados a lo largo de la investigación
- El capítulo cuatro, desarrolla los métodos y técnicas estadísticas utilizadas.

- El capítulo cinco considera resultados, discusión y conclusión; mediante el cual se demuestra la verdadera contribución al tema de conocimiento objeto de estudio.

CAPÍTULO I: PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática

La provincia de Andahuaylas es cuna de la fragante planta orégano (*Origanum vulgare*), según la evaluación de las actividades económicas realizada por el Banco Central de reserva. se menciona que Apurímac produce el 0.1% de orégano a nivel nacional, Sin embargo, se han identificado distintos problemas en términos de color y apariencia durante la deshidratación de las hojas de orégano, lo que proporciona a los productores de la zona una fuente diferente de ingresos. que podrían afectar la calidad. En consecuencia, existen diferentes métodos de secado de hierbas aromáticas, en la que debe primar la conservación de sus componentes de frescura, al mismo tiempo que se protegen del crecimiento microbiano y de los cambios en sus atributos. Por consiguiente, las hierbas aromáticas incluyen valiosos componentes bioactivos que podrían deteriorarse si se tratan de forma inadecuada durante el secado, siendo la temperatura y velocidad factores cruciales en el secado para proteger la calidad del producto (Chique et al., 2020, p.5).

Es importante además señalar, el incremento de la temperatura puede acelerar el proceso de secado.; sin embargo, esto podría resultar en una pérdida excesiva de agua de las hojas de orégano, por lo que este adquiriría comportamiento de fragilidad.

Debido a su producción estacional, las hierbas aromáticas suelen estar ausentes de los mercados regionales o internacionales. Por el contrario, la conservación en forma fresca requiere refrigeración y tiene inconvenientes, particularmente durante toda su vida útil.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*)?

1.2.2 Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad del aire de secado convectivo en el color de hojas de orégano (*Origanum vulgare*)?
- ✓ ¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad del aire de secado convectivo en la humedad final de hojas de orégano (*Origanum vulgare*)?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo que afectan el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).
- ✓ Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en la humedad final de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes internacionales

García (2014), "Investigó en su tesis la evaluación de los efectos del proceso de secado de calidad de la estevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) y la Hierbabuena (*Mentha spicata*)"; mediante el cual se establecen cuatro ajustes de secado utilizando un horno de convección forzada: 30, 40, 50 y 60 °C para la hierbabuena, y 40, 50, 60 y 70 °C para la stevia. ΔE Los incrementos de temperatura hacen que aumente la variación de color de la estevia. Los colores 5.93, 9.60, 10.51 y 10.78 Para la hierbabuena, ΔE los valores fueron 4.64, 4.98, 7.69 y 13.79. tanto para la stevia como para la hierbabuena, El autor descubre que un tratamiento a 40 °C mantiene mejor el color.

Antecedentes nacionales

Palomino (2016), "Investigó el efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación en hojas de romero. (*Rosmarinus officinalis L.*)"; Se utilizaba un secador de bandejas de aire forzado, que consta de 5 bandejas de 31 x 42 cm, en la sección de donde se fijaron tres temperaturas para el secado. por bandeja fue 120 ± 0.01 g y tres velocidades del aire (0.5, 1.5 y 2.5 m/s) y temperaturas (40, 65 y 90 °C) para un total de nueve tratamientos con cuatro repeticiones. tienen un efecto significativo en el tiempo de secado, con una curva de secado de tipo polinómico. la que mejor coincide en la mayoría de las circunstancias y una pendiente mayor que 0.97, así como sus interacciones ($p < 0.05$) Respecto a estos elementos, una disminución en el tiempo de secado resulta de un aumento en ambas variables; sin embargo, cuando el aire está caliente y se mueve lentamente, el producto es más propenso a oscurecerse, dando lugar a tonalidades oscuras. Se recomienda examinar este impacto para comprender cómo se comportan

Tonguino (2010), "Estudio en tesis la determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas; menta (*Mentha piperita L*) y orégano (*Origanum vulgare L*)"; Tras realizar una investigación organoléptica, se descubrió que la actividad acuosa del orégano era de 0,50 a 30 °C y la de la menta de 0.43 % a la misma temperatura. Además, a 30 °C, el color con un promedio de 44 mostraba que tiene un ligero tono verde oliva típico de la menta, y a esa temperatura, el aroma con olor a orégano era de 0.50.

Díaz (2010), "Investigó el efecto del tiempo de secado y de la variedad en las características físico-químicas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) seca", Cambió de un

tono verde a un verde amarillento tras el secado, lo que indica que tanto la albahaca fresca como la seca poseían color.

Antecedentes locales

Galindo (2017), “Investigo en su tesis el secado de hojas de salvia (*Salvia officinalis*) y su influencia en el color y propiedades sensoriales”, Cuando se comparó A temperaturas de 40, 50 y 60 °C, el color de las hojas deshidratadas se comparó con el de las hojas frescas. Se produjo un aumento de a^* y una reducción del brillo L^* y del parámetro b^* en comparación con las hojas frescas. De hecho, la temperatura y la velocidad del aire tuvieron una influencia sustancial (valor $p < 0.05$) en el color de las hojas deshidratadas de salvia.

Monares (2015), Investigó sobre el secado convectivo de hojas de puna muña (*Satureja boliviana*); para la cual utilizó diferentes tratamientos a temperaturas de 40, 50 y 60°C. El periodo de velocidad constante aumenta con la temperatura en la caracterización de la curva de secado, pero el periodo de velocidad de secado disminuye. Los gráficos de velocidad demuestran que la temperatura y la velocidad del aire están inversamente relacionadas. La velocidad del aire de Puna Muña se ajusta mejor al modelo de Page. de 1.0 m/s ($R^2 > 0.985$ y %E 11.85), donde los ajustes resultaron en y 0.5 m/s ($R^2 > 0.94$ y %E 22.77). período de secado con la humedad necesaria y la velocidad constante (X_c) tienen relaciones inversas con la temperatura, según las curvas de velocidad.

Huamán (2021), estudió la influencia de la temperatura, en el color y las propiedades sensoriales en el secado de las hojas de manzanilla (*Matricaria chamomilla*); para la cual utilizó un colorímetro triestímulo para medir la variación cromática del espacio CIELab. Se utilizó ANVA con un nivel de significancia del 5% para evaluar los datos del color. Hubo variaciones que fueron estadísticamente significativas. (valor $p < 0.05$) entre el color de las hojas deshidratadas y las temperaturas en L^* y b^* , pero no hubo cambios en el parámetro a^* . Además, Se observó la diferencia de color de las hojas deshidratadas. presentaba un aumento de a^* y una reducción del brillo de L^* y del parámetro b^* en contraste con las hojas frescas.

Ramírez (2016), “Investigó la evaluación del proceso de secado convectivo de las hojas de hinojo (*Foeniculum vulgare*) a diferentes temperaturas”, donde se emplearon tres temperaturas de secado 40, 50 y 60°C en una estufa utilizando convección forzada y manteniendo una velocidad constante del aire de 1 m/s. Se emplearon tres fases de temperatura, un DCA y un factor para evaluar el proceso de secado. Las siguientes áreas, donde se perdió la mayor cantidad de agua, adquirieron un menor porcentaje de

humedad durante un período de tiempo más largo en los datos y los de tratamiento y control para el parámetro a^* , pero sí para los parámetros L^* y b^* . La variación temporal y pérdida de peso. Comprueba que el patrón y la variación temporal no difieren significativamente ($p > 0.05$).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del orégano

El orégano es una planta que crece anualmente. cuya altura oscila entre 40 y 80 cm. crece bien en suelos franco-arenosos y arenosos, ya que es una hierba aromática resistente al frío, pero no se adapta a regiones húmedas, suelos mal drenados o encharcamientos. Esta hierba es sana y bajo en calorías, carece de grasas y colesterol, contiene niveles elevados de hierro, magnesio, potasio, ácido fólico y vitamina B6. También incluye calcio y vitaminas A, C y E (Muñoz, 2002, p.230).

originaria del norte asiático y Europa occidental, pero fue importado y adaptado en países centroeuropeos como Bulgaria, Rusia, Italia y Egipto, Grecia y Roma. El sureste, noreste y este son regiones donde se cultiva (Muñoz, 2002 p.67).

La palabra orégano es de origen griego. el monte "oros" y "ganos" (alegría), y se refiere al aspecto encantador que esta planta ofrece a las zonas donde crece. (Tonguino, 2011). Se relaciona con la creencia griega de que el primer orégano fue plantado por la diosa de la pasión y el amor, Afrodita. y le otorgó su característico aroma.

3.1.1. Clasificación taxonómica de orégano

El orégano pertenece a la siguiente clasificación taxonómica según, (Muñoz, 2002) es la siguiente:

División : Fanerógamas
Subdivisión : Angiospermas
Clase : Cotiledone
Subclase : Metaclamideas o simpétalas
Orden : Tubifloras
Suborden : Vervenineas
Familia : Labiadas
Tribu : Estaquioideas
Género : Origanum
Especie : Vulgare
Nombre científico : *Origanum vulgare*, L.
Nombre común : Orégano (e).

3.1.2. Morfología del orégano

Como planta herbácea perenne, el orégano pertenece a la familia de las labiadas. Tiene brácteas en verano, flores de color blanco a púrpura y hojas de color verde a verde grisáceo o blandas, La mitad inferior de los tallos suele ser amarillenta con regiones pilosas rojizas, al entrar en contacto con el suelo forman una raíz, Los tallos son altos, cuadrangulares y de entre 35 y 80 cm de longitud con varias ramas. Ramificación fasciculada, con un prolífico desarrollo de rizomas (klauer, 2009).

Fruto tetraquenio liso que se descompone en 4 núcleos (Muñoz, 2002, p.105).

3.2 Tipos de orégano

Hoy en día, el género "Origanum" tiene más de 50 especies diferentes.

- ✓ . Orégano (*origanum vulgare*) En todo el mundo, es la variedad de orégano más conocida. Además, es conocido como orégano italiano, genuino y mediterráneo.
- ✓ Orégano ornamental (kent) Se utiliza como adorno por sus hermosas flores.
- ✓ Orégano de creta (*origanum dictamnus*), tiene un aroma más suave que el orégano normal. Se emplea como hierba aromática y en bebidas como el "vermout".
- ✓ Orégano orejón. se utiliza sobre todo con fines medicinales y tiene flores azules y lilas a rosado.
- ✓ Orégano mexicano. tiene un sabor muy potente que es un poco picante, un poco cítrico.
- ✓ Orégano griego. lleva pelos en sus tallos y es extremadamente resistente al frío.
- ✓ La mejorana. Con frecuencia se confunde con la planta de orégano. Se parecen y huelen igual porque pertenecen a la misma familia. Aunque más suave y menos picante, su sabor es comparable al del orégano griego.

3.1.3. Usos del orégano

El orégano se utiliza como diurético, desinfectante, cicatrizante, terapia para la dermatitis, tónico antirreumático, antiparasitario y expectorante. El aceite esencial de orégano no sólo se utiliza como desinfectante que elimina patógenos, sino también como enjuague para el tratamiento de la caries dental debido a su rápida eliminación de hongos, parásitos, virus y gérmenes. Sin embargo, los estudios han indicado que el aceite esencial de orégano inhibe el crecimiento de bacterias que prosperan en ambientes cálidos (entre ellas la *Escherichia coli*, la *Salmonella* y la *Listeria*). (Alvares, 1999)

3.1.4. Composición química de orégano

La planta de orégano, posee la mayoría de sus compuestos químicos que le proporciona muchas cualidades antioxidantes, microbiológicas y de conservación, y puede ser una fuente natural de este terpeno. Se aconseja su uso como bioconservante alimentario, así como teniendo en cuenta los diversos usos como alternativa que demandan las industrias cosméticas y de perfumería. Las hojas de orégano están compuestas principalmente por las siguientes sustancias.

Tabla 1.

Composición química de orégano

Componentes	Cantidad
Phellandreneos	1.75%
P-cymenecoccus aureus	8.88%
Trans-sabinec nehydrate	3.53%
Linatool	1.47%
Hidrato de cissabineno	18.88%
4-terpineol	9.43%
Terpineol	2.76%
Linalyl acetate	7.40%
Th-myJ-metyl-eter	2.07%
Carvacrol	1.18%
Trans-caryophyllene	2.76%
Spathulenol	2.26%
Caryphyllene oxide	2.21%
Palmitic acid	8.39%
9, 12-octadecadienoic acid	8.29%

9, 12,15 octadecatrienal	5.08%
2-methyl-hexanal	1.74%
2-dodecanona	2.52%
1,3,3trymethyl-2-(3methyl-2- methylene	2.40%

Nota. Cada uno forma parte de la composición química del orégano.

Fuente: Dewick, (2002).

3.2. Secado

Es una técnica de conservación de alimentos que consiste en eliminar el agua de un producto; como resultado, previene el crecimiento de bacterias y dificulta la putrefacción. La deshidratación, a menudo conocida como secado, es el proceso de eliminar total o parcialmente el agua de un material. Los sólidos, líquidos y gases pueden ajustarse a este criterio. Tres mecanismos (convección, conducción y radiación) pueden transportar calor durante el proceso de secado. (Geankoplis ,1998, p.189).

La humedad de un producto alimentario se elimina durante el secado para aumentar su estabilidad, movilidad, sabor y presencia en los alimentos (Lomas, 1998, p .681).

3.2.1. Formas de transferencia de calor:

Debemos aprovechar la transmisión de energía solar por radiación, convección, conducción o, en raras ocasiones, una combinación de estos métodos (Mujumdar, 2006). Lo siguiente, se proporciona una explicación sucinta de cada componente:

a) Radiación

Se denomina así al transporte de energía al espacio mediante ondas electromagnéticas. Las moléculas de agua absorben específicamente la energía, por lo que, a medida que el producto se seca y requiere menos energía. Entre ellas está la radiación. infrarroja (Mujumdar, 2006, p.120)

b) Conducción

Las superficies calientes situadas cerca del objeto que se va a secar emiten el calor necesario para la evaporación. Utilizando una corriente de gas o una operación de vacío con el objetivo principal de eliminar el agua, se elimina el agua evaporada (Fito et al., 2001, p.5).

c) Convección

En el proceso se utiliza una corriente de aire caliente para transferir calor al sólido, actuando a la vez como portador del vapor de agua sólido y del calor necesario para provocar la evaporación del agua (Fito et al., 2001, p.6).

