

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
TIERRA
CARRERA INGENIERÍA
A AGROINDUSTRIAL



Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de:
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

“Determinación experimental de la cinética de secado de especias amazónicas
(*Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L*)”

AUTOR/A:

GRIMANEZA MORELIA FLORES GUANO

DIRECTORES

M.Sc. PAÚL MARCELO MANOBANDA PINTO

Mg. FRANKLIN ROLANDO VILLAFUERTE CARRILLO

PASTAZA- ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Grimaneza Morelia Flores Guano, con C. I: 160062156-7, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación bajo el tema: **“Determinación experimental de la cinética de secado de especias amazónicas (*Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L*)”**, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Grimaneza Morelia Flores Guano

160062156-7

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo Paul Manobanda Pinto con C.I: 1803229499 y Franklin Villafuerte Carrillo con C.I: 180322190-0 certifico que la egresada Grimaneza Morelia Flores Guano, realizo el Proyecto de Investigación titulado: “**Determinación experimental de la cinética de secado de especias amazónicas (*Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L)*”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial bajo nuestra supervisión.**

Ing. Paul Manobanda M.Sc.

Ing. Franklin Villafuerte M.Sc.

DIRECTORES DEL PROYECTO

AVAL

Quien suscribe M.Sc. Paúl Manobanda Pinto Docente de la Universidad Estatal Amazónica avala el Proyecto de investigación:

Título: “Determinación experimental de la cinética de secado de especias amazónicas (Allium schoenoprasum, Eryngium foetidum y Mansoa alliacea L)”

Autor (a): Grimaneza Morelia Flores Guano

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera Ingeniería Agroindustrial como forma de titulación como Ingeniero Agroindustrial, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 28 días del mes de enero del 2019.

Atentamente,

M.Sc. Paúl Manobanda Pinto

180322949-9

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Este proyecto de investigación, titulado “**Determinación experimental de la cinética de secado de especias amazónicas (*Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L*)**”

Dr. Amaury Pérez Martínez

PRESIDENTE

MSc. Marianela Escobar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. Galo Cerda

MIEMBRO DE TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios por bendecirme y guiarme en cada decisión que tomo en mi vida.

Agradezco a mi familia por su amor hacia mí y ser los principales promotores para cumplir mis metas, también por ese apoyo incondicional en mi vida estudiantil, por nunca dejarme sola y apoyarme en todas las decisiones que se he tomado.

Gracias a mis abuelitos por inculcarme valores y principios, por confiar siempre en mí, por su paciencia y esfuerzo que me han permitido salir adelante en cada problema que se ha presentado.

Gracias a mis tíos, Cecilia, Licenia y Antonio por apoyarme a terminar mis estudios, por siempre darme ánimos para salir adelante.

A Leonardo, mi padre por su apoyo en mis estudios, por su cariño y por confiar en que puedo llegar a cumplir todas mis metas.

A mis compañeros y amigos Denisse, Carmen, Aykel, Valeria, Jhon, Robinson y Gonzalo por ser el mejor curso, por haber compartido tantos momentos y trabajar siempre en equipo.

De igual forma quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al M.Sc Paul Manobanda, y Mg. Franklin Villafuerte, principales colaboradores durante la elaboración de este proyecto, como tutores de la misma.

A la Universidad Estatal Amazónica, por brindarme la oportunidad de llenarme de conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitir ir logrando cada meta que me propongo, por no dejarme sola en los momentos de debilidad siendo guía y pilar fundamental en mi vida.

A mis abuelitos, por ser forjadores de mi camino, por mostrarme su apoyo incondicional, por no dejarme rendirme ante las adversidades, y ser un ejemplo a seguir.

A mis tíos, por su amor incondicional durante toda la trayectoria de mi vida, por estar conmigo en oraciones, consejos que hicieron de mí una gran persona.

A Leonardo, por su apoyo y consejos, por estar ahí cuando lo necesito.

Agradezco a la Universidad Estatal Amazónica, facultad de Ingeniería Agroindustrial, a todos mis profesores, por su enseñanza de todos sus conocimientos que me ayudaron a crecer cada día.

También agradezco a mis tutores MsC. Paul Manobanda y Mg. Franklin Villafuerte, colaboradores en la elaboración del presente proyecto de investigación.

Morelia

RESUMEN

El secado es una de las operaciones más utilizadas en la conservación de productos, donde el objetivo de esta investigación fue determinar la tasa de flujo másico de los componentes de evaporación del ajo de monte (*Mansoa alliacea*), culantro de monte (*Eryngium foetidum*) y cebollín (*Allium schoenoprasum*) plantas que son procedentes de la zona de Pastaza, en las mismas que se determinó las curvas de secado aplicando un diseño factorial, para obtener las mejores condiciones de secado. Para lo cual, se realizó ensayos para la obtención de datos para el cálculo de estas curvas, en un periodo de 5 horas y a temperaturas de 30° C, 40° C y 50° C respectivamente.

El ajo de monte (*Mansoa alliacea*) y el culantro (*Eryngium foetidum*) presentan mejores resultados de secado a una temperatura de 50°C, durante un tiempo de con ligeras variaciones y utilizando un modelo matemático de Page.

Palabras clave: secado, estufa, flujo másico, modelo matemático polinómico.

SUMMARY

Drying is one of the most used operations in the conservation of products, where the objective of this research was to determine the mass flow rate of the components of evaporation of wild garlic (*Mansoaalliacea*), culantro de monte (*Eryngium foetidum*) and chives (*Allium schoenoprasum*) plants which are coming from the Pastaza area, where the drying curves were determined applying a factorial design, to obtain the best drying conditions. For which, tests were carried out to obtain data for the calculation of these curves, in a period of 5 hours and at temperatures of 30° C, 40° C and 50° C respectively.

The garlic of mount (*Mansoa alliacea*) and the coriander (*Eryngium foetidum*) present better drying results at a temperature of 50°C , during a time of slight variations and using a mathematical model of Page,

Keywords: dried, stove, mass flow, polynomial mathematical model.

ÍNDICE

RESUMEN	IX
SUMMARY	X
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.2. OBJETIVO GENERAL	2
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO II	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. BASES TEÓRICAS	3
2.2.1. ESPECIAS Y CONDIMENTOS	3
2.2.2. SITUACIÓN DE LAS ESPECIAS A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL	4
2.2.3. NORMATIVA NACIONAL VIGENTE APLICABLE A ESPECIAS Y CONDIMENTOS	4
2.2.4. ESPECIES DE LA AMAZONÍA	4
DESCRIPCIÓN DEL CEBOLLÍN (<i>Allium schoenoprasum</i>)	4
2.2.4 SECADO DE SÓLIDOS Y ALIMENTOS	6
2.2.5 CINÉTICA DE SECADO	7
2.2.6 MODELOS EXPERIMENTALES	7
2.2.7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO Y MECANISMO DE SECADO	9
2.2.8 PARÁMETROS DE SECADO	9
CAPÍTULO III	12
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.2 LOCALIZACIÓN	12

3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	12
3.4	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	12
3.4.4	MÉTODOS DESCRIPTIVO Y EXPERIMENTAL	12
3.4.8	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	14
CAPÍTULO IV		16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.2	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD TOTAL	16
4.1.	CONDICIONES DE SECADO	16
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE SECADO	17
4.2.1.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO.....	17
4.2.1.1.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL CEBOLLÍN	17
4.2.1.2.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL CULANTRO DE MONTE	18
4.2.1.3.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL AJO DE MONTE.....	19
4.2.2.	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO MÁSSICO DE LOS COMPONENTES DE EVAPORACIÓN (VELOCIDAD DE SECADO)	21
4.2.2.1.	DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL CEBOLLÍN	21
4.2.2.2.	DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL CULANTRO DE MONTE	22
4.2.2.3.	DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL AJO DE MONTE....	23
4.2.3.	MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X).....	25
4.2.3.1.	MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL CEBOLLÍN	25
4.2.3.2.	MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL CULANTRO DE MONTE.....	27
4.2.3.3.	MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL AJO DE MONTE.....	30
4.2.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
4.2.4.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CEBOLLÍN	31
CAPÍTULO V		36

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.2	CONCLUSIONES.....	36
5.3	RECOMENDACIONES.....	37
CAPÍTULO VI.....		38
6.	BIBLIOGRAFÍA	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos técnicos que deben cumplir las especias de acuerdo a la normativa	4
Tabla 2. Modelos experimentales	7
Tabla 3. Registro pérdida de humedad total	16
Tabla 4. Determinación del área de secado	16
Tabla 5. Registro de pérdida de humedad del cebollín	17
Tabla 6. Registro de pérdida de humedad de las hojas de culantro de monte	18
Tabla 7. Registro de pérdida de humedad del ajo de monte	19
Tabla 8. Velocidad de secado de cebollín a las temperaturas de experimentación	21
Tabla 9. Velocidad de secado de culantro de monte a las temperaturas de experimentación ...	22
Tabla 10. Velocidad de secado de ajo de monte a las temperaturas de experimentación	24
Tabla 11. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del cebollín	26
Tabla 12. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del culantro de monte	28
Tabla 13. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del ajo de monte	29
Tabla 14. Factores y niveles para el secado de las especias	30
Tabla 15. Combinaciones de los factores y sus respectivos niveles	31
Tabla 16. Análisis de Varianza del cebollín	32
Tabla 17. Análisis de Varianza del culantro de monte	33
Tabla 18. Análisis de Varianza del ajo de monte	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de especias	13
Figura 2. Periodo de secado del bulbo de cebollín a 30 °C, 40 °C y 50 °C	18
Figura 3. Periodo de secado de las hojas de culantro a 30 °C, 40 °C y 50 °C	19
Figura 4. Periodo de secado de ajo de monte a 30 °C, 40 °C y 50 °C.....	20
Figura 5. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del cebollín.....	22
Figura 6. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del culantro de monte.....	23
Figura 7. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del ajo de monte.....	24

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Especia (del latín *species*), o llamada condimento (del latín *condimentum de condire*, sazonar), se les conoce así a las partes utilizadas de las plantas que por su agradable aroma y sabor característico es consumido, partes como semillas, tallos, bulbos, hojas o cortezas que son las que se usan para preservar o sazonar comidas. (Almeida, 2011)

Las especias se caracterizan por no tener colesterol, tener baja concentración de grasa, y sobre todo por su potencial sabor y olor que brinda. Investigadores del Centro de Enseñanza Superior de Nutrición y Dietética Española, Universidad de Barcelona, obtuvieron como resultado que el consumo de especias en alimentos preparados, contribuye positivamente al organismo por su capacidad antioxidante. (García J. , 2007)

La comercialización de productos a partir de especies vegetales, están dirigidas principalmente para la exportación, donde las mismas tienen diferentes usos, en dependencia del comerciante intermediario y el requerimiento de cada industria. Los canales de distribución son muy amplios, teniendo como ejemplos: la industria homeopática, aromáticas, cosmética, especias, colorantes, amargas, resinas, medicinales, tradicional, tisanas, farmacéutica y fitofármacos. (Ocampo, 2002)

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Pastaza es una provincia que tiene varias actividades de producción, respecto al cultivo de especies amazónicas utilizadas como condimento. Estos son productos comercializados sin ningún tipo de valor agregado o industrialización, lo que reduce el ingreso económico de los habitantes que se dedican a esta actividad.

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a la UNESCO (2018), Ecuador, Colombia, Brasil, México y Perú son países con mayor diversidad de flora y fauna en el mundo. La Amazonia Ecuatoriana, cuenta con un gran número de variedades de plantas, cada una con diferentes propósitos por lo que son comúnmente

usadas dentro de industrias farmacéuticas, cosméticas y sobre todo alimenticias, ya que tiene un alto potencial de sabor. (UNESCO, 2018)

Las especies han sido utilizadas para obtener varios productos como aceites esenciales, oleorresinas y principalmente como condimento. Durante siglos fue utilizada de forma tradicional en alimentos preparados por sus cualidades, su intenso aroma o sabor. (Arizio & Cirioni, 2014)

Dentro de los métodos más utilizados antiguamente para conservar alimentos se encuentra la deshidratación, esta técnica era usada en zonas rurales, para reducir el contenido de agua y evitar que las enzimas y microorganismos degraden las especies cultivadas. (Castañeda & González, 2011)

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la Provincia de Pastaza existen varias especies vegetales utilizadas para condimentar alimentos preparados que son comercializadas sin ningún valor agregado, debido a la falta de conocimiento de tecnologías que alarguen el tiempo de vida útil de estos productos.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones de la cinética de secado en especias amazónicas Cebollín (*Allium schoenoprasum*), Culantro de monte (*Eryngium foetidum*) y Ajo de monte (*Mansoa alliacea L.*)

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener la tasa de flujo másico de los componentes de evaporación por área mediante la cinética de secado experimental de *Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L.*
2. Construir las curvas de velocidad de secado de las plantas amazónicas *Allium schoenoprasum*, *Eryngium foetidum* y *Mansoa alliacea L.*

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, este cuenta con diversos ecosistemas, en 1999 científicos identificaron formaciones botánicas en todas las regiones del país. (Velasquez, 2014)

Las especias, según Mercado et al., (2013) tienen propiedades medicinales y culinarias siendo utilizadas para conservar o dar sabor a los alimentos y como medicina para contrarrestar ciertas enfermedades por tener un potencial antioxidante. La industrialización de los alimentos se dio por la necesidad del consumidor de mejorar el sabor, apariencia y el valor del mercado. (Alejandro, 2011)

La utilización de datos experimentales para el uso de los diferentes tipos de modelos matemáticos ajustados a resultados obtenidos, ayuda a determinar cuál es la mejor cinética de secado de plantas. (da Rocha, 2012)

La cinética de secado permite predecir los mejores parámetros de secado para diferentes productos, utilizando diferentes tiempos y temperaturas a una velocidad constante que permita controlar las condiciones óptimas para el secado y posterior procedimiento que utiliza el modelo en una ecuación para establecer la cinética de secado. (Ocampo A. , 2006)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESPECIAS Y CONDIMENTOS

Se define a las especias como un producto vegetal seco procedente de las diferentes partes de la planta, la semilla, hojas, tallo, raíz, corteza o flores utilizadas especialmente como condimento u otros propósitos según sus cualidades aromáticas y de conservación (antioxidantes naturales), están son comúnmente comercializadas como hierbas culinarias. (Arizio & Cirioni, 2014)

Según el CODEX ALIMENTARIUS las especias y hierbas comestibles desecadas contienen diferentes propiedades aromáticas, que son utilizadas en la elaboración los alimentos para mejorar el aroma y el color, de forma entera, quebrada o molida de diferentes partes de las plantas, partes como, la corteza de árboles, yemas, bulbos, hojas, rizomas, raíces, semillas, vainas, resinas, frutas o meristemas apicales. (CODEX ALIMENTARIUS, 2018)

Según la NTE INEN (2012), las especias y condimentos se deben procesar bajo las condiciones establecidas en el reglamento de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados.