- ✓ Convección forzada. Se produce cuando una fuerza motriz procedente del exterior se desplaza a cierta velocidad sobre una superficie superior o a temperatura ambiente (Holman, 2008, p.15).
- ✓ Secadores de bandejas o compartimientos. Este secador consiste en un armario aislado con salidas calientes que apuntan horizontalmente hacia las placas de la rejilla laminar y un calentador para bombear aire a través del calentador. Un serpentín eléctrico, un quemador, una bobina eléctrica u otro tipo de calefactor o resistencias (Calle y Aparicio, 2011, p.8).

3.3. Métodos de secado:

Es una técnica de conservación de alimentos. Desde la antigüedad, los alimentos se han secado al sol para evitar la putrefacción. En la mayoría de las circunstancias

Cuando los alimentos se secan (por aire, sol, humo, viento u otro método), el agua se elimina por evaporación; sin embargo, cuando se liofilizan, primero hay que congelarlos. antes de eliminar el agua mediante sublimación. Ya sea automática o artificialmente (Muñoz, 1996, p. 207). A continuación, se ofrece una breve descripción de cada elemento.

- **Secado natural**

Cabe mencionar que este procedimiento se utilizó en un ambiente con Las altas temperaturas combinadas con una baja humedad relativa hacen que es barato y sencillo llevar a cabo el secado natural. La aplicación de capas finas de la sustancia a las que se dejan a la intemperie durante algunos días, teniendo la precaución de retirarlas con frecuencia y cubrirlas o almacenarlas (Fito et al., 2001, p.144).

- **Secado mecánico**

Según Singh y Heldman (2001), es factible obtener un producto de alto grado comercial es posible. en cuestión de horas regulando los factores de procesamiento durante el secado artificial o mecánico. La deshidratación puede producirse de varias formas, como las que se enumeran a continuación:

- ✓ Liofilización.
- ✓ interacción inmediata con una superficie calentada para secar.
- ✓ secado por aire caliente.
- ✓ utilizando una fuente de radiación de microondas para secar.

3.4. Factores que normalizan el secado

- Periodo de secado. Una capa superficial dura, queratinosa e impenetrable La rápida evaporación de la humedad superficial es lo que impide que los alimentos se sequen más. que viene determinada por una consideración inadecuada de estos elementos.
- La temperatura, que varía en función del alimento y de la técnica de secado.
- La humedad relativa del aire, que también fluctúa en función del mecanismo y la fase de secado, suele ser mayor durante el inicio de la deshidratación. La velocidad aerodinámica (Frazier.W. C, 2003, p.178).

Geankoplis (1986), comprobó que el secado de diferentes sustancias en circunstancias de secado constante suele dar siempre como resultado curvas con formas cambiantes durante el periodo de tasa decreciente; sin embargo, tanto las dos zonas de secado del periodo de tasa como el periodo de tasa decreciente suelen estar siempre presentes (p. 454).

3.5. Definiciones básicas de humedad del proceso de secado

3.5.1. Contenido de humedad

Normalmente, En términos de peso seco, el contenido de humedad de un material se expresa en porcentaje. Una sustancia absorbe o pierde agua cuando se expone al aire a un nivel de humedad específico hasta que se alcancé las condiciones de equilibrio. (Frazier, 2003, p.145).

3.5.2. Contenido de humedad, base seca (hbs)

Representa porcentaje el contenido de humedad del material con respecto a su peso sólido seco. Identificado como:

$$h_{bs} = \frac{m_{agua}}{m_{ss}} \dots\dots\dots(Ec.1)$$

Dónde:

m_{ss} = solido seco y m_{agua} = masa del agua.

3.5.3. Contenido de humedad, base húmeda (hbh)

Representa como porcentaje del peso del sólido húmedo, expresa el contenido de humedad del material.

$$h_{bh} = \frac{m_{agua}}{m_{agua}+m_{mss}} \dots\dots\dots(Ec.2)$$

m_{ss} = solido seco y m_{agua} = masa del agua

Usando la relación entre la humedad base en bases húmedas y secas, podemos derivar.

$$h_{bh} = \frac{h_{bs}}{1+h_{bs}} \dots\dots\dots(Ec.3)$$

$$h_{bs} = \frac{h_{bh}}{1-h_{bh}} \dots\dots\dots(Ec.4)$$

Dado que el denominador de la ecuación del contenido de humedad permanece constante en todo el sistema, resulta muy útil plantearla en términos secos. Un sólido puede incluir uno o más de los siguientes tipos de humedad. (Warren et al., 1991, p.12).

3.5.4. Humedad ligada

Se dice que tiene la misma temperatura, la presión de vapor es inferior a la del agua. y que es más difícil de eliminar con técnicas convencionales, ya que forma parte de la matriz del objeto que se ha conservado mediante procesos físicos y químicos.

3.5.5. Humedad no ligada

Dado que el denominador de la ecuación del contenido de humedad permanece constante en todo el sistema, resulta muy útil plantearla en términos secos. Un sólido puede incluir uno o más de los siguientes tipos de humedad.

3.5.6. Humedad de equilibrio (x*)

La presión de vapor de un sólido es la misma que la de un gas, hay humedad. El tipo de humedad y la temperatura del sólido determinan cuánta presión de vapor experimenta un sólido a causa de la humedad. (Treybal, 2000). En realidad, cuando la temperatura de un sólido aumenta, su contenido de humedad disminuye. (Geankoplis, 1998). Para adquirir este nivel de sensibilización, los materiales suelen perder humedad con el tiempo. (Sharma, Mulvaney y Rizvi, 2003). Cuando los materiales sólidos se secan, el contenido de sólidos sale del secador. (Warren et al., 1991, p.59).

3.5.7. Humedad libre (X)

El sólido tiene un contenido de humedad mayor que el contenido de humedad de equilibrio. Dependiendo de la concentración de vapor de la corriente de gas, esta humedad puede evaporarse. La cantidad de agua libre se determina restando el contenido total de agua del contenido de agua de equilibrio del sólido. (Warren et al., 1991, p.60).

$$X = \frac{\text{peso inicial} - X^* - m_{ss}}{m_{ss}} \dots\dots\dots (\text{Ec.05})$$

Dónde:

m_{ss} = sólido seco

X^* = humedad de equilibrio.

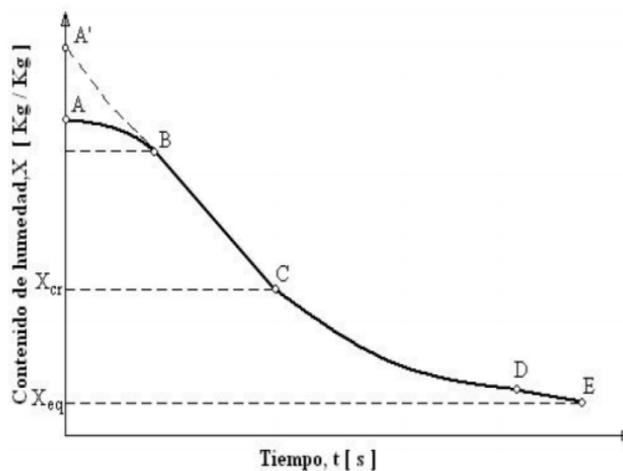
3.6. Curva de secado

La variación del contenido de humedad del producto secado a lo largo del tiempo se denomina curva de secado. El contenido de humedad del material (XW) se muestra en relación con el tiempo (t) transcurrido desde el inicio del proceso de secado.

En la Figura 1 se muestra una curva de secado típica con tres zonas distintas para materiales extremadamente húmedos.

(Fito et al., 2001):

- ✓ En la zona inicial A del diagrama, la pendiente de la curva aumenta ligeramente a lo largo de la fase de inducción.
- ✓ Otra zona B tiene pendiente constante, de modo que la cantidad de agua que se elimina con el tiempo aumenta proporcionalmente.
- ✓ Y Una tercera zona, denominada C, tiene una pendiente que disminuye gradualmente Figura 1. Curva de secado.



Nota. Curva de secado humedad final seca función a tiempo

Fuente: Geankoplis, (1998).

En la figura 1 se muestra una muestra sometida a una prueba de secado con su curva de secado. Con las condiciones de aire reinantes, la humedad desciende gradualmente desde su valor inicial (A) hasta su límite, o la humedad de equilibrio (X^*). El punto en el que cambia la pendiente de la curva (C) (X_c, t_c) se conoce como punto crucial. Esto implica que las variaciones del contenido de humedad a lo largo del tiempo repercuten en la velocidad de secado. Esta fluctuación se ilustra en detalle (X) en la Figura 1, que es una representación visual del secado (W) en humedad.

El secado es la cantidad de agua libre que atraviesa una superficie (m^2) en un tiempo determinado. Depende de una serie de variables, como la masa del material deshidratado en su conjunto y el contenido de humedad inicial y su relación con el contenido de humedad de equilibrio en el secador. Si el secado del pienso provoca contracción, cementación, agrietamiento u otras consecuencias no deseadas, puede ser necesario reducir la velocidad de secado. (Sharma et al, 2003, p.156).

3.7. Parámetros del secado:

La humedad relativa, la humedad del producto al inicio y la humedad de equilibrio del producto son los factores que influyen en el tiempo de secado. (Ibarz et al, 2005, p.101).

3.7.1. Temperatura

Un número físico llamado temperatura puede utilizarse para describir la energía del entorno, de un cuerpo o de un objeto. La velocidad de transmisión del calor aumenta debido a la diferencia de temperatura entre la muestra y el medio. (Ibarz et al., 2005, p.120).

3.7.2. Velocidad de aire

Para calentar el agua del material y eliminar la humedad del mismo, la energía debe transmitirse a esa velocidad al exterior de la secadora (Geankoplis, 1998, p.18).

3.7.3. Velocidad de secado

. Se define como la variable que correlaciona la cantidad de agua eliminada durante un periodo de tiempo predeterminado en una región de secado determinada. Tras el secado, los alimentos siguen perdiendo agua hasta que están totalmente secos. Sin embargo, si se permite que el aire circule sobre una muestra húmeda, el contenido de

humedad seguirá aumentando. La muestra suele estar suspendida dentro de una cabina o conducto. La muestra se seca haciendo pasar una corriente de aire que se mantiene constante en cuanto a temperatura, humedad, velocidad y dirección del flujo. (Fito et al, 2001 p.31).

3.7.4. Humedad

La palabra "humedad" se refiere a la cantidad de agua que contiene un material o sustancia. La masa de agua (m_{H_2O}) más la masa seca del material (m_s) forman conjuntamente la masa total del material (m_h). (Martines y Lira, 2010, p.97).

3.8. Color

El color es el principal determinante de la calidad de los alimentos y el principal factor que tienen en cuenta los clientes. Existe una relación entre la presencia de compuestos bioactivos como vitaminas, betalaínas y carotenoides y el color de los alimentos. Numerosos estudios han demostrado los efectos beneficiosos de su ingesta en la salud humana, incluida la reducción de factores de riesgo como el colesterol y la esclerosis coronaria. (2013) Santana et al. El color puede definirse por su valor, que es la proporción de blanco o negro de un tono con respecto a otros tonos. Cuando añadimos gradualmente blanco a un color, obtenemos valores de tono más claros. A medida que aumenta el valor de gris de un tono, los valores de tono se oscurecen progresivamente. (Blume, 1994) El espacio de color $L^* a^* b^*$.

3.8.1 Color en los alimentos

Varios compuestos principalmente orgánicos son responsables de la coloración de los alimentos; algunos se producen durante la manipulación y el procesado, mientras que otros son pigmentos naturales añadidos o colorantes artificiales. Cuando los alimentos se cocinan, adquieren tonalidades que van del amarillo claro al marrón oscuro. Mediante los procesos de Maillard y caramelización; alternativamente, los pigmentos que contienen sufren alteraciones y adquieren colores distintos. (Badui, 2006, p. 41).

Los siguientes elementos, según Bello (2008), afectan al color de un alimento (p. 41)

- ✓ La existencia de colorantes o pigmentos orgánicos
- ✓ El proceso mediante el cual procesos químicos o enzimáticos producen pigmentos de color.
- ✓ La inclusión intencionada de colorantes químicos
- ✓ El resultado tangible de los procesos fisicoquímicos de los alimentos relacionados con la dispersión de la luz.

3.8.2 Colorimetría

La colorimetría “es un método óptico que se basa en la comparación del color usando el ojo humano como detector” (Olsen, 1986). Estas técnicas dependen principalmente del diseño y las distribuciones espectrales de tres elementos: la sensibilidad visual del observador, la reflectividad de la muestra y la fuente de luz. (Otlés, 2008, p.150).

La colorimetría triestímulo es la técnica más utilizada en la industria alimentaria para medir el color. La muestra se expone a luz blanca con un ángulo de 0° procedente de una fuente CIE (Comisión Internacional de Iluminación) estándar, y la luz se refleja con un ángulo de 45° (reflexión difusa). En un colorímetro triestímulo, o lo contrario. Después de pasar por filtros, la luz reflejada es detectada por una fotocélula. (Ferreira, 1981, p.155)

3.8.3 Medición del color

Para captar imágenes y describir objetos, el color es una medida de objeto crucial. El color también se utiliza para comprobar y evaluar la calidad de los productos alimenticios. Con herramientas como el colorímetro o la visión por computadora, las mediciones de color se pueden realizar visualmente (Wu y Sun, 2013). Tono, croma y brillo son las tres propiedades del color que se utilizan para definirlo técnicamente. Munsell introdujo estos conceptos en la ciencia del color. (Rettig y Hen, 2014, p.45).