2.2.2. SITUACIÓN DE LAS ESPECIAS A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

Dentro del mercado mundial, las especias y hierbas aromáticas importadas son amplias, en EEUU es aproximadamente 4 000 millones de dólares americanos. Otros países menos adelantados como Madagascar, las Comoras y Republica Unida de Tanzania también exportan especias de donde obtienen gran parte de sus ingresos en divisas. Las especias de mayor exportación por los países desarrollados son pimienta negra, jengibre, pimentón, cilantro, comino, canela, cúrcuma entre otras. (CIC, 2018)

2.2.3. NORMATIVA NACIONAL VIGENTE APLICABLE A ESPECIAS Y CONDIMENTOS.

En la Tabla 1 se muestra los requisitos necesarios que deben cumplir las especias según la normativa ecuatoriana dispuesta por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.

Tabla 1. Requisitos técnicos que deben cumplir las especias de acuerdo a la normativa

ESPECIA	Humedad (NTE INEN 1114) Max. %	Extracto etéreo fijo (ISO 1108). Min %	Cenizas Totales ((NTE INEN 1117) Max%
Culantro de monte	10,0	12,0	7,0
Cebollín	9.0	0,5	5.0
Ajo de monte	10,0	15,0	8,5

Fuente: (NTE INEN, 2012)

2.2.4. ESPECIES DE LA AMAZONÍA

DESCRIPCIÓN DEL CEBOLLÍN (*Allium schoenoprasum*)

El cebollín es parte de la familia de las hortalizas, es una planta aromática que llega a medir hasta 50 cm de largo, esta es muy parecida a la cebolla blanca larga con la diferencia que su bulbo llega a medir entre 2 a 3 cm. (Pinzón, 2012)

Esta planta tiene varios ciclos de reproducción, tiene un tallo delgado de donde sale la inflorescencia de color violeta, su olor es parecido a la cebolla larga, su producción es al final de la primavera y aproximadamente tiene una duración de tres semanas para su cosecha. (García D. , 2013)

En Asia se utiliza para la elaboración de diferentes comidas, es también utilizada para prevenir enfermedades cerebrovasculares. (Torres, Guzmán, & Carrasco, 2008)

DESCRIPCIÓN DEL CULANTRO DE MONTE (*Eryngium foetidum*)

El culantro de monte es una hierba usada comúnmente para recetas, y aplicación medicinal sus hojas son usadas como saborizantes y condimentos, esta especie presenta en su composición antioxidantes naturales. (Jaramillo, Duarte, & Martelo, 2011)

Esta es una planta herbácea perenne, todas las partes de la planta producen aceites esenciales que desprenden su fuerte aroma, tiene raíces que son gruesas. El tallo es muy corto durante la etapa de crecimiento vegetativo de la planta etapa donde se da la producción de flores y semillas. (Payán, 2006)

Las plantas florecen a los 3 meses después de ser sembradas, siendo más tempranas las plantas que crecen a pleno sol, mientras que son más tardías las que crecen con 60-70% de sombra. Las flores de esta planta son pequeñas y salen en grupos, sobre estructuras en forma de cabezuelas o cilindros, tienen semillas que son pequeñas y livianas de color pardo cuando están maduras. (Payán, 2006)

Las hojas de culantro secas son una fuente importante de vitamina K, que interviene en la síntesis hepática de los factores de coagulación sanguínea y en la calcificación de los huesos, ya que promueve la formación ósea. Dentro de su composición presenta aceites esenciales, aceites grasos, trazas de glucósido, taninos, oxalato cálcico. La composición química del culantro se basa principalmente en sus aceites esenciales, entre ellos d-linalol, 70 a 90% pineno, dipenteno, geraniol, felandreno, borneol, limoneno, cineol, canfeno, citronelol, coriandrol, linalool. (INFOAGRO, 2018)

El culantro presenta dentro de su composición ácidos linoleico, oleico y ascórbico, el último responsable de sus propiedades antibacterianas y antigripales. La constitución del culantro es rica en antioxidantes; está compuesto por ácidos como el linoleico que es antiartrítico, hepatoprotector, anticancerígeno, hipocolesterolémico, también contiene ácido oleico que es anticancerígeno, hipocolesterolémico. (BOTANICAL, 2009)

DESCRIPCIÓN DEL AJO DE MONTE (*Mansoa alliacea L*)

El ajo de monte se puede considerar como un arbusto semitrepador, tiene tuturaje o guía, contiene estipulas pequeñas (estructuras laminas que se forman en la hoja), aplanadas y cónicas, sus hojas son bifoloidadas (hojas ovaladas) con zarsillo trífico (cicatriz de zarcillo). Las inflorescencias son axiales y se presentan en racimos, la corola es tubular acampanada de color violeta, su fruto es en forma de capsula lineal de superficie lisa. El ajo de monte tiene hojas de color verde brillante y sus flores presentan un color blanco a violeta, por lo que se puede utilizar también como planta ornamental (Jaramillo, Duarte, & Martelo, 2011).

El ajo de monte es muy utilizado por los indígenas kichwa que utilizan de forma picadas o machacada para usarse como condimento en la Amazonia. (Mazza, 2000)

Contiene algunos compuestos de azufre como la aliina y la alicina, los cuales son responsables del olor y sabor característico. Las hojas y las flores contienen los conocidos esteroides de acción antiinflamatoria y antibacteriana, beta sitosterol, estigmasterol, daucasterol y fucosterol. Otras sustancias químicas del ajo son carbohidratos, proteínas, alcaloides, flavonas, saponinas, sulfuro de dimetil, sulfuro de divinilo, vitamina C y E, que actúan como antioxidantes y como elementos funcionales tales como el selenio y el cromo (Sánchez, 2015)

2.2.4 SECADO DE SÓLIDOS Y ALIMENTOS

En el secado de sólidos se considera ecuaciones de transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento, surgiendo naturalmente parámetros que influye en el secado (Costa, 2009). En este proceso influyen dos etapas primordiales que son la transferencia de masa que da paso a la difusión del líquido dentro de un sólido y del vapor hacia el ambiente y la transferencia de calor. (Barrera, 2016)

La obtención de alimentos deshidratados disminuye las reacciones que dañan un producto, durante el proceso se pierden propiedades como volumen y peso que influyen de una manera positiva y directa en los costos de transporte y empaque ya que su tamaño facilita su almacenamiento por periodos de tiempo largos. Dentro del producto tratado, el agua se pierde mediante el proceso de difusión, esta no se encuentra en estado puro ya que está compuesta de disoluciones de sólidos, emulsiones y geles, que influyen durante el proceso de evaporación. (Vega A, 2005)

2.2.5 CINÉTICA DE SECADO

La cinética de secado es evaluar la pérdida de peso de una muestra en función de diferentes tiempos. La transferencia de masa y calor que se presenta durante el secado de las especies, este proceso puede verse afectado por las características del material a secar, el equipo a utilizar o las condiciones de secado. (Giri & Prasad, 2007)