3.8.4. Escalas de medición de color

3.8.4.1. Sistema Munsell

Este método fue creado por Albert H. Munsell, cuya primera publicación fue en 1905, y demuestra su esfuerzo por crear una base racional para la descripción del color. (Rettig y Hen, 2014). Las tres características del color -tono, valor y croma- reciben valores numéricos en este enfoque. Los intervalos iguales de percepción visual se representan mediante muestras de 18 tonos vecinos (X-Rite, 2002).

Los métodos utilizados por los sistemas de color actuales para evaluar el color son matemáticos. Para ver el color se necesitan tres cosas: un iluminante o fuente de luz, un objeto y un observador o procesador. (X-Rite, 2002).

3.8.4.2. Sistemas CIE

Los sistemas más significativos y utilizados para el uso de fuentes de luz y observadores en la descripción y medición del color, uniformes, han sido creados por la CIE. (Giese, 1995 citado por Mathias, 2014). Para encontrar un color en un espacio de color, los

sistemas CIE requieren tres coordenadas. CIE XYZ, CIE L*a*b*, CIE L*a*b*, CIE L*a*b* y CIE L*a*b* son algunos de estos espacios de color. (Rettig y Hen, 2014, p.130).

3.8.4.3. Valores de cromaticidad

La limitación del uso de los valores triestímulos como especificaciones de color en las escalas de cromaticidad se debe a que no se correlacionan fielmente con las cualidades visuales. X y Z no conectan con el tono ni con el croma, sin embargo Y se correlaciona con la luminosidad. (XRite, 2002, p.128).

3.8.5 Modelo de color CIELAB

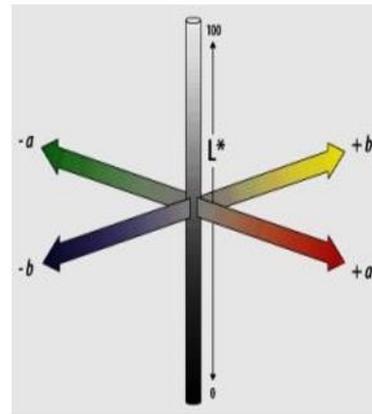
Utilizado para explicar todos los matices que el ojo humano es capaz de percibir es el CIE L*a*b*. La letra va seguida de un asterisco (*), que representa los tres parámetros del modelo (L*a*b*), Valero (2012):

- ✓ L*: Medida porcentual del brillo (Siendo 100 blanco y 0 negro).
- ✓ a*: Posición del color, de verde a rojo (el verde se indica con números negativos, mientras que el rojo se indica con valores positivos rojos).
- ✓ b*: Posición del color, de azul a amarillo (los valores positivos implican amarillo, los negativos sugieren azul).

Tres coordenadas colorimétricas adimensionales, L*, a* y b*, componen el sistema de coordenadas cartesianas que define el Espacio de color CIELAB. estímulos independientes, la coordenada L* tiene siempre el valor 100 y no se especifica. La cromaticidad se refiere al par a* y b*. Si la coordenada a* es mayor que cero, la desviación es hacia el rojo, y si es menor que cero, hacia el verde. La coordenada b* especifica de forma similar la divergencia hacia el amarillo si b* es mayor que cero y hacia el azul si b* es menor que cero (Valero, 2012, p. 48).

El modelo L*a*b* fue desarrollado en 1976 por la Comisión Internacional de Iluminación para mejorar la reproducción cromática. Se considera el modelo de color más completo y se utiliza con frecuencia para representar los colores visibles para el ojo humano. Se considera el modelo de color más completo y se utiliza con frecuencia para representar colores visibles para el ojo humano. (Noor, Mokhtar, Rafiqul y Pramod, 2012).

Figura 2. Modelo de color CIE $L^*a^*b^*$.



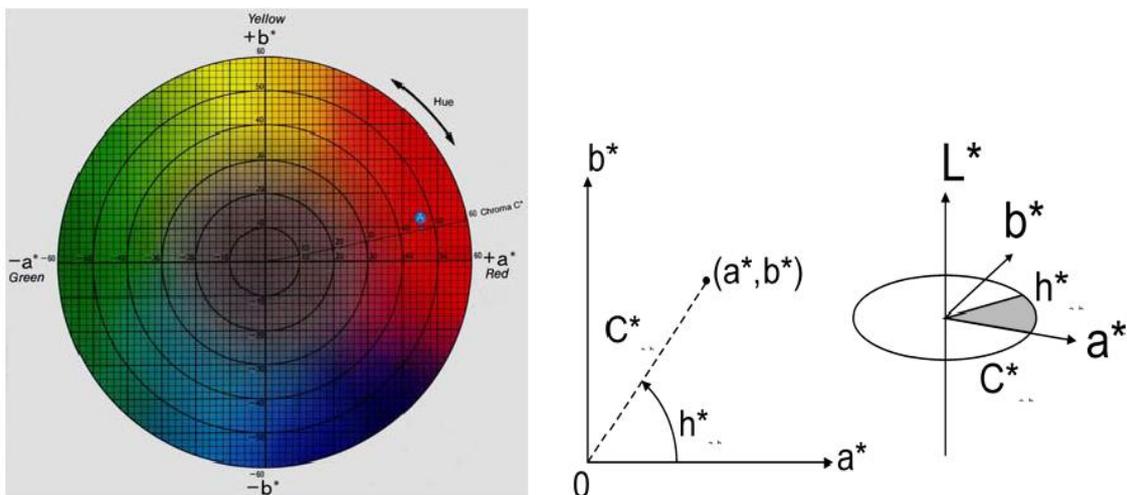
Nota. Modelo de cielab para evaluar el color. Fuente: Ferreira, (2012).

3.8.6 Diferencia o variación de color

Es la principal característica que perciben los consumidores en los alimentos y una de sus principales características. Formado por una mezcla de longitudes de onda de luz reflejadas por su superficie, $L^* a^* b^*$ es un espacio de color muy utilizado para medir la composición cromática de un objeto. comúnmente conocido como CIELAB). (Claude, 2004 p. 24).

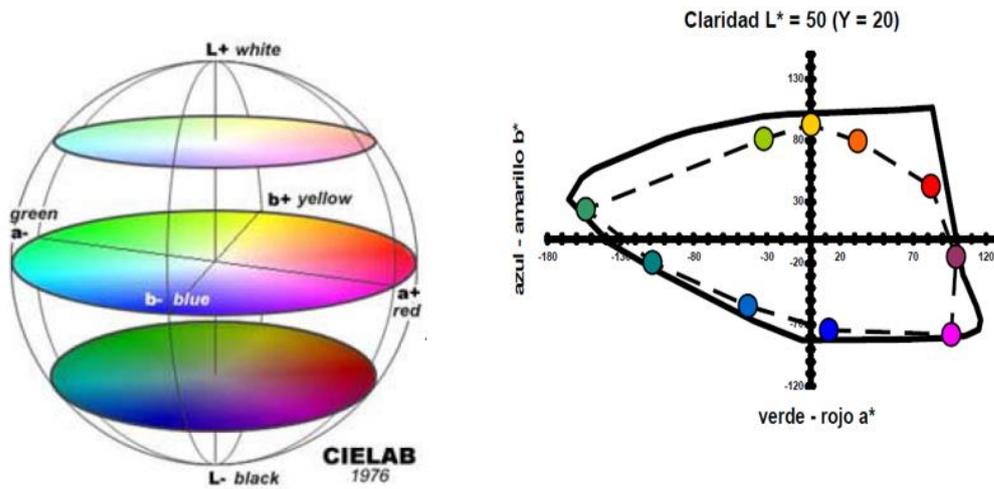
El espacio de color $L^* a^* b^*$ es uno de los más utilizados para determinar la composición cromática de un artículo. CIELAB, que se utiliza en muchos campos diferentes. A menudo denominado CIELAB, este espacio de color es uno de los más empleados en numerosos campos para determinar la composición cromática de un artículo. es un espacio de color que la CIE creó en 1976 para resolver un problema importante con el espacio de color $Y x y$ original. La figura 3 ilustra la dirección del color y el color en $a^* b^*$ desde el plano horizontal con un valor L^* constante. L^* denota la luminosidad en el espacio de color, mientras que a^* y b^* señalan las coordenadas de color. $+a^*$ indica rojo, mientras que $-a^*$ indica verde. (Konica y Minolta, 2007 p.20).

Figura 3. Representación en el plano horizontal del espacio de color $L^* a^* b^*$.



Fuente: Konica y Minolta, (2007).

Figura 4. Representación en el plano horizontal del espacio de color $L^* a^* b^*$.



Fuente: Konica y Sensing, (2007).

En la Figura 4, la ecuación 6 explica mejor este concepto, mejor para analizar el total. Para examinar las variaciones globales de tono, saturación y luminosidad entre dos colores, resulta útil calcular la diferencia de tono entre los colores de referencia y observados utilizando la ecuación 7. Puede utilizarse para determinar la diferencia de tono entre los colores de referencia y observados con el fin de evaluar las variaciones de luminosidad, saturación y tono. Calcule la medida de desaturación de luminosidad total entre los colores observados y de referencia para examinar las variaciones globales de tono, saturación y luminosidad entre dos colores. Determinar la diferencia de luminancia entre los colores observados y de referencia. (Konica y Minolta, 2007 p.20).

El análisis del color es algo más que una fórmula matemática. El estudio se centra generalmente en lo similar o diferente que es un color respecto a un estándar predeterminado. Para comparar las tonalidades de dos objetos, utilice CIELAB (X-Rite, 2012, p.153).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots \dots \dots (\text{Ec.6})$$

La diferencia entre $L^* a^* b^*$ de la comparación y $L^* a^* b^*$ de la referencia se denota por ΔL^* , Δa^* y Δb^* .

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \dots \dots \dots (\text{Ec.7})$$

3.9 Marco conceptual:

3.9.1 Secado convectivo

Actualmente se combina con pretratamientos que incluyen la impregnación al vacío, el escaldado y la deshidratación osmótica (ósmosis) para reducir los residuos y mejorar la calidad de los productos. (Singh y Heldman, 2001, p.194).

3.9.2 Transferencia de materia

La forma en que la humedad se desplaza dentro de un sólido depende de sus propiedades físicas, como tanto el contenido de humedad como la temperatura. (Miranda, 2004 p.318).

3.9.3 Desecación

El procedimiento consiste en drenar el agua hasta que el producto está en equilibrio con el aire de secado y ha alcanzado su contenido de humedad final. Por cada kilogramo de producto húmedo se utilizan entre 0.12 y 0.14 kg de agua, que es el contenido final de humedad. El valor a_w final debe ser lo suficientemente bajo como para restringir las reacciones enzimáticas y permitir al mismo tiempo el crecimiento microbiano. Para limitar las reacciones enzimáticas y favorecer el crecimiento microbiano, el valor debe ser lo suficientemente bajo. (Geankoplis, 1998 p.180).

3.9.4 Deshidratación

Los alimentos reducen los gastos de envío y almacenamiento, al tiempo que mantiene una buena estabilidad (a_w). Cuando se elimina menos del 2.5% del agua de las comidas, se produce la deshidratación (Ibarz, 2005, p.110).

3.9.5. Efecto

El concepto de causa y efecto es fundamental tanto para la ciencia como para la filosofía. Un efecto es el resultado, la conclusión o lo que resulta de una causa. El significado de la palabra efecto, que deriva del latín effectus, en función de la situación en la que se emplee (Ibarz, 2005, p.160).

3.9.6. Determinación

Es el resultado de decidir (tomar una decisión, fijar los parámetros de un acuerdo o hacer una indicación que tenga repercusiones) decidir (tomar una decisión, fijar los

parámetros de un acuerdo o hacer una indicación que tenga repercusiones). (Singh y Heldman, 2001, p. 98).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el barrio Santa Rosa del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas. Para llevar a cabo la investigación se utilizaron los laboratorios química y de control de calidad.

Materiales, equipos y reactivos

4.2.1. Materiales

En la tabla 2 se enumeran los suministros utilizados durante esta investigación.

Tabla 2.

Materiales de laboratorio.

Cantidad	Nombre
02 unid.	Pinzas
04 unid.	Papel toalla
01 unid.	Tina de 5 L
01 unid.	Jarra milimetrada de 1 L
03 unid.	Papel tisú
01 unid.	Papel Kraft
01 unid.	Pipeta graduada
01 unid.	Propipeta

4.2.2. Equipos e instrumentos de laboratorio

En la Tabla 3 es una lista de los instrumentos y el equipo de laboratorio utilizados en esta investigación.

Equipos e instrumentos de laboratorio.

Cantidad	Nombre	Descripción	Marca
01 unid.	Balanza analítica	Aparato electrónico con una capacidad de 100 g y una sensibilidad de 0,0001 g.	OHAUS Aventurer
01 unid.	Balanza electrónica digital	Aparato electrónico de cuarenta kilogramos de peso	Menmert

01 unid.	Secador convectivo	Con Bandejas y rango de temperatura de 40 a 100 °C con velocidad de aire 0.5 y 1 m/s	BINDER
01 unid.	Anemómetro	Instrumento que mide velocidad de aire, humedad relativa y temperatura	Benetech
01 unid.	Cronómetro	Instrumento digital	Casio
01 unid.	Colorímetro	Mide la variación de color basándose en el espacio L*, a* y b*	Konica Minolta

4.2.3. Reactivos

En la Tabla 4 es una lista de los materiales utilizados en este estudio.

Tabla 3.

Reactivos.

Cantidad	Nombre	Marca
1 L	Agua destilada	s/m
300 ml	Hipoclorito de sodio	Clorox

4.2.4. Material vegetal

Las hojas de orégano (*Origanum vulgare*) fueron recolectadas en campos de cultivo del caserío de Poltocha en la localidad de San Jerónimo de Andahuaylas, Apurímac.

4.3. Material de estudio

✓ Población

Se consideró como Población de hojas frescas de orégano (*Origanum vulgare*), cultivadas en la zona altoandina del centro poblado de Poltocha, perteneciente al departamento de Apurímac, provincia de Andahuaylas y distrito de San Jerónimo. Corresponden a los periodos vegetativos de enero a marzo del 2020. 3295.6 msnm. Las coordenadas geográficas de 13°46"09" y O 73°36" 05".

✓ **Muestra**

Dado que las muestras se eligieron en función de los criterios, la accesibilidad y la intencionalidad del investigador (muestreo de conveniencia), no se utilizó ningún procedimiento de muestreo probabilístico para obtener la muestra. En este muestreo se utilizaron 3 hojas de orégano, teniendo en cuenta los siguientes factores: en este muestreo, teniendo en cuenta los siguientes factores: sin defectos mecánicos, hojas sin manchas, hojas frescas.

✓ **Unidad de análisis**

El término "unidad de análisis" se refiere a la información recogida durante el proceso de secado, como la velocidad del aire, la humedad base seca y la humedad base seca a las temperaturas objeto de estudio.

4.4. Tipo de investigación

Según el fin perseguido:

Experimento: A partir de la evaluación del color de las hojas de orégano bajo la influencia de los parámetros (L^* , a^* y b^*), se han utilizado ideas teóricas y científicas relevantes para el sector.

Diseño de contrastación.

Para determinar los efectos de las dos variables -temperatura en tres niveles (40°C, 50°C y 60°C) y velocidad del aire en dos niveles (0.5 y 1 m/s)- se ensayó la variación del color en el espacio $L^*a^*b^*$ y la humedad final mediante un diseño factorial $3 \times 2 = 6$ para el secado de hojas de orégano. La Tabla 5 muestra el diseño matriz. La variable de respuesta en este caso es la humedad.

Tabla 4.

Matriz de diseño para el secado de hojas de orégano

Tratamiento	Variable de entrada		Variable de salida	
	Temperatura (°C)	Velocidad de aire (m/s)	Variación de color	Humedad final (%)
T1	T ₁ (40)	V1 (0.5)	VC1	H1

T2	T ₂ (50)	V1(0.5)	VC1	H2
T3	T ₃ (60)	V1(0.5)	VC1	H3
T4	T ₁ (40)	V2 (1.0)	VC2	H4
T5	T ₂ (50)	V2(1.0)	VC2	H5
T6	T ₃ (60)	V2(1.0)	VC2	H6

Nota. Los ensayos se realizaron por triplicado.

4.5. Metodología experimental

4.5.1. Procedimiento de secado de las hojas de orégano

En la figura 5 se representa el proceso de secado de las hojas de orégano; en la figura siguiente se explica detalladamente cada etapa. Se explica cada paso.

✓ Selección y clasificación de materia prima

Este proceso consistió en recolectar las hojas de orégano de color uniforme, consistencia firme y sin daños mecánicos.

✓ Lavado

Las hojas de orégano se desinfectaron completamente sumergiéndolas en un chorro de agua. Luego se sumergieron en una solución desinfectante durante 5 minutos para eliminar cualquier microorganismo peligroso. Para ello, se mezcló agua con 0.05 ml de hipoclorito de sodio.

✓ Oreado

Este procedimiento se llevó a cabo cuidadosamente durante 30 minutos a temperatura ambiente para eliminar el agua de la materia prima.

✓ Secado

Se utilizó la circulación de aire caliente en una placa Petri de cristal. Para mantener un calentamiento uniforme, se encendió 30 minutos antes. A continuación, se añadió una placa Petri de vidrio. Se utilizó un horno de convección para secar la materia, que incluían 5 g de hojas de orégano, a temperaturas de 40, 50 y 60 °C y velocidades de 0.5 y 1.0 m/s. El peso se midió con una balanza digital de precisión a intervalos regulares. Para cada tratamiento, este procedimiento se realizó tres veces (Huachi, 1999, p.107). Las hojas de orégano se pesaron cada diez minutos para comprobar su peso constante.

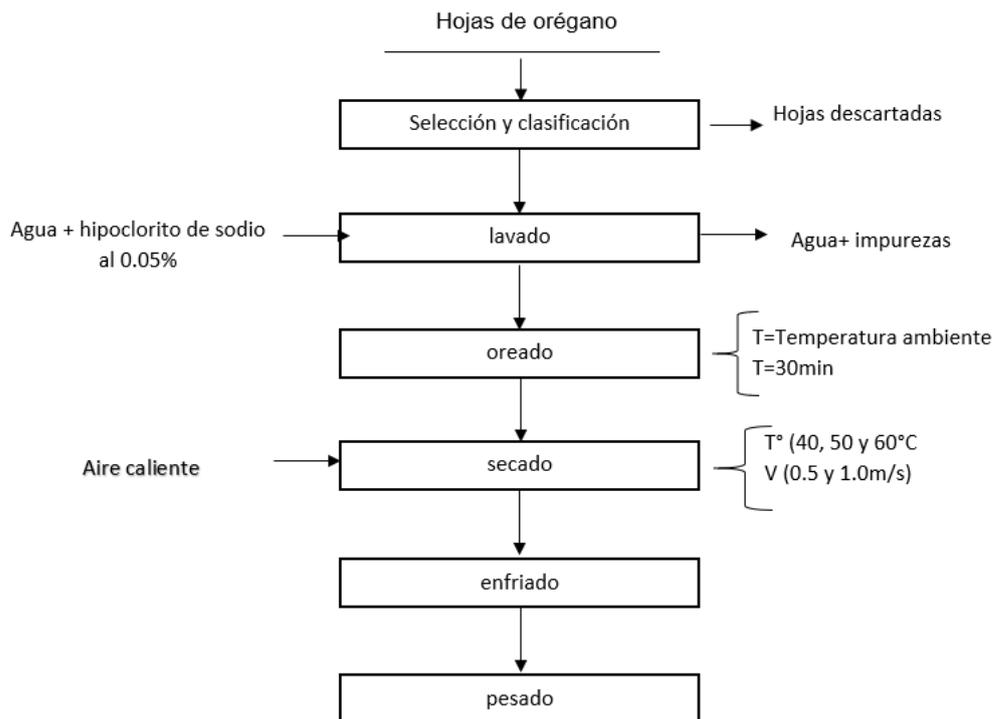
✓ Enfriado

Las hojas de orégano se secaron y se dejaron enfriar en desecador.

✓ **Peso**

A partir del análisis del color, fue posible calcular el peso constante de las hojas de orégano. Las hojas de orégano se pesaron cada 10 minutos para establecer su peso constante.

Figura 5. Diagrama de bloque para el secado de hojas de orégano.



Nota. Diagrama de bloque para el secado de hojas de orégano.

Fuente: Espinoza, J. (2011).

4.6. Metodología experimental

4.6.1 Determinación del color

El color se determinó por el método explicado de acuerdo con la norma (ASTM D2244-02).

Procedimiento:

- **Hojas de orégano**

- ✓ Para el colorímetro Konica Minolta CR-400 se calibró utilizando la placa de calibración blanca incluida. Con los datos recibidos, se evaluaron las coordenadas de color a^* y b^* , así como la luminosidad L^* .
- ✓ A continuación, se activó el botón de medición del colorímetro.
- ✓ El colorímetro genera valores L^* , a^* y b^* en el espacio de color.
- ✓ Se utilizó la ecuación 7 para calcular la variación total de color como la diferencia entre las coordenadas L^* , a^* y b^* .

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \dots\dots\dots (Ec.7)$$

Donde:

ΔL^* : diferencia de la luminosidad

Δa^* : diferencia de la coordenada cromática verde/rojo.

Δb^* : diferencia de la coordenada cromática azul/amarillo.

4.6.2. Determinación de humedad

La cantidad de agua en la muestra se determinó dividiendo su pérdida de peso en un secador de convección por su peso total y expresando el resultado en porcentaje. Se determinó que la pérdida de peso se debía a la humedad. Se terminó utilizando las técnicas descritas por (A.O.A.C,2005, p.145).

Para calcular:

$$\%H = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \dots\dots\dots (Ec .5)$$

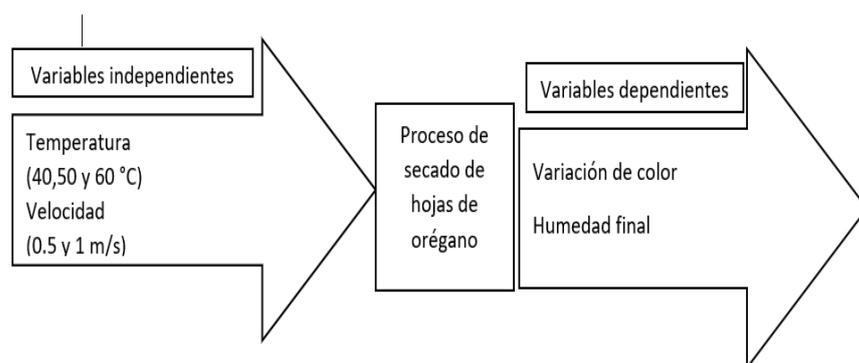
4.7. Diseño experimental y análisis estadístico

4.7.1. Diseño experimental

a) Diseño experimental de variables independientes y dependientes

En la Figura 6 se muestra la determinación de las variables independientes y dependientes utilizadas en esta investigación.

Figura 6. Diseño experimental de variables independientes y dependientes



Nota. Variables que afectan al secado de las hojas de orégano.

Fuente: Bandoni, A. (2003).

4.7.2. Análisis estadístico

a) Análisis de varianza (ANVA) para el diseño factorial

Los dos componentes del ANVA de dos factores, cada uno con tres y dos niveles, fueron la temperatura y la velocidad del aire de secado; en la tabla 6 muestra los resultados.

Tabla 5.

Análisis de varianza (ANVA).

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor-P
A	SC_A	$a - 1$	CM_A	CM_A/CM_E	$P (F > F_0)$
B	SC_B	$b - 1$	CM_B	CM_B/CM_E	$P (F > F_0)$
AB	SC_{AB}	$(a - 1) (b - 2)$	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P (F > F_0)$
Error	SC_E	$ab (n - 1)$	CM_E		
Total	SC_T	$abn-1$			

Nota. Tabla de Análisis de varianza para correr datos estadísticos

Fuente: (Gutiérrez y Vara, 2008).

b) Modelo estadístico

Se sugirió un modelo estadístico para el diseño factorial $3 \times 2 = 6$ del presente estudio con el fin de tener en cuenta los efectos independientes de cada factor (temperatura y velocidad del aire), así como la interacción de ambos factores (temperatura por velocidad del aire). Para el diseño factorial $3 \times 2 = 6$ del presente estudio, se sugirió este modelo. La ecuación 9 muestra este modelo. (Gutiérrez y Vara, 2008):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha + \beta_j + (\alpha\beta) + \varepsilon_{ijk} \dots \dots \dots (Ec.9)$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

Y_{ijk} : Para las variables de salida, es el resultado del i-ésimo tratamiento (color de la hoja y humedad final).

μ : El impacto global mide la media general de cada resultado para cada variable de salida (color de la hoja y humedad final).

α_i : Es el impacto (positivo o negativo), el nivel de la variable temperatura del aire de secado sobre la reacción.

β_j : El nivel de la variable velocidad del aire de secado y cómo afecta a la reacción, positiva o negativamente.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Como variación aleatoria de la media del error experimental o perturbación es el resultado de la interacción entre la temperatura y la velocidad del aire de secado.

E_{ijk} : La variación aleatoria en torno a las medias, que es una medida del error experimental o perturbación.

La siguiente será la hipótesis estadística para un ANVA:

- ✓ H_0 : El espacio de color $L^*a^*b^*$ no muestra diferencias perceptibles entre las hojas de orégano que se han secado a distintas temperaturas y velocidades del aire.
- ✓ H_a : Tras secarse a distintas temperaturas y velocidades del aire, las hojas de orégano muestran una notable variación de color dentro del espacio cromático $L^*a^*b^*$.
- ✓ H_0 : Humedad final de las hojas de orégano secadas a distintas temperaturas y velocidades del aire no presentan variaciones apreciables.
- ✓ H_a : Humedad final de las hojas de orégano secadas a distintas temperaturas y velocidades del aire presentan variaciones notables.

El umbral habitual de significación (α) en las comparaciones de tratamientos es $\alpha = 0.05$. (Gutiérrez, 2008).

Criterio para la prueba de hipótesis

Se rechaza H_0 si $\alpha > p$ -valué.

Se utilizaron programas Excel para realizar el análisis estadístico. 2021, Minitab 19 y Statgraphisc Centurión XVI.

CAPÍTULO V. RESULTADO Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado en el color

5.1.1 Coordenada L*

La Tabla 7 se muestra la coordenada L* del color de la hoja de orégano para cada tratamiento. El tratamiento T4 (40 °C y 1.0 m/s) alcanzó el valor más alto de 43.43 ± 1.59 , mientras que el tratamiento T3 (60 °C y 0.5 m/s) tuvo el valor más bajo de 36.93 ± 4.18 . Entre 0 y 100 se sitúa el rango de luminosidad, donde 0 representa la tendencia negra y 100 la tendencia blanca. (Valero, 2012).

Tabla 6.

Coordenada L del color.*

Tratamiento	T (°C)	V (m/s)	L*				
			\bar{x}	\pm	S	C.V.	Dif. sig.
T1	40	0.5	40.82	\pm	5.00	0.12	a
T2	50	0.5	38.59	\pm	1.09	0.02	b
T3	60	0.5	36.93	\pm	4.18	0.11	c
T4	40	1.0	43.43	\pm	1.59	0.03	d
T5	50	1.0	37.94	\pm	0.94	0.02	e
T6	60	1.0	37.44	\pm	5.32	0.14	e

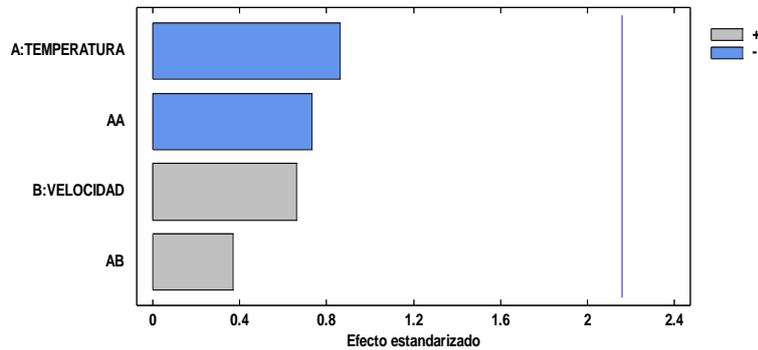
* S significa desviación típica, \bar{x} media muestral y C.V. coeficiente de variabilidad porcentual.