El proceso de evaporización de agua y las variables de proceso se expresan en términos de cinética de secado, para después realizar el desarrollo de un modelo confiable y diseño experimental que nos ayude a evaluar el mejor proceso de secado. (Vargas & Garzón, 2010)

Analíticamente la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado de acuerdo con a (Ec.1):

$$w = \frac{S}{A} \left(-\frac{dX}{d\theta} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

S= peso de solido seco;

A=área de la superficie expuesta;

w= velocidad de secado.

dX= humedad referida el sólido seco

dθ=tiempo (Tojo, 1986)

2.2.6 MODELOS EXPERIMENTALES

Tabla 2. Modelos experimentales

Nº	Modelo	
1	Newton	$MR = e^{-kt}$
2	Page	$MR = e^{-ktn}$
3	Henderson y Pabis	$MR = ae^{-kt}$
4	Logarítmica	$MR = ae^{-kt} + c$
5	Dos términos	$MR = ae^{-k_0 t} + be^{-k_1 t}$
6	Dos términos exponencial	$MR = ae^{-k_0 t} + (1 - a)e^{-kat}$
7	Wang and Singh	$MR = 1 + at - bt^2$

8	Aproximación por difusión	$MR = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kbt}$
9	Verma et al.	$MR = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-gt}$
10	Henderson y Pabis modificado	$MR = ae^{-kt} + be^{-gt} + ce^{-ht}$
11	Modelo de Midili	$MR = ae^{-kt^n} + bt$
12	White et al.	$MR = e^{(-kt)n}$
13	Wang et al.	$MR = a + bt + ct^2$

(Villalba & Arzola, 2019)

Ley de Fick

Cuando existe un gradiente de concentraciones en un sistema termodinámico, se origina un flujo irreversible de materia, desde altas concentraciones a bajas, se le llama difusión, la Ley de Fick nos explica que el flujo difusivo que atraviesa una superficie es proporcional al gradiente de concentración, en donde el coeficiente de proporcionalidad se llama coeficiente de difusión (Rodríguez, Torres, & Jiménez, 2012)

Se utilizan diferentes modelos matemáticos para describir la cinética de secado de productos agrícolas mediante el uso de curvas de secado para estimar tiempos. Para productos agrícolas existe tres tipos de modelos que son el teórico que considera la resistencia interna, transferencia de calor, aire caliente y agua en el producto, los semi empíricos y empíricos que presentan relación directa entre humedad del producto y tiempo.(Espierri, 2011)

Los diferentes modelos matemáticos que son herramientas útiles para reducir la humedad en un determinado tiempo a diferentes condiciones de secado mejorando la optimización del proceso, los datos obtenidos del experimento se deben ajustar a los modelos matemáticos para evaluar cuál es el más adecuado para cada especie, existen modelos de capa fina para representar la cinética de secado de diferentes productos agrícolas, los más utilizados son Newton. Aproximación por difusión, dos términos exponencial, Henderson-Pabis, Logarítmico, modelos en donde la variable dependiente MR, representa la relación de la humedad (Puente, Echegaray, Castro, & Scala, 2013).

2.2.7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO Y MECANISMO DE SECADO

Los balances de materia se realizan en función del porcentaje de evaporación de los componentes del disolvente. El requisito de calentamiento específico junto con la cantidad de disolventes que se evaporan se utiliza para calcular el requisito de calentamiento total. El requisito de potencia específico se utiliza para calcular el requisito de potencia global. El requisito de gas de secado, junto con la cantidad de disolventes que se evaporan, se utiliza para calcular y ajustar el caudal del gas de secado. (Cruz, 2006)

El proceso de secado inicia con una temperatura baja para después ir aumentando gradualmente, aquí se presenta una transferencia de masa, calor y la presión interna del vapor de agua de las especies. El proceso de secado se divide en diferentes partes, en donde se da un incremento de temperatura hasta llegar al equilibrio entre el calor y la transferencia de masa, después el agua libre que es constante mientras existe en la superficie del producto para acompañar la evaporación, al último la tasa de secado ira disminuyendo por la reducción del contenido de humedad de la superficie interna hacia la del producto, provocando la reducción de la transferencia de masa, esta etapa finaliza cuando se llega al punto de equilibrio del contenido de humedad en relación con el aire de secado. (Larrasoña, 2010)

Según (Vargas L. , 1996) la metodología del modelo matemático polinómico fue utilizada para el secado de cebolla blanca, por lo que se utilizó para el secado del cebollín, ajustando la misma ecuación la cual nos permitió expresar la cinética de secado para el cebollín.

2.2.8 PARÁMETROS DE SECADO

OPERACIÓN DE SECADO Y CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL

El secado es una operación utilizada para la evaporación del líquido y el transporte de masa en forma de líquido dentro del sólido y como vapor hacia el aire, dentro de la industria existe tres tipos de transferencia de calor que son por convección, conducción y radiación o alguna combinación, dentro del proceso debemos tener en cuenta la estructura del producto que vamos a secar, temperatura, la velocidad, humedad relativa del aire, contenido de agua, entre otros, estos parámetros dependen de la composición de las especies con las que se va a trabajar dentro de la investigación. (Velásquez, 2007)

El contenido inicial de humedad del producto, es el que tiene al momento de cosecharse y depende del tiempo que lleve cosechado, el porcentaje de agua inicial influye en la tasa de

secado, mientras mayor sea el contenido de agua mayor será evaporada por unidad de energía. (Espinoza, 2015)

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO

El contenido final de humedad que tendrá el producto, se obtendrá después de secar las especies a 30, 40 y 50° C de temperatura, la humedad final también depende de la calidad que se desea obtener el producto final. (Espinoza, 2015)

La humedad de equilibrio es la condición en donde existe un equilibrio entre el sólido húmedo y el aire durante un periodo de tiempo suficiente, también se puede llegar cuando la presión de vapor del agua en el aire es igual a la presión parcial del agua.(Tojo, 1986)

CUERPOS HÚMEDOS, CUERPOS HIGROSCÓPICOS Y HUMEDAD LIBRE

El sólido húmedo dentro de su estructura contiene agua que, a cierta presión de vapor, esta tiende a aumentar para poder llegar a la temperatura establecida y a la tensión de agua requerida. (Tojo, 1986)

La humedad libre se le llama cuando la humedad de equilibrio con el aire y la humedad del sólido muestran diferencias a diferentes condiciones, se puede decir también que la humedad libre es la pérdida de agua de cualquier sólido a diferentes condiciones expuestas. (Tojo, 1986)

HUMEDAD DESLIGADA Y PERIODOS DE SECADO

Se le llama a la diferencia que existe entre la humedad ligada y la humedad que contiene un sólido(Tojo, 1986).

Al representar la humedad del sólido frente al tiempo se tendrá como resultado curvas en donde podremos apreciar como comienza la pérdida de la humedad en función del tiempo en que la velocidad de secado se mantiene constante hasta un tiempo determinado y de ahí la humedad llega a un valor crítico donde la velocidad de secado es baja anulándose cuando la humedad alcanza el valor de equilibrio con el aire o la humedad libre es cero.