* La prueba de Tukey indica que letras distintas en la misma columna indican una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

El Anexo 12 muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la coordenada L*. Es evidente que el componente de temperatura (A), la velocidad del aire de secado (B) y su interacción (A*B) tienen valores p por encima del umbral de significación ($P > 0.05$). No se observan cambios estadísticamente significativos, como demuestran los valores p del factor de temperatura (A), la velocidad del aire de secado (B) y su interacción (A*B) por encima del umbral de significación ($P > 0.05$). Así pues, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a).

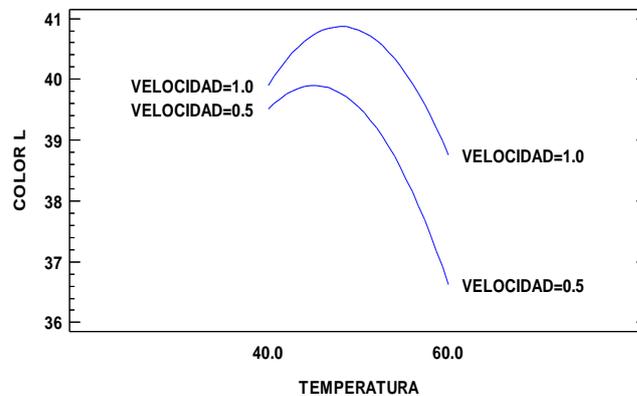
Como se ve en el diagrama de Pareto de la Figura 7 con una confianza del 95%, ni la temperatura (A), ni la velocidad del aire (B), ni su combinación (A*B) tienen efectos perceptibles. Con una confianza del 95%, ni la temperatura (A), ni la velocidad del aire (B), ni su combinación (A*B) tienen efectos perceptibles.

Figura 7. Gráfica de interacción para la coordenada L* del color.



El gráfico de interacción que muestra los efectos primarios de la temperatura y la velocidad del aire para la coordenada L* se muestra en la Figura 8. Es evidente que los valores de L* tienden a disminuir y luego a oscurecerse a medida que aumentan estos factores. La Figura 8 ilustra los principales impactos de la temperatura y la velocidad del aire en la coordenada L*. Es evidente que cuando estas variables aumentan, los valores de L* tienden a disminuir y posteriormente a oscurecerse.

Figura 8. Gráfica de interacción para la coordenada L* del color.



Resultados similares obtuvo García, F. (2014), en efectos del proceso sobre la calidad

La Stevia brillante (*Stevia rebaudiana bertonii*) dio valores de 32.3, 39.68, 28.82, 39.97 y 41.45 para las hojas frescas se probaron a 40, 50, 60 y 70 °C. Se registraron temperaturas de 40, 50, 60 y 70 °C y arrojó valores de 32.3, 39.68, 28.82, 39.97 y 41.45 para las hojas frescas. Y en el caso de la menta (*Mentha spicata*), se obtuvieron valores de 36,29 para las hojas frescas y de 36.29, 35.29, 35.29, 32.46 y 25.61 a temperaturas

de 30, 40, 50 y 60 °C. 36.29, 35.29, 32.46 y 25.61 se obtuvieron a temperaturas de 30, 40, 50 y 60 °C. Según los datos de las hojas de Stevia y menta, los valores de L* disminuyeron porque las hojas de orégano y menta se oscurecieron al secarse, mientras que, al contrastar los datos de las hojas de orégano, se observó que un aumento. Esto se debe a que las hojas de orégano se alteran con la temperatura de verde brillante a verde más claro. Los valores de luminosidad de las hojas de orégano coinciden con los de la bibliografía.

De forma similar, el color de las hojas deshidratadas indica que la luminosidad tiende a la blancura a medida que disminuye la temperatura de secado. Se ha demostrado que la luminosidad aumenta con la disminución de la temperatura de secado, alcanzando una luminosidad blanca. Muestra que la luminosidad tiende a la blancura cuanto menor es la temperatura de secado, lo que concuerda con la idea de que la luminosidad aumenta con la disminución de la temperatura de secado y alcanza así una luminosidad blanca. (Sahin y Gulum ,2006).

5.2. Coordenada cromática a*

La coordenada a* varía de rojo a verde (Valero, 2012), La coordenada cromática a* del color de la hoja de orégano para cada tratamiento se muestra en la Tabla 8, con el tratamiento T2 (50 °C y 0,5 m/s) exhibiendo el valor más alto a -18.68 ± 3.02 ; mientras que el valor más bajo fue -11.73 ± 2.05 para el tratamiento T6 (60 °C y 1.0 m/s).

Tabla 7.

Coordenada cromática a del color*

Tratamiento	T (°C)	V (m/s)	a*				
			\bar{x}	\pm	S	C.V.	Dif. sig.
T1	40	0.5	-12.54	\pm	1.76	0.14	A
T2	50	0.5	-18.68	\pm	3.02	0.16	B
T3	60	0.5	-14.24	\pm	0.77	0.05	Ab
T4	40	1.0	-14.95	\pm	1.26	0.08	Ab
T5	50	1.0	-17.91	\pm	1.45	0.08	B
T6	60	1.0	-11.73	\pm	2.05	0.17	A

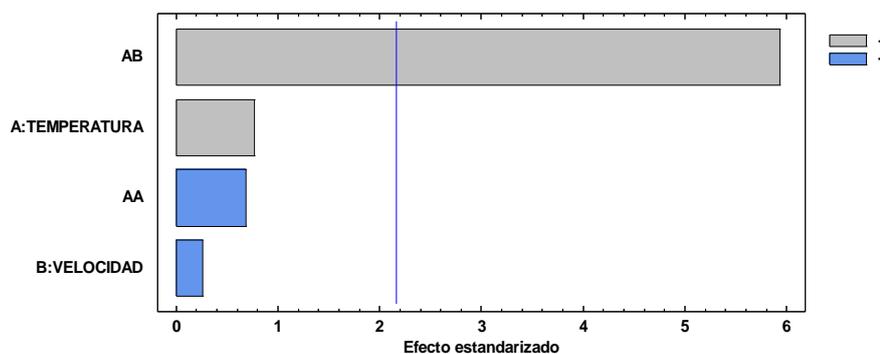
*S: desviación estándar; C.V : coeficiente de variabilidad porcentual , X: media muestral.

* Según la prueba de Tukey, letras distintas en la misma columna indican una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la coordenada cromática del color, a^* , se muestran en el Anexo 13. El valor P del factor velocidad del aire es superior al nivel de significación ($P > 0,05$), lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre la hipótesis alternativa (H_A) y la hipótesis nula (H_0). Además, ($P > 0,05$) indica que los valores P del factor A de temperatura y de la interacción temperatura y la velocidad del aire son significativos.

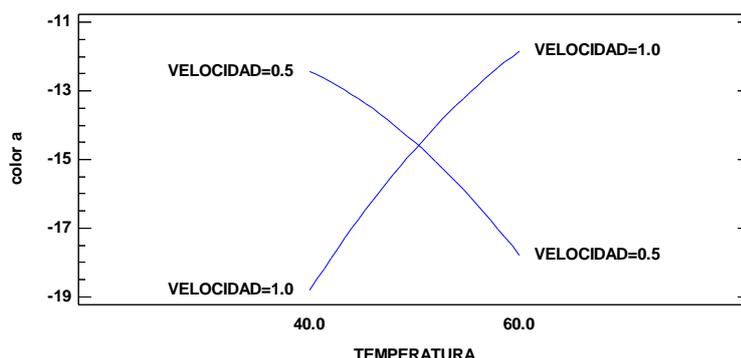
La Figura 9 muestra el Diagrama de Pareto. Muestra que, con un 95% de confianza, la temperatura y la interacción (AB) afectan significativamente al color a^* , mientras que la velocidad y la interacción (AA) tienen poca influencia. Con un 95% de confianza, la temperatura y la interacción (AB) afectan significativamente al color a^* , mientras que la velocidad y la interacción (AA) tienen poca influencia.

Figura 9. Diagrama de Pareto para la coordenada cromática a^* del color



Se ha observado que, en todos los niveles de velocidad del aire, los valores de la coordenada cromática a^* del color tienden a disminuir a medida que aumenta la temperatura. En la Figura 10 se muestra el diagrama de interacción de los dos efectos principales, la temperatura y la velocidad del aire. Para cualquier velocidad del aire, los valores de la coordenada cromática del color, a^* , tienden a disminuir a medida que aumenta la temperatura. La figura 10 muestra un esquema de la interacción. Esquema 10. Los principales factores que afectan a la coordenada cromática a^* de las hojas de orégano son la temperatura y la velocidad del aire. en la coordenada cromática a^* de las hojas de orégano. Cromática de las hojas de orégano. Lo ideal es que los valores a^* difieran lo menos posible del valor a^* del producto de referencia. que afecta significativamente a.

Figura 10. Gráfica de interacción para la coordenada cromática a* del color



Galindo Román, C. V. (2017). Para el secado de hojas de salvia (*Salvia officinalis*), además, puede observarse que a^* disminuye a medida que aumenta la temperatura de secado y además que 1.0 m/s, es decir, empiezan a volverse grises.

5.1.3. Coordenada cromática b^*

La coordenada cromática b^* varía de amarillo al azul, asimismo se pudo evidenciar en la Tabla 9, que tiende al tono amarillo y disminuye significativamente en comparación con la hoja de orégano fresca, mientras que b^* disminuye a medida que aumenta la temperatura de secado, donde el valor máximo fue 26.61 ± 3.56 para el tratamiento T2 (50 °C y 0.5 m/s); mientras que el valor más bajo fue 20.21 ± 3.36 para el tratamiento T1 (40 °C y 0.5 m/s).

Tabla 8.

Coordenada cromática b^* del color

Tratamiento	T (°C)	V (m/s)	b^*				
			\bar{x}	\pm	S	C.V.	Dif. sig
T1	40	0.5	20.21	\pm	3.36	0.16	A
T2	50	0.5	26.61	\pm	3.56	0.13	B
T3	60	0.5	24.59	\pm	2.44	0.09	C
T4	40	1.0	24.56	\pm	0.67	0.03	C
T5	50	1.0	24.59	\pm	1.33	0.05	C
T6	60	1.0	20.58	\pm	2.81	0.13	A

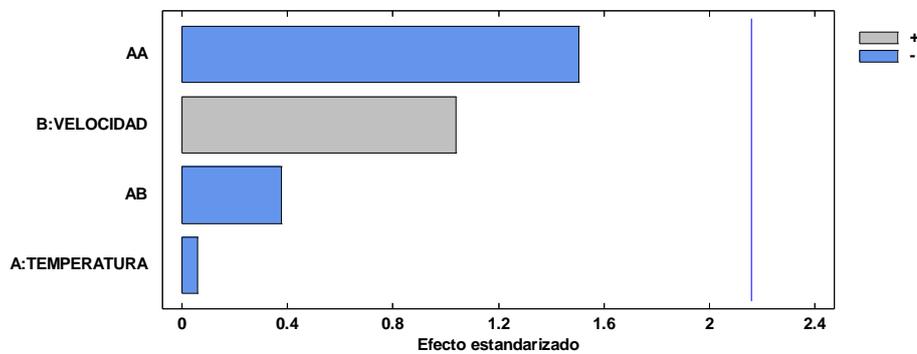
*X: media muestral; S: desviación estándar; C.V: coeficiente de variabilidad porcentual.

* Según la prueba de Tukey, letras distintas en la misma columna indican una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el factor de temperatura (A), la velocidad del aire de secado (B) y su combinación (A*B) en el anexo 14, como indica un valor -p superior al nivel de significación ($P > 0,05$). Así pues, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a). Estos son los resultados del análisis de la varianza (ANVA) de la coordenada b^* .

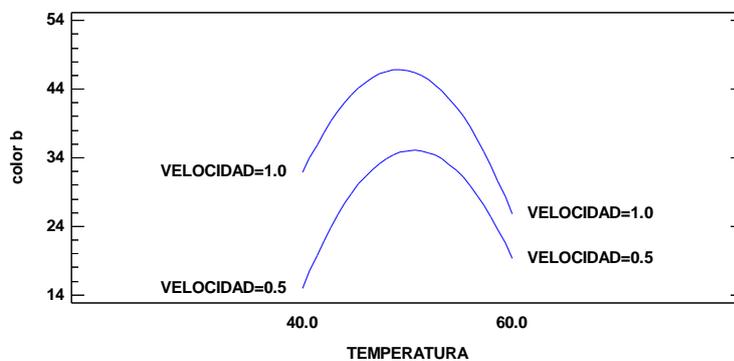
Con un nivel de confianza del 95%, el diagrama de Pareto de la Figura 11 demuestra que ni la temperatura (A), ni la velocidad del aire (B), ni la interacción (AA), ni la combinación de ambas (A*B) tienen un impacto sustancial. El color b^* así lo indica.

Figura 11. Diagrama de Pareto para la coordenada cromática b^* del color



En la Figura 12. Los valores cromáticos de b^* tienden a disminuir a medida que aumentan la temperatura de secado y la velocidad del aire, según el gráfico de interacción que muestra los impactos primarios de la temperatura y la velocidad del aire sobre el color de las hojas de orégano, no hay una interacción de efectos para la coordenada b^* .

Figura 12. Gráfica de interacción para la coordenada b^* del color.



Las mediciones del colorímetro muestran que cuando la temperatura aumenta de 20.21 ± 3.36 a 26.61 ± 3.56 , 24.59 ± 2.44 , 24.56 ± 0.67 , 24.59 ± 1.33 y 20.58 ± 2.81 , el valor de b^* aumenta. Al aplicar el análisis de varianza (ANVA), Se descubrió que T2 tiene el valor más similar al de la hoja seca. Estos resultados son comparables a los valores b^* observados en las hojas de menta verde y Stevia.

García, F. (2014) descubrió que el valor b^* era de 12.46, 14.59, 8.02, 16.15 y 16.92 tanto para las hojas frescas como secas de Stevia a 40, 50, 60 y 70 °C. Descubrió que los valores a^* para la menta a 30, 40, 50 y 60 °C eran 15.22, 13.46, 11.30, 9.38 y 6.78 para las hojas frescas y secas.

5.1.4 Variación (Δ) ab^*

En la Tabla 10, se muestran los resultados de la variación Δab^* los parámetros L, a, y b del color de hojas de orégano seca para cada tratamiento; donde el valor máximo fue 120.33 ± 78.49 para el tratamiento T6 (60 °C y 1.0 m/s); mientras que el valor más bajo fue 35.85 ± 22.47 para el tratamiento T2 (50 °C y 0.5 m/s).

Tabla 9.

Variación (Δ) ab^ del color*

Tratamiento	T (°C)	V (m/s)	Δab^*				
			\bar{x}	\pm	S	C.V.	Dif . sig
T1	40	0.5	39.13	\pm	10.91	0.29	a
T2	50	0.5	35.85	\pm	22.47	0.64	b
T3	60	0.5	75.68	\pm	34.73	0.46	c
T4	40	1.0	80.87	\pm	30.55	0.37	d
T5	50	1.0	86.08	\pm	63.78	0.74	e
T6	60	1.0	120.33	\pm	78.49	0.65	f

*X: media muestral; S: desviación estándar; C.V: coeficiente de variabilidad porcentual.

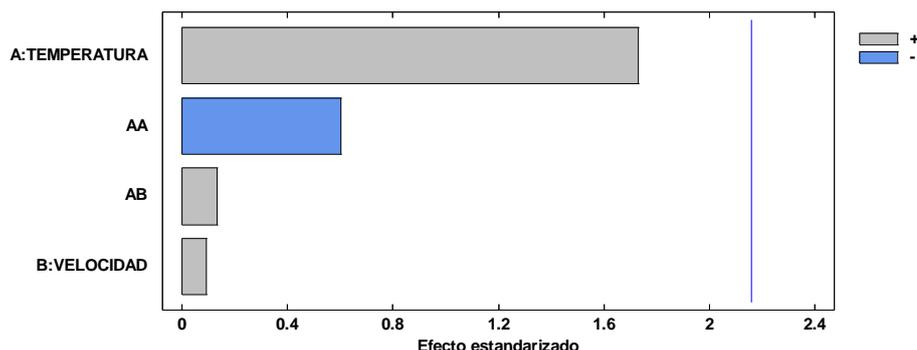
*La prueba de Tukey indica que letras distintas en la misma columna indican una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) del Anexo 15 para la variación global de los parámetros L, a y b; (Δab); entre hojas secas y frescas de orégano indican que no existen diferencias estadísticamente significativas. En consecuencia, se rechaza la hipótesis alternativa (HA), pero se acepta la hipótesis nula (HO) porque el valor p del factor de velocidad del aire (B) es superior al nivel de significación y, por tanto, $P > 0,05$.

Esto se debe a que tanto el factor de temperatura (A) como la interacción temperatura-velocidad del aire (A*B) tienen valores p elevados.

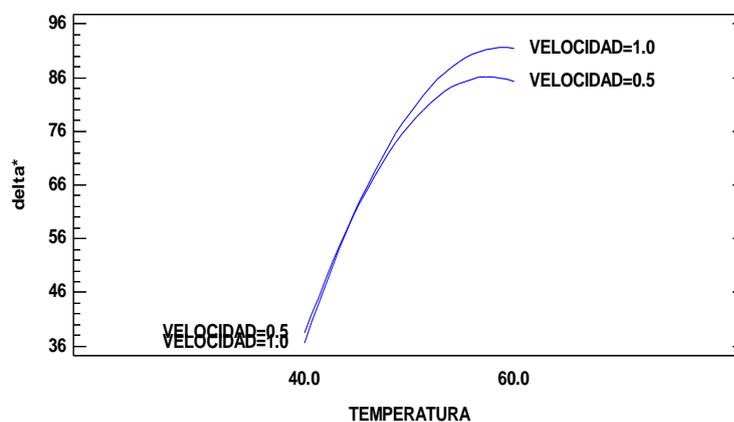
Con un nivel de confianza del 95%, el diagrama de Pareto de la figura 13 demuestra que no hay efectos perceptibles de la temperatura (A), la velocidad del aire (B), la interacción (AA) o la interacción de ambas (A*B); el color Δab^* así lo indica.

Figura 13. Diagrama de Pareto para variación de Δab^* del color



A medida que aumentan la temperatura de secado y la velocidad del aire, los valores Δab^* tienden a disminuir; el gráfico de interacción de los principales efectos de la temperatura y la velocidad del aire en la variación del Δab^* del orégano de la Figura 14 ilustra la falta de un efecto de interacción para la variación del Δab^* . disminuyen a medida que aumentan la temperatura de secado y la velocidad del aire; el gráfico de interacción de la Figura 14 de los principales efectos de la temperatura y la velocidad del aire para la variación del Δab^* del color de la hoja de orégano ilustra la falta de un efecto de interacción para la variación del Δab^* .

Figura 14. Gráfica de interacción para variación de Δab^* del color.



5.2. Efecto de humedad final de secado de hojas de orégano

En la Tabla 11, muestra los resultados de la humedad final de secado convectivo de las hojas de orégano. Se puede observar que la humedad final disminuye con la temperatura a una velocidad constante de 0.5 m/s, pero significativamente más cuando se aumenta la velocidad a 1 m/s.

Asimismo, cuanto mayor es la temperatura, más rápido se elimina el agua superficial de las hojas de orégano. Esto hace que la humedad disminuye con el factor de temperatura (García, 2014, p.100).

Además, Según Geankoplis (1998), los vegetales y otros materiales coloidales y fibrosos se encogen a medida que se elimina la humedad. Esto da lugar a la formación de una capa superficial dura que es impermeable al movimiento de líquidos o vapores y ralentiza el proceso de secado. Las sales y otras sustancias solubles son arrastradas a la superficie del agua por el flujo. Debido a la disminución de la difusividad del agua causada por la acumulación de elementos solubles en la superficie deshidratada tras la evaporación del agua, se impide el secado.

Singh y Heldman (1993), El proceso de secado se realiza a temperaturas extremadamente altas. muchos alimentos desarrollan una capa de células encogidas en la superficie que se adhieren entre sí para crear un sello (Panyawong y Devahastin, 2007). El fenómeno resultante de endurecimiento de la superficie actúa como barrera al movimiento de la humedad (Michelis et al., 2008). Es posible utilizar aire húmedo para atenuar estos efectos de secado porque tiene la característica de saturar la capa impermeable del material seco, reduciendo la transmisión de calor y masa a través del producto. (Geankoplis, 1998). Esto podría ayudar a explicar por qué es preferible deshidratar las hojas de orégano.

A una velocidad de 0.5 m/s y una temperatura de 40°C, las muestras de orégano seca investigadas obtuvo 0.26% de humedad. Esto da como resultado que las hojas de orégano tienen un alto contenido de humedad que coincide con los reportados por Gutiérrez (2017). Para los dos periodos, la mayor cantidad de agua fue eliminada en 75.1%, 60.8% y 51.56% en intervalos de 1.50, 0.83 y 0.33 horas, respectivamente. Por el contrario, durante la fase de declive, el 25%, 23% y 16.35% del agua fue expulsada en 11.66, 2.83 y 1 hora, respectivamente.

También por otro lado obtuvo Tonguino (2010), determinó el porcentaje de humedad final de las hojas de orégano seco de 5.80% de humedad a temperatura de 30°C respectivamente.

El estudio también revela la humedad final de las hojas, siendo el tratamiento T4 el que presenta la mayor humedad media con un 0.2840%. Según la investigación de Tonguino (2010), las condiciones ideales para el secado de las hojas de orégano son a 34.6 °C de temperatura y una humedad media del 6.1%, manteniéndose constante. Las condiciones ideales para el secado son 40 °C y una velocidad de 1 m/s.

Por lo tanto, en nuestra investigación, el contenido de humedad final y otros tratamientos se mantuvieron constantes, y el contenido de humedad de 0.2062% alcanzó a una temperatura de 60 °C y una velocidad de 0.5 m/s.

Tabla 10.

Humedad final de secado de hojas de orégano (Origanum vulgare)

V (m/s)	T (°C)	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	\bar{x}	S
0.5	T1	0.251	0.255	0.267	0.237	0.265	0.2550	0.01208305
	T2	0.214	0.224	0.232	0.241	0.252	0.2326	0.01472413
	T3	0.201	0.219	0.211	0.200	0.200	0.2062	0.00852643
	T4	0.261	0.294	0.295	0.278	0.292	0.2840	0.01457738
	T5	0.235	0.269	0.244	0.233	0.248	0.2458	0.01437707
1	T6	0.240	0.233	0.221	0.234	0.224	0.2304	0.00776531

Nota. Donde \bar{x} es la media, s es la desviación típica, R son las réplicas, T son los tratamientos y V son las velocidades de secado.

Puede observarse que el factor de temperatura (A), la velocidad del aire de secado (B) y su combinación (A*B) tienen valores p por encima del umbral de significación ($P > 0.05$), lo que sugiere que el Anexo 16 presenta la humedad de secado definitiva. Como puede verse, no hay diferencias estadísticas porque el factor de temperatura (A), la velocidad del aire de secado (B) y su combinación (A*B) presentan valores p superiores al nivel de significación ($P > 0,05$). Se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que no existen diferencias estadísticamente significativas. En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Figura 15. Gráfica de interacción de temperatura y velocidad de humedad final.

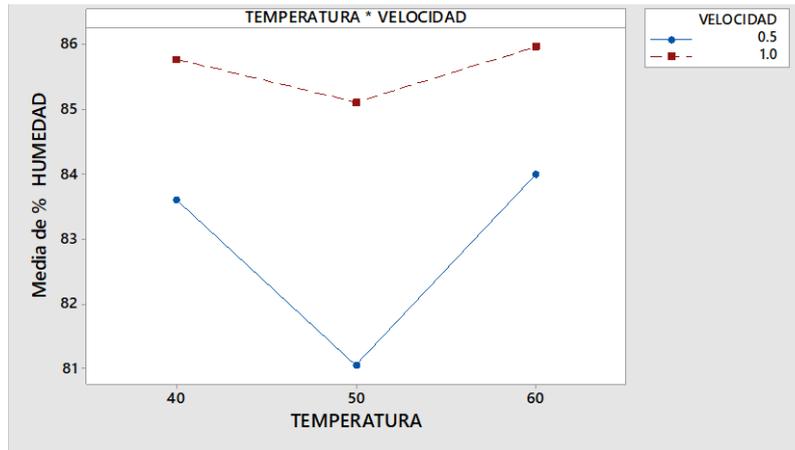
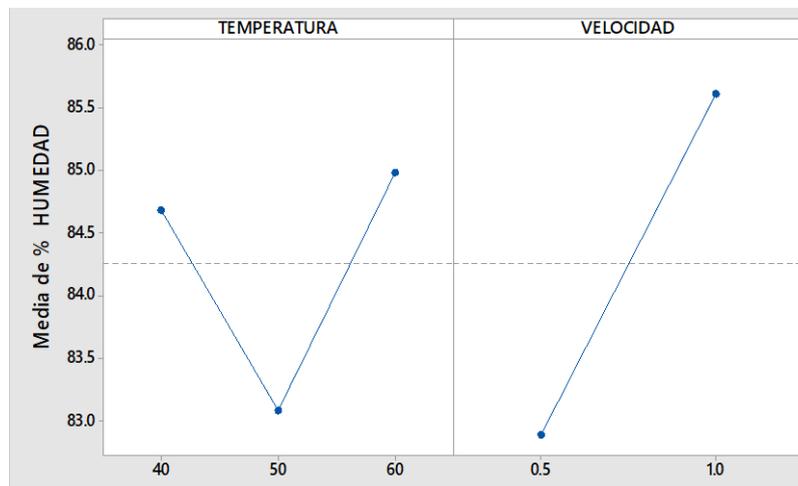


Figura 16. Diagrama de efectos de las variables para la humedad final.



Las Figuras 15 y 16 muestran el diagrama de interacción de los efectos principales para el contenido de humedad final durante el proceso de secado en función de la temperatura y la velocidad del aire. A medida que aumenta la temperatura, esta relación es independiente de la velocidad del aire. Las figuras 15 y 16 muestran cómo afectan la temperatura y la velocidad del aire al contenido de humedad final del proceso de secado. A medida que aumenta la temperatura, estos resultados demuestran que esta relación es cierta independientemente de la velocidad del aire. Estas estadísticas muestran que el contenido final de humedad se ve afectado por un pequeño aumento de la temperatura. Por otra parte, la pendiente distinta indica la velocidad de secado.

CONCLUSIONES.