CÁLCULO DEL TIEMPO DE SECADO, VARIABLES MEDIDAS Y EFICIENCIA DE SECADO

Para calcular el tiempo de secado se hace referencia la humedad inicial y la final, y se utiliza el cálculo por integración.(Tojo, 1986)

El diseño factorial está compuesto por dos factores o conjuntos de tratamientos, en donde tendremos 5 niveles diferentes, el tiempo y la temperatura serán las variables a tomar en cuenta en cada tratamiento. Para secar la humedad que contienen las especies a tratar, la eficiencia nos permite calcular el porcentaje de calor que vamos a utilizar para evaporar, hasta llegar a obtener el producto con mejores condiciones.(Velásquez, 2007)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Química de la Universidad estatal amazónica ubicada en el km 2½ vía al Puyo a Tena (Paso Lateral) de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador.

El proyecto de investigación tuvo una duración de 400 horas, las cuales fueron tomadas en cuenta desde la compra y adquisición de la materia prima, el desarrollo experimental del secado, obtención de las curvas de secado.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este tipo de Investigación es descriptiva y experimental, se llevó a cabo en el laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica, proporcionando un perfil de los resultados que se obtuvieron al utilizar temperaturas de 30°, 40° y 50° C, tomando registros de cambios a cada hora durante un periodo de 5 h de las diferentes condiciones térmicas a las que se someterán las muestras.

Las cualidades que se desea preservar son sus características organolépticas como aditivo alimenticio, cumpliendo con la normativa establecida en el país.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.4 MÉTODOS DESCRIPTIVO Y EXPERIMENTAL

Es de carácter descriptivo debido a que se analizó todo el proceso de secado de las plantas, al utilizar el método de secado en estufa observamos los factores negativos y positivos que intervinieron durante el estudio y obtención de este producto.

Otro método de investigación que se llevara a cabo es experimental porque se propuso estudiar la cinética de secado manipulando variables durante el proceso, específicamente la temperatura.

3.4.5 TRABAJO DE CAMPO

La selección y toma de muestras se llevó a cabo en el sector La Merced ubicado vía a Macas, en donde se recolecto las hojas de ajo de monte y cebollín, el culantro de monte en cambio se tomó de la Ciudadela las Orquídeas perteneciente al Cantón Mera.

3.4.6 TRABAJO DE LABORATORIO

El ensayo se realizó en una estufa Marca Barstead, Modelo 3513, Serie: 1482051114078 tiene una temperatura máxima de 180-200 °C, esta se utilizó a tres temperaturas diferentes de 30°, 40° y 50 ° C, para llevar un registro cada hora durante un periodo de 5 horas desde que se introdujo las muestras a la estufa, se realizó seguimiento constante en la toma de pesos en la balanza analítica Marca THOMAS SCIENTIFIC, Modelo TYP, TSXB4200C, Serie 320-9410-313, para poder observar las pérdidas constantes de humedad de las muestras. Se realizó cinco muestras por cada especie con un peso inicial de 5 g distribuidos en las bandejas de la estufa, los pasos experimentales se muestran en la figura 1.

3.4.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRABAJO DE LABORATORIO

A continuación, se presenta de forma didáctica un diagrama de flujo con cada uno de los pasos que se siguieron para ejecutar el trabajo de investigación en el laboratorio.

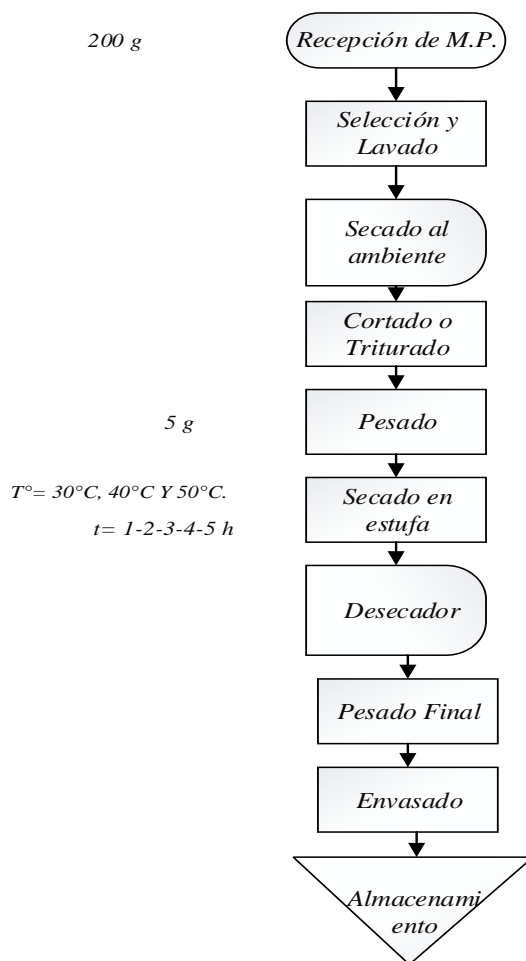


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de especias

3.4.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

a. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se recibió tres tipos de plantas de la región Amazónica, estas fueron hojas de ajo de monte, bulbo del cebollín y las hojas de culantro de monte, se usó un total de 200 g por cada especie.

b. SELECCIÓN Y LAVADO

Se seleccionó las hojas de ajo de monte las hojas dañadas o maltratadas fueron excluidas de las que se encontraban en mejor estado, en las hojas de culantro fueron separadas del tallo, en cambio en el ajo de monte se debió cortar el tallo y las raíces para utilizar el bulbo. En todas las muestras fueron tomadas la materia prima en mejor estado, retirando materiales no deseados para posteriormente realizar el lavado con abundante agua potable para retirar impurezas, tal como, tierra.

c. SECADO AL AMBIENTE

Después se realizó el marchitado natural expandiendo las hojas aproximadamente 24 horas para retirar un 30% de contenido de humedad que contiene la materia prima.

d. CORTADO O TROCEADO

Se realizó cortes de aproximadamente de 1 cm x 1 cm a las hojas de ajo de monte y las hojas de culantro. El cebollín se cortó en rodajas de aproximadamente de 2 a 3 cm.

e. PESADO

Se utilizó una balanza analítica en donde se pesó cinco muestras de cada especie de 5 g cada una.

f. SECADO EN ESTUFA

Se utilizó para cada especie el mismo procedimiento de secado con 3 temperaturas diferentes. Se realizaron cinco réplicas por cada especie y para cada especie se utilizó tres temperaturas diferentes y los tiempos fueron cada hora hasta llegar a 5 horas tomando un registro de los cambios que se presentaban.

g. DESECADOR

Se colocó las muestras al finalizar cada tiempo establecido de cada una de las especies en el desecador de 8 a 10 minutos para extraer residuos de humedad.

h. PESADO FINAL

Al finalizar cada tratamiento se pesó en la balanza analítica para tomar registros del contenido de humedad perdida.

i. ENVASADO

Se envasó en frascos de vidrio las muestras de mejor calidad.

3.4.9 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

A continuación, se presentan los materiales y equipos utilizados en el laboratorio:

1. Balanza analítica
2. Estufa
3. Desecador
4. Papel aluminio
5. Cuchillo
6. Hojas de culantro de monte
7. Bulbo de cebollín
8. Hojas de ajo de monte

3.4.9.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD TOTAL

Se usaron muestras de 52 g por cada especie para determinar la humedad total, a una temperatura de 105° C por dos horas en la estufa, tomando el peso inicial y el peso final, para posteriormente obtener los cálculos de humedad.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD TOTAL

A continuación, se presenta los resultados de la determinación de la humedad total, utilizando el método de laboratorio descrito en el numeral 3.3.6.1.

Tabla 3. Registro perdida de humedad total

PLANTA	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	HUMEDAD TOTAL (%)
Cebollín	52,00	9,15	82,40
Culantro de monte	52,00	22,16	57,38
Ajo de monte	52,00	19,79	61,94

De la tabla 5 se puede observar que el cebollín es quien posee la mayor cantidad de humedad respecto a las otras dos especias, esto debido a que, el cebollín es un bulbo mientras las dos otras especias son hojas.

4.1. CONDICIONES DE SECADO

Para la determinación de la cinética de secado se debe tomar en cuenta que las operaciones están asociadas al diseño del área de secado tabla 6 para lo cual se utilizó las dimensiones de la estufa donde se realizó el proceso.

Tabla 4. Determinación del área de secado

LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTO (CM)	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	ÁREA (M ²)
69,5	33,5	1	0,695	0,335	0,01	0,49

El alto para la determinación del área de secado es de 1 cm, puesto que, se colocó las especias a ser secadas en cantidad suficiente (5 g) para tener aproximadamente una cama uniforme con esa altura.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE SECADO

En este apartado del documento se presentan los resultados obtenidos de los cálculos para la determinación de la cinética de secado de cada una de las especies en estudio, las mismas que nos permitió llegar a cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación.

4.2.1. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO

La determinación del periodo de secado es útil para observar de qué forma varía la velocidad de secado de cada especie a cada una de las temperaturas de experimentación.

Para la determinación de secado se obtuvieron los pesos finales a cada hora de las muestras secas en las diferentes condiciones de tiempo (5 horas) y temperatura (30 °C, 40 °C y 50 °C).

4.2.1.1. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL CEBOLLÍN

A continuación, en la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos del secado del cebollín en cinco horas a las diferentes temperaturas de experimentación:

Tabla 5. Registro de pérdida de humedad del cebollín

TIEMPO(HORAS)	TEMPERATURA (°C)		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	5,00	5,00	5,00
1	4,80	3,44	3,07
2	4,66	3,20	2,53
3	4,48	2,67	1,04
4	4,07	2,67	0,95
5	3,80	1,55	0,94
DESVIACIÓN	0,45	1,14	1,80

Con los datos presentados en la tabla 5 se procede a realizar la gráfica del periodo de secado del cebollín a las temperaturas de 30 °, 40 ° y 50 °C respectivamente figura 2.

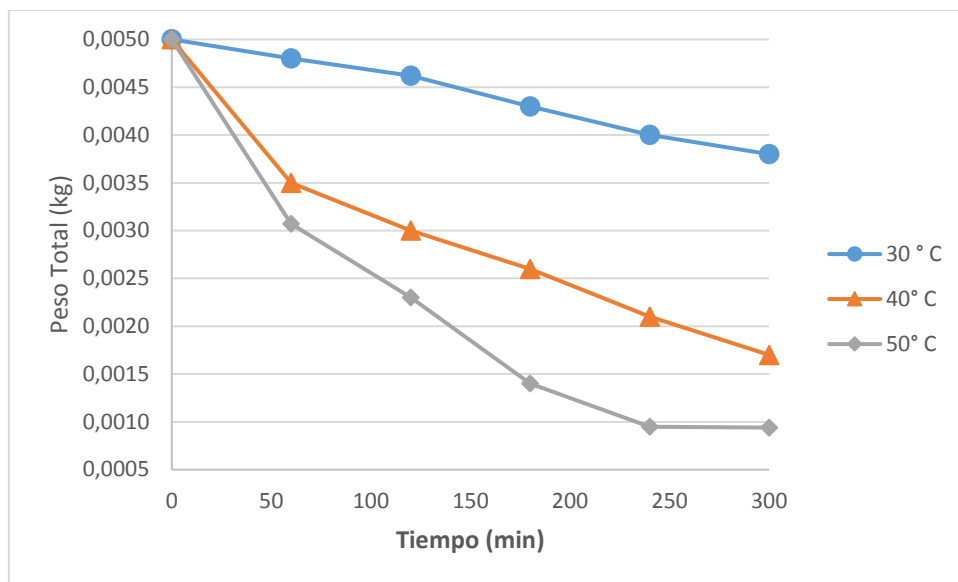


Figura 2. Periodo de secado del bulbo de cebollín a 30 °C, 40 °C y 50 °C

Del análisis de la figura 2, se puede manifestar que la pérdida de peso del cebollín a temperatura de 30 °C es menor en comparación con las temperaturas de 40 °C y 50 °C, estas mostraron una variación menos marcada en la pérdida de peso.

4.2.1.2. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL CULANTRO DE MONTE

En la tabla 6, se presentan los resultados obtenidos del secado del culantro de monte en cinco horas a las diferentes temperaturas de experimentación:

Tabla 6. Registro de pérdida de humedad de las hojas de culantro de monte

TIEMPO(HORAS)	TEMPERATURA (°C)		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	5,00 g	5,00 g	5,00 g
1	4,69 g	3,22 g	1,16 g
2	4,53 g	1,80 g	1,10 g
3	3,76 g	1,55 g	1,10 g
4	3,56 g	1,14 g	0,94 g
5	3,27 g	1,00 g	0,94 g

DESVIACIÓN

0,69

0,55

0,85

En la figura 3, se presentan los gráficos del periodo de secado en función de los resultados presentados en la tabla 7 respectivamente.

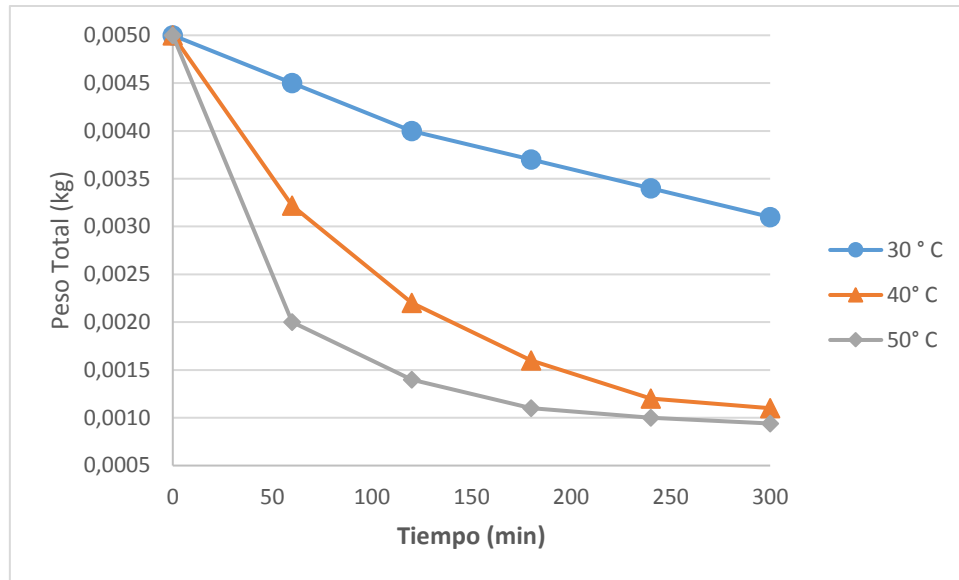


Figura 3. Periodo de secado de las hojas de culantro a 30 °C, 40 °C y 50 °C

A temperatura de secado de 30 °C, la velocidad de secado del culantro de monte tiene una menor pérdida de peso, como se puede observar en la figura, a temperatura de 40 °C, presenta una disminución marcada en función con el tiempo de secado, a temperatura de 50°C se observa una curva bien marcada de la velocidad de secado hasta la hora cuatro en donde se puede decir que tiene ligeras variaciones.