- ✓ El color de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*) se ve influido significativamente por la temperatura y la velocidad del secado al aire por convección.
- ✓ Se determinó cómo el color de las hojas secas de orégano variaba en función de la temperatura (40, 50 y 60 °C) y de la velocidad del aire (0.5 y 1.0 m/s). En relación con la hoja fresca, a^* aumentó con tendencias más verdes, mientras que el brillo de L^* y el parámetro b^* disminuyeron con el aumento de la temperatura, es decir, con inclinaciones oscuras; Por otra parte, T2 (50 °C y 0.5 m/s) es el mejor tratamiento para el parámetro a^* que conserva el color de las hojas de orégano. Al comparar el color de las hojas secas, la temperatura y la velocidad no muestran una influencia significativa (valor $p > 0.05$) inversamente en L^* y b^* .
- ✓ La velocidad del aire, la temperatura y la combinación de velocidad del aire y temperatura tienen un impacto importante en la humedad final, mediante el secado por convección de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). La humedad final fue de 0.2062% con una velocidad de 0.5 m/s y una temperatura de 60 °C.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda secar las hojas de orégano a una temperatura de 50°C a una velocidad de 0.5 m/s
- ✓ Se recomienda seguir investigando para conocer mejor las propiedades organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas del orégano seco.
- ✓ Investigar cómo afecta el secado a los principios activos de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., y Burgos, J. (2012). Condiciones de operación de un secador de rodillos en la deshidratación de residuos de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*). (Ingeniero en alimentos Experimental), Universidad del Valle, Santiago de cali- valle. Retrieved from.
- <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4165/4/CB0460922.pdf>
- Aspurz, J. (2011). Obtención de curvas de secado de tomillo (*thymus vulgaris*). (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Navarra. Vicosá Minas Gerais, Brasil.
- A.O.A.C. (1998). Official method of analysis. Association of oficial analitical chemists. Gaithersburg.
- Chique, J., y juniors. S (2020). Síntesis de Actividad Económica. (Apurímac)
- Begazo A. 1997. Manual de producción de orégano orgánico Arequipa – *Perú*.
- Bandoni, A. (2003). Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica. 2° Edición. Madrid: Cytel.
- Calle, R., y Aparicio, J. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas. (*Ingeniero Mecánicos*), Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil- Ecuador Retrieved from.
- <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.Pdf>
- Castillo et al., (2018), Estudiaron modelado matemático del secado de hojas de orégano (*Plectranthus amboinicus*) utilizando tecnologías directas e indirectas.
- Composición química y degradabilidad ruminal de follaje de tres variedades de *Polyscias guilfoylei* en la época seca. *Pastos y Forrajes* 27(2):177-181.
- Espinoza, J. (2011). Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (*ugni molinae turcz*). (Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (*ugni molinae turcz*)), universidad de chile Santiago Chile.
- Efada S.A. (1998). Producción de Orégano para Exportación Arequipa 236-245.
- García, S.V (2007). Isotermas de adsorción y cinética de secado de ciertas hortalizas y aromáticas cultivadas en misiones. INTA. RIA, Vol. 36 (1): 115-129.

- Galindo Román, C. V. (2017). Secado de Hojas de Salvia (*ma officinalis*) y su Influencia en el Color y Propiedades Sensoriales
- Gutiérrez Galdós, S. (2017). Evaluación del Proceso de Secado en las Hojas de Romero (Rosmarinas officinales) a Diferentes Temperaturas.
- García, De; Ojeda, F. (2004). Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fotoquímica de *Morus alba* (Linn.): II Polifenoles totales. Pastos y forrajes 27(1):59-64.
- García, SV; Schmalko, ME; Tanzariello, A. (2007). Isotermas de adsorción y cinética de secado de ciertas hortalizas y aromáticas cultivadas en Misiones. RIA 36(1):115-129.
- Holman, J. (2008). Transferencia de calor (Octava ed.).
- Huamán Chircca, J. A. (2021). Influencia de la temperatura en el color y propiedades sensoriales en el secado de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*).
- Ibarz, A., y Barbosa, G. (2005). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de alimentos (*M.-* . Prensa Ed. primera ed.). España: Grupo Mundi- Prensa.
- Lerema R. (1978). Botánica de las hierbas aromáticas comestibles España. Editorial Buena vista.
- Muñoz, L. (2002). Plantas medicinales españolas. orégano (*Origanum Vulgare*) L. 273-280 pp. vellosa (Ordetam (1979) (Madeño (1973). (Lerema 1978). (Begazo (1997) Ordetam (ex dirección regional de agricultura) (1979). Características botánicas y agronómicas del cultivo de orégano (*Origanum vulgare*). Perú.
- Madueño D. (1973). Descripción y uso de las plantas aromáticas mediterráneas. España. Grupo editorial universitario.
- Mariconda L., CURZEL H. et al. (2009). Diseño y construcción de un secadero solar tipo invernadero para orégano en la Patagonia Norte. XII Congreso CYTAL –AATA. Entre Ríos, Argentina.
- Moreno C, LARA M. ET AL (2011). Rendimiento de aceites esenciales de orégano desecado en secadero solar en el Alto Valle del Río Negro. Avances en Energías Renovables y Ambiente. Vol. 15 (1) 02.09- 02.15 EVANS William Charles, Farmacognosia, Interamericana, (1991).

- Moreno Peceros, S. G. (2017). Evaluación del efecto de la temperatura de secado en las hojas de pachataya - pampa taya.
- Monares Espinoza, H. (2015). Deshidratación de la punamuña (satureja boliviana) en Secador De Bandeja.
- (Morus Alba). *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 275-283 p. Pliego, F. (2011). *Diccionario de Estadística Económica y Empresarial, Volumen 9*. Editorial de economía, (2011). Cristo, 3 – 28015. Madrid, España. 10 p.
- Muñoz, F. (2002). Estudio del cultivo y procesamiento de plantas medicinales y aromáticas,(4 ta ed.). Madrid, España: Editorial Mundi Prensa.
- Ringuelet, J. Cerimele, E. et al. (2008). Diseño de una estructura para secado natural de orégano y menta. *Horticultura Argentina*. Vol.27 (63): 15-19.
- Ringuelet, J., CERIMELE, E. (1987). Secado artificial de *Origanum sp.*, su incidencia sobre la calidad. *SAIPA*, 8 (1): 189-1.
- Romero, M. (2004). *Plantas aromáticas: Tratado de aromaterapia científica*. Primera edición. Buenos Aires. Kier. Argentina.
- Tonguino, M. (2010). Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas, menta (*Mentha piperita L*) y orégano (*Origanum vulgare L*). (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Treybal, R. (200). *Operaciones transferencia de masa (2da ed.)*. México: Mc Graw Hill.
- Vuarant, C. (2013). Optimización del proceso de secado de arándanos por infrarrojos (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Valencia Valencia. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/43771/VUARANT%20-%20Optimizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20secado%20de%20ar%C3%A1ndanos%20por%20infrarrojos..pdf?sequence=1>
- Valencia, L. (2009). Implementación de control adaptativo y evaluación del secador de lecho fijo con recirculación de aire (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Pineda C., Chacón V. & Cordero G. (2009). Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera

Vega, A. (2007). Simulación matemática del proceso de secado de la gracilaria chilena (Gracilaria Chilensis). Revista chilena de Ingeniería, 15(1).

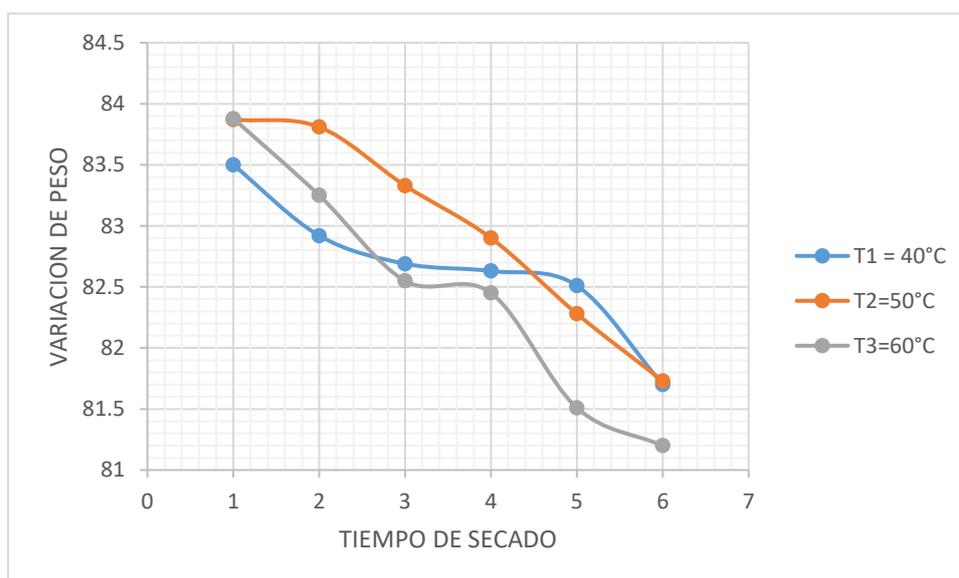
Vizcarra, M. (1998). Efecto del contenido de humedad y la temperatura en la determinación de la difusividad del agua durante el secado de trigo en lecho fluidificado. Ciencias ediciones IMIQ, 3(1).

ANEXO

Anexo 1. Secado de hojas de orégano

Tiempo	T1 = 40°C	T2=50°C	T3=60°C
1	83.5	83.87	83.88
2	82.92	83.81	83.25
3	82.69	83.33	82.55
4	82.63	82.90	82.45
5	82.51	82.28	81.51
6	81.70	81.73	81.20

Anexo 2. Gráfico de secado de las hojas de orégano



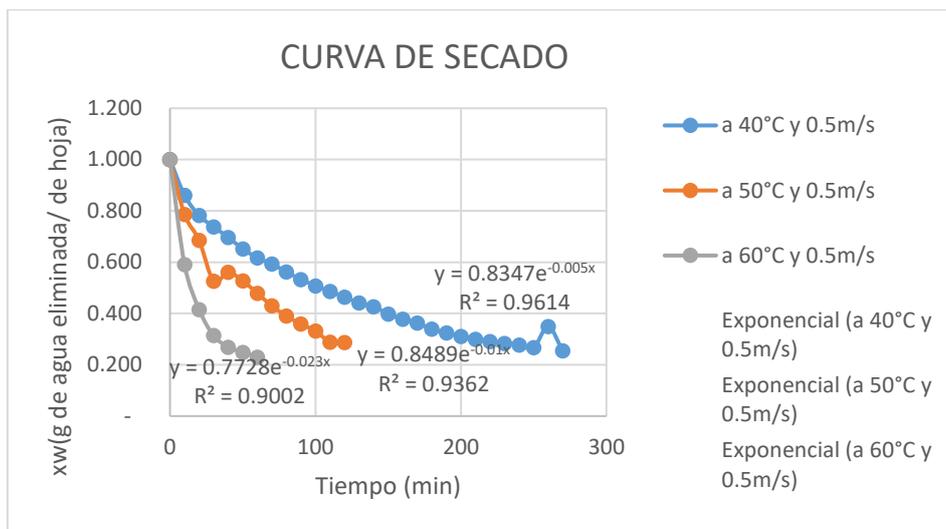
En el Anexo 2, donde podemos ver el secado de las hojas de orégano y comprobar cómo cambian los porcentajes de humedad final en función de la temperatura de investigación.

Por otro lado, según Muñoz (1996), el secado de hierbas aromáticas a bajas temperaturas es deseable para retener algunas sustancias químicas volátiles como alcaloides, compuestos aromáticos y otros compuestos vegetales, ya que estas sustancias se volatilizan a temperaturas más altas.

Anexo 3. Curvas de secado de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*); a 40, 50 y 60°C y velocidad de 0.5m/s

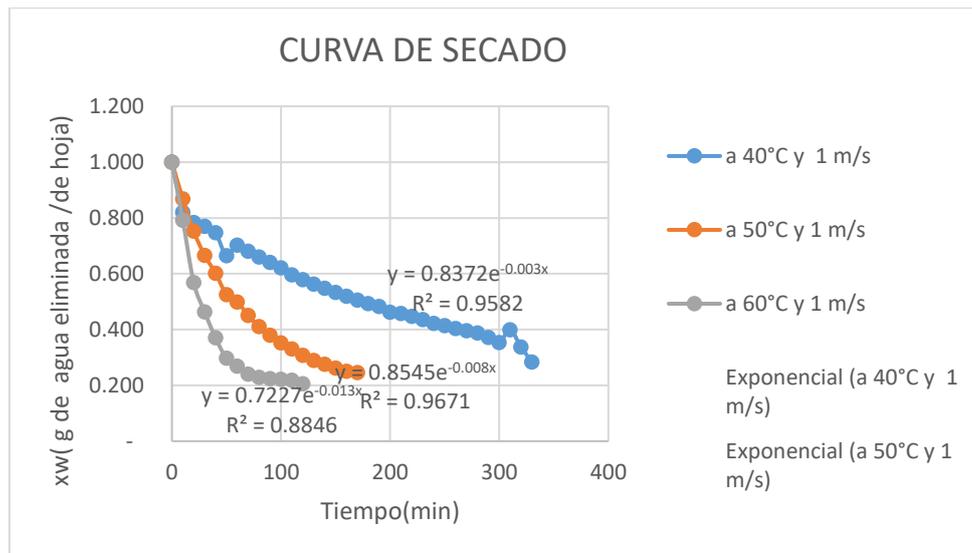
En el anexo 3, se muestran las curvas de secado a 40°C, 50°C y 60°C y a una velocidad de 0.5m/s. Lo primero que se observa es cómo afectan la temperatura y la velocidad a

la curva de secado de las hojas de orégano se observa que a estas temperaturas de secado, las curvas coinciden casi totalmente durante toda la duración del secado, lo que indica una influencia significativa (valor p 0.05) , se observa que hay una rápida pérdida de humedad a estas temperaturas de secado hasta aproximadamente el momento en que la temperatura a 40°C y la velocidad de 0.5 m/s alcanzan un tiempo de secado de 270 minutos, la temperatura a 50°C y la velocidad de 0.5 m/s alcanzan un tiempo de secado de 120 minutos, y la temperatura a 60°C y la velocidad de 0.5 m/s alcanzan un tiempo de secado de 120 minutos.



Anexo 4. Curvas de secado de las hojas de orégano (Origanum vulgare) a 40, 50 y 60°C y velocidad de 1m/s

En el Anexo 4, se muestran los resultados de curvas de secado a 40°C, 50°C y 60°C y a una velocidad de 0.5 m/s. Lo primero que se observa es cómo afectan la temperatura y la velocidad a la curva de secado de las hojas de orégano. Se observa que a estas temperaturas de secado, las curvas coinciden casi totalmente durante toda la duración del secado, lo que indica una influencia significativa (p-valor 0.05), se observa que hay una rápida pérdida de humedad a estas temperaturas de secado hasta aproximadamente el momento en que la temperatura a 40°C y la velocidad de 1 m/s alcanzaron un tiempo de secado de 330 minutos, la temperatura a 50°C y la velocidad de 1 m/s alcanzaron un tiempo de secado de 170 minutos, y la temperatura a 60°C y la velocidad de 1 m/s alcanzaron un tiempo de secado de 330 minutos.