4.2.1.3. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE SECADO DEL AJO DE MONTE

A continuación, en la tabla 7 se presentan los resultados obtenidos del secado del ajo de monte en cinco horas a las diferentes temperaturas de experimentación:

Tabla 7. Registro de pérdida de humedad del ajo de monte

TIEMPO(HORAS)	TEMPERATURA (°C)		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	5,00 g	5,00 g	5,00 g

1	4,69 g	3,92 g	3,15 g
2	4,53 g	3,83 g	3,09 g
3	3,76 g	3,66 g	3,07 g
4	3,56 g	3,58 g	2,75 g
5	3,27 g	3,49 g	2,74 g
DESVIACIÓN	0,69	1,54	1,615

Con los datos de la tabla 7 se ha procedido a graficar los periodos de velocidad para cada temperatura de experimentación respectivamente, las cuales se presenta a continuación en la figura 4.

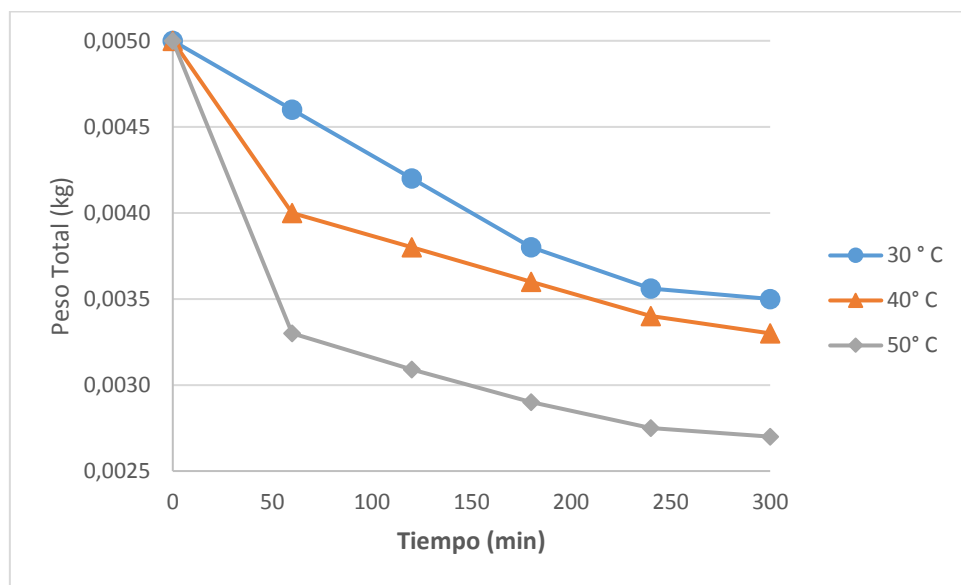


Figura 4. Periodo de secado de ajo de monte a 30 ° C, 40 ° C y 50 ° C

Las hojas de ajo de monte sometidas a una temperatura de 50 °C, se observó que desde la primera hora tuvo una decreciente notable en comparación con las demás temperaturas que tiene variaciones menores según los datos de experimentación.

4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO MÁSSICO DE LOS COMPONENTES DE EVAPORACIÓN (VELOCIDAD DE SECADO)

Una vez obtenidos los datos experimentales de laboratorio, se procedió a realizar el cálculo de la tasa de flujo mássico de los componentes de evaporación o también conocido como velocidad de secado, para lo cual en esta sección se presenta los resultados en forma separada para cada una de las especias y las diferentes condiciones de secado, para el respectivo análisis.

Las curvas de secado para cada especia fueron realizadas mediante la realización del gráfico de la velocidad de secado (W) frente a la humedad referida al sólido seco (X). Además, se presenta la tendencia de los datos mediante un modelo lineal para poder analizar los datos. Mencionando que, las curvas de secado de presentadas son las correspondientes a 50 °C y sus respectivos cálculos en base a los datos experimentales.

4.2.2.1. DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL CEBOLLÍN

En la Tabla 8 se puede observar la velocidad de secado del cebollín a diferentes temperaturas.

Tabla 8. Velocidad de secado de cebollín a las temperaturas de experimentación

TIEMPO HORAS	TEMPERATURA (°C)		
	30 °C	40 °C	50 °C
	VELOCIDAD DE SECADO CALCULADA		
	W (kg/h.m2)		
0			
1	0,000411	0,003208	0,003969
2	0,000288	0,000494	0,001111
3	0,000370	0,001090	0,003064
4	0,000843	0,000000	0,000185
5	0,000555	0,002303	0,000021
Velocidad de secado promedio	0,000494	0,001419	0,001670

En la figura 5, se puede observar la curva de velocidad de secado del cebollín.

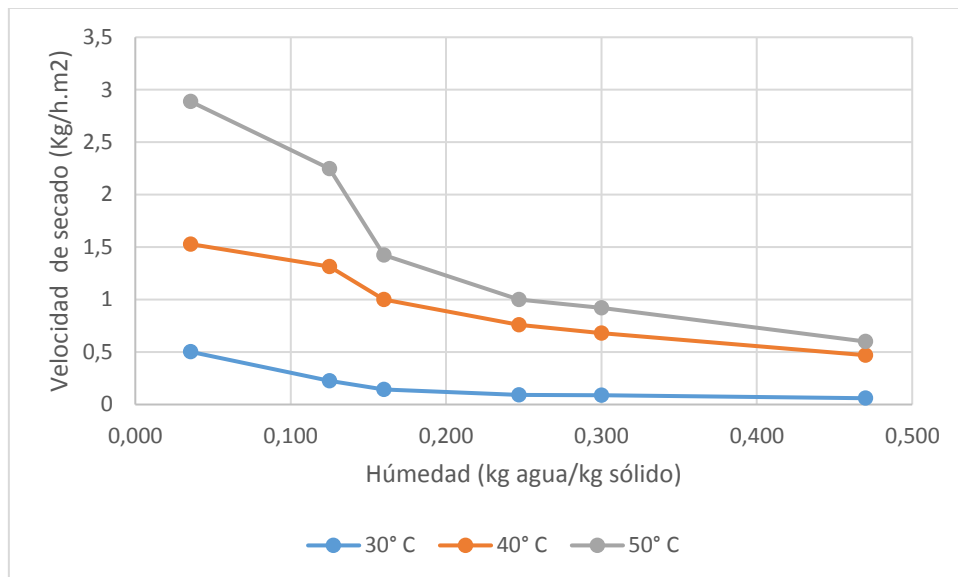


Figura 5. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del cebollín

En la figura 5, se presenta la curva de velocidad de secado del cebollín en función de la humedad referida al sólido donde se puede observar que tiene variaciones muy amplias al comienzo, esto debido a que el cebollín es un bulbo y el tamaño del picado influye en el secado, así como la humedad que se encuentra en la superficie del cebollín picado. Razón por lo cual el coeficiente de determinación presenta menor calidad.

4.2.2.2. DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL CULANTRO DE MONTE

Las velocidades de secado obtenidas a temperaturas de 40 ° y 50 °C prácticamente no tienen variación, mientras que, la velocidad de secado a temperatura de 30 °C tiene una variación considerable comparada con las dos anteriormente descritas, esto se puede observar en la tabla 9 respectivamente.