Las curvas de secado para 40, 50 y 60°C y velocidades de 0.5 y 1 m/s se muestran en los Anexos 3 y 4, donde es evidente la brevísima fase de velocidad constante. Estas curvas muestran que cuanto mayor es la temperatura, mayor es la velocidad de secado para ambas condiciones de aire y, en consecuencia, mayor es la pérdida de humedad; esto sugiere que la temperatura es el factor más significativo que influye en el secado de las hojas de orégano, y (Boutaleb et. al., 2007); indica es su investigación 0.5 m/s y 1 m/s; donde se observa claramente el periodo muy corto de velocidad constante y, (Heldman y Lund, 2007); indican que el periodo de disminución de velocidad ocurre en más tiempo.

Anexo 5. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 40°C y 1 m/s (T1)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.808	0.818	0.826	0.802	0.844
20	0.769	0.800	0.795	0.767	0.783
30	0.755	0.786	0.784	0.757	0.769
40	0.729	0.763	0.762	0.736	0.746
50	0.706	0.738	0.741	0.714	0.722
60	0.682	0.715	0.720	0.694	0.700
70	0.660	0.694	0.699	0.671	0.678
80	0.638	0.672	0.678	0.651	0.657
90	0.617	0.652	0.661	0.633	0.638
100	0.596	0.633	0.642	0.613	0.620
110	0.548	0.613	0.622	0.595	0.600

120	0.545	0.594	0.604	0.575	0.579
130	0.527	0.587	0.577	0.560	0.563
140	0.512	0.572	0.563	0.544	0.548
150	0.492	0.560	0.548	0.528	0.536
160	0.478	0.547	0.534	0.515	0.520
170	0.464	0.531	0.522	0.501	0.505
180	0.450	0.522	0.509	0.489	0.494
190	0.441	0.511	0.500	0.480	0.484
200	0.421	0.491	0.474	0.461	0.466
210	0.415	0.484	0.474	0.454	0.458
220	0.404	0.474	0.468	0.441	0.448
230	0.394	0.461	0.454	0.432	0.438
240	0.380	0.447	0.441	0.419	0.425
250	0.373	0.437	0.432	0.410	0.416
260	0.363	0.428	0.422	0.400	0.407
270	0.353	0.419	0.413	0.393	0.400
280	0.348	0.411	0.404	0.383	0.391
290	0.333	0.394	0.389	0.367	0.376
300	0.315	0.373	0.370	0.348	0.358
310	0.307	0.640	0.360	0.338	0.350
320	0.300	0.355	0.352	0.331	0.345
330	0.261	0.294	0.295	0.278	0.292

Anexo 6. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 50°C y 1 m/s (T2)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.854	0.888	0.864	0.858	0.874
20	0.713	0.802	0.735	0.753	0.755
30	0.632	0.718	0.674	0.643	0.661
40	0.572	0.653	0.577	0.593	0.613
50	0.523	0.599	0.522	0.539	0.554
60	0.476	0.552	0.476	0.491	0.501
70	0.430	0.503	0.441	0.426	0.451
80	0.392	0.463	0.390	0.398	0.408
90	0.362	0.430	0.360	0.367	0.375
100	0.336	0.401	0.335	0.340	0.347

110	0.314	0.376	0.314	0.319	0.325
120	0.293	0.350	0.292	0.296	0.302
130	0.275	0.328	0.281	0.276	0.285
140	0.261	0.310	0.262	0.268	0.272
150	0.249	0.291	0.258	0.249	0.260
160	0.239	0.276	0.236	0.243	0.252
170	0.235	0.269	0.244	0.233	0.248

Anexo 7. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 60°C y 1 m/s (T3)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.771	0.771	0.829	0.803	0.785
20	0.549	0.560	0.580	0.598	0.551
30	0.447	0.468	0.466	0.488	0.446
40	0.358	0.378	0.365	0.404	0.347
50	0.298	0.314	0.296	0.334	0.244
60	0.262	0.278	0.258	0.293	0.252
70	0.232	0.246	0.231	0.258	0.230
80	0.222	0.234	0.221	0.236	0.226
90	0.219	0.232	0.219	0.223	0.226
100	0.215	0.225	0.217	0.230	0.223
110	0.211	0.222	0.213	0.224	0.222
120	0.201	0.219	0.211	0.200	0.200

Anexo 8. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 40°C y 0.5 m/s (T4)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.841	0.866	0.865	0.879	0.852
20	0.769	0.787	0.790	0.811	0.782
30	0.719	0.734	0.739	0.765	0.734
40	0.678	0.694	0.696	0.726	0.692
50	0.634	0.640	0.653	0.685	0.650
60	0.598	0.616	0.617	0.652	0.605
70	0.567	0.574	0.617	0.618	0.589
80	0.535	0.541	0.592	0.585	0.556
90	0.507	0.510	0.558	0.559	0.531
100	0.482	0.487	0.531	0.534	0.507
110	0.456	0.468	0.506	0.510	0.486
120	0.438	0.443	0.484	0.491	0.464

130	0.417	0.420	0.460	0.468	0.443
140	0.394	0.421	0.439	0.445	0.438
150	0.374	0.377	0.416	0.423	0.401
160	0.359	0.361	0.395	0.391	0.384
170	0.344	0.346	0.380	0.375	0.369
180	0.311	0.326	0.366	0.344	0.347
190	0.300	0.316	0.344	0.330	0.335
200	0.285	0.302	0.334	0.320	0.314
210	0.277	0.292	0.319	0.302	0.310
220	0.269	0.285	0.309	0.290	0.300
230	0.265	0.278	0.300	0.281	0.295
240	0.258	0.273	0.292	0.273	0.286
250	0.254	0.267	0.287	0.250	0.278
260	0.252	0.260	0.220	0.242	0.272
270	0.251	0.255	0.267	0.237	0.265

Anexo 9. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 50°C y 0.5 m/s (T5)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.711	0.777	0.814	0.823	0.805
20	0.578	0.653	0.696	0.697	0.805
30	0.432	0.518	0.474	0.543	0.661
40	0.372	0.653	0.577	0.593	0.613
50	0.323	0.599	0.522	0.539	0.654
60	0.376	0.552	0.476	0.491	0.501
70	0.330	0.503	0.441	0.326	0.551
80	0.292	0.463	0.390	0.398	0.408
90	0.262	0.430	0.360	0.367	0.375
100	0.236	0.401	0.335	0.340	0.347
110	0.214	0.376	0.314	0.319	0.225
120	0.293	0.350	0.292	0.296	0.202

Anexo 10. Pérdida de peso (g) de hojas durante el secado a 60°C y 0.5 m/s (T6)

T(min)	Peso1	Peso 2	Peso3	Peso 4	Peso 5
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.665	0.610	0.536	0.594	0.552
20	0.497	0.426	0.364	0.419	0.372
30	0.387	0.321	0.270	0.312	0.278
40	0.327	0.268	0.235	0.266	0.244

50	0.290	0.235	0.228	0.249	0.243
60	0.240	0.233	0.221	0.234	0.224

Anexo 11. Resultado de las coordenadas L, a*, b* y variación total del color*

Temperatura	Velocidad	Repeticiones	L*	a*	b*	DE	L	C*	h*
40	0.5	1	43.55	-13.71	21.96	40.25	44	25.89	121.98
40	0.5	2	35.05	-10.52	16.33	49.43	35	19.43	122.79
40	0.5	3	43.85	-13.39	22.33	27.70	44	26.04	120.95
40	1	1	37.38	-20.13	29.26	12.78	37	35.51	124.53
40	1	2	39.50	-15.20	22.56	57.67	40	27.20	123.97
40	1	3	38.89	-20.70	28.01	37.22	39	34.83	126.47
50	0.5	1	36.55	-14.56	22.92	114.35	37	27.15	122.43
50	0.5	2	41.28	-14.81	27.40	47.13	41	31.14	119.39
50	0.5	3	32.94	-13.36	23.46	65.56	33	26.99	119.66
50	1	1	44.14	-13.60	24.26	114.03	44	27.81	119.28
50	1	2	44.55	-15.18	25.33	74.71	45	29.53	120.93
50	1	3	41.62	-16.08	24.10	53.87	42	28.97	123.71
60	0.5	1	37.25	-19.37	26.09	122.18	37	32.50	126.59
60	0.5	2	37.55	-17.87	24.11	123.61	38	30.01	126.55
60	0.5	3	39.01	-16.47	23.56	12.43	39	28.75	124.96
60	1	1	42.47	-14.03	23.37	49.63	42	27.26	120.98
60	1	2	31.88	-10.10	20.63	204.80	32	22.97	116.09
60	1	3	37.98	-11.05	17.75	106.58	38	20.90	121.90

*Anexo 12. Análisis de varianza (ANVA) para L**

Fuente	Suma Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: TEMPERATURA	12.1605	1	12.1605	0.74	0.4041
B: VELOCIDAD	7.19469	1	7.19469	0.44	0.5187
AA	8.80111	1	8.80111	0.54	0.4762
AB	2.25333	1	2.25333	0.14	0.7165
Error total	212.599	13	16.3537		
Total (corr.)	243.008	17			

* Evaluación del nivel de significación del 5%.

*Anexo 13. Análisis de varianza (ANVA) para a**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA	1.88813	1	1.88813	0.58	0.4581
B: VELOCIDAD	0.22445	1	0.22445	0.07	0.7962
AA	1.50471	1	1.50471	0.47	0.5068
AB	113.714	1	113.714	35.22	0.0000
Error total	41.9678	13	3.22829		
Total (corr.)	159.299	17			

* Evaluación del nivel de significación del 5%.

*Anexo 14. Análisis de varianza (ANVA) para b**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA	2.03363	1	2.03363	0.00	0.9531
B: VELOCIDAD	611.45	1	611.45	1.08	0.3173
AA	1279.02	1	1279.02	2.26	0.1565
AB	81.224	1	81.224	0.14	0.7108
Error total	7350.2	13	565.4		
Total (corr.)	9323.92	17			

* Evaluación del nivel de significación del 5%.

*Anexo 15. Análisis de varianza (ANVA) para delta**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA	7769.89	1	7769.89	3.00	0.1071
B: VELOCIDAD	21.824	1	21.824	0.01	0.9283
AA	938.912	1	938.912	0.36	0.5577
AB	46.6891	1	46.6891	0.02	0.8953
Error total	33711.0	13	2593.15		
Total (corr.)	42488.3	17			

* Evaluación del nivel de significación del 5%.

Anexo 16. Análisis de varianza (ANVA) para la humedad final de secado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MODELO	5	49.888	9.978	4.43	0.016
LINEAL	3	45.928	15.309	6.79	0.006
TEMPERATURA	2	12.499	6.250	2.77	0.102
VELOCIDAD	1	33.429	33.429	14.83	0.002
INTERACCIONES DE 2 TÉRMINOS	2	3.960	1.980	0.88	0.441
TEMPERATURA*VELOCIDAD	2	3.960	1.980	0.88	0.441
ERROR	12	27.050	2.254		
TOTAL (CORREGIDO)	17	76.938			

* Evaluación del nivel de significación del 5%.

Anexo 17. Fotografía de secado de las hojas de orégano (*Origanum vulgare*)



Fotografía 1. Desojado de hojas de orégano.



Fotografía 2. Placa Petri para poner las hojas de orégano



Fotografía 3. Pesado de hojas de orégano



Fotografía 4. Listo para realizar el secado a diferentes temperaturas.



Fotografía 5. Acondicionado en estufa a 40, 50 , 60 °C y velocidad de (0.5 y 1 m/s) para someter al secado



Fotografía 6. Calcular una velocidad del aire de 1 m/s



Fotografía 7. Hojas de orégano seco pesadas.

Anexo 18. Fotografía de determinación del color



Fotografía 1. Una muestra de hojas de orégano.



Fotografía 2. Identificación de colores en los espacios L^* , a^* y b^* .

Anexo 19. Matriz de consistencia

Proyecto	EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DE SECADO CONVECTIVO EN EL COLOR DE HOJAS DE ORÉGANO (<i>Origanum vulgare</i>)										
	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Valor escalar	Diseño método	Técnica	Instrumento
General	¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)?	Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	La temperatura y velocidad de aire de secado tienen efecto significativo en el color de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	Independiente	Es una propiedad que se percibe como nuestra respuesta fisiológica a lo que es caliente o frío Es la rapidez de transmisión de energía requerida para calentar el agua contenida en el material y transportar la humedad saliente del material hacia el exterior del secador	Física	Sensación de calor	°C	Determinación directa	Instrumental	Termómetro
				Temperatura		Física	Rapidez de transmisión de energía	m/s	Determinación directa		
Específico	¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en el color de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)?	Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo afectan en el color de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	La temperatura y velocidad de aire tienen efecto significativo en el color de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	Dependiente	El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz	Color	Pardeamiento del color	L*a*b*	Experimental	Colorimetría	Colorímetro
				Color		Color	Pardeamiento del color	L*a*b*	Experimental	Colorimetría	Colorímetro
	¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en humedad final de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)?	Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en humedad final de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	La temperatura y velocidad de aire tienen efecto significativo de secado convectivo en humedad final de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	Dependiente	La humedad es la cantidad de vapor de agua que hay en el aire	humedad	Humedad en base seca	%	Experimental	pesado	Balanza analítica
	¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en humedad final de las hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)?	Determinar el efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado convectivo en humedad final de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	La temperatura y velocidad de aire tienen efecto significativo de secado convectivo en humedad final de hojas de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	Dependiente	La humedad es la cantidad de vapor de agua que hay en el aire	humedad	Humedad en base seca	%	Experimental	pesado	Balanza analítica