Tabla 9. Velocidad de secado de culantro de monte a las temperaturas de experimentación

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
HORAS	30 °C	40 °C	50 °C
	VELOCIDAD DE SECADO CALCULADA		
	W (Kg/h.m2)		

0			
1	0,000638	0,003661	0,007897
2	0,000329	0,002920	0,000123
3	0,001584	0,000514	0,000000
4	0,000411	0,000843	0,000329
5	0,000596	0,000288	0,000000
Velocidad de secado promedio	0,000712	0,001645	0,001670

Se debe mencionar que, la variación de la velocidad de secado a temperatura de 50 °C en la tercera y quinta hora teniendo una variación marcada figura 6.

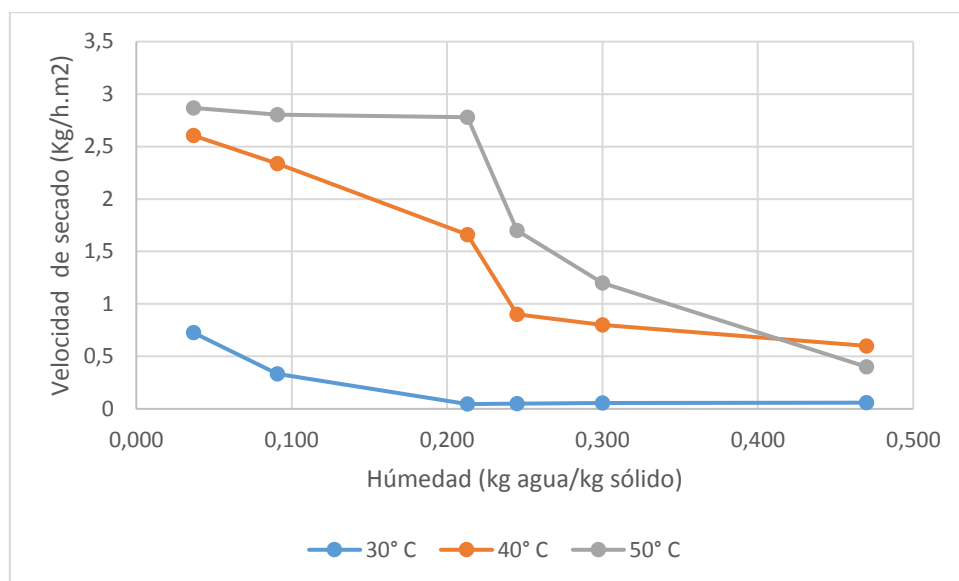


Figura 6. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del culantro de monte

En la figura 6, se representa la curva de velocidad de secado a 30°C es constante a partir de la tercera hora, a temperaturas de 40 y 50 °C la velocidad de secado tiene menor variación

4.2.2.3. DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO DEL AJO DE MONTE

Como se puede observar en la tabla 10 las diferencias entre las velocidades de secado a las temperaturas experimentales no son muy marcada, con lo que se puede manifestar que, según

los datos obtenidos el secado de esta especia amazónica tendría menores complicaciones técnicas.

Tabla 10. Velocidad de secado de ajo de monte a las temperaturas de experimentación

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
HORAS	30 °C	40 °C	50 °C
VELOCIDAD DE SECADO CALCULADA			
W (Kg/h.m2)			
Velocidad de secado promedio	0,000712	0,000621	0,000930

En la figura 7, se presenta la curva de velocidad del ajo de monte, en la cual se puede observar que tiene velocidades constantes con ligeras variaciones, explicando el mejor valor de calidad del modelo de tipo lineal.

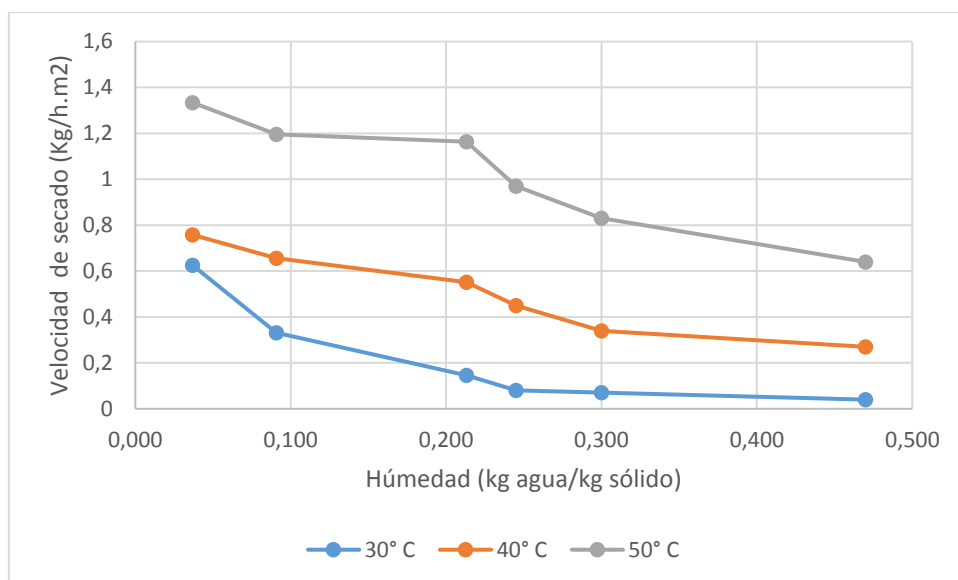


Figura 7. Velocidad vs Humedad de la velocidad de secado del ajo de monte.

En comparación con el autor, (Vargas & Grandez, 2015) presenta que el mejor tratamiento de secado para las hojas de culantro con mayor aceptabilidad fue a una temperatura de 40°C, cuyo tiempo crítico fue de 35 minutos.

Cárdenas, (2012) nos menciona que a temperaturas de 45°C por 2 horas, las hojas de ajo de monte presentan un mejor secado y no pierden sus características organolépticas. Las hojas de ajo de monte presentaron una humedad total de 76,1 %.

En virtud de que no se encuentra estudios de la especie de cebollín (*A. Schoenoprasum*) se realizó con una especie de la misma familia, esto porque no se pueden realizar los estudios porque no se tiene los equipos y reactivos disponibles. El mejor tiempo de secado para el ajo en bulbo es de 8 horas en 45°C y 55°C en 5 horas, similar a tiempo de secado que se obtuvo con el cebollín que fue de 50°C por 5 horas. (Cárdenas, 2012)

Según los resultados obtenidos la temperatura de secado de 50° C es la que mejor resultados presentó, teniendo una velocidad de secado de 0,001670 Kg/h.m² para el cebollín, 0,001670 Kg/h.m² para el culantro de monte y 0,000930 Kg/h.m² para el ajo de monte.

4.2.3. MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X)

Aunque dentro de los objetivos de la investigación no se encuentra la presentación de un modelo matemático, se presenta algunos modelos matemáticos sencillos que relacionan velocidad de secado con la humedad referida al sólido seco, esto es útil para predecir el comportamiento que tienen estas dos variables en condiciones intermedias, es decir comprendidas entre el punto inicial y final. Además, mediante métodos de extrapolación podríamos obtener resultados fuera de los límites descritos.

4.2.3.1. MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL CEBOLLÍN

Como se puede observar en la tabla 11 la relación polinómica de 4to orden es la que tienen un mejor comportamiento, esto en función a que el coeficiente de determinación es 1.

Tabla 11. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del cebollín

TIPO DE RELACIÓN	TEMPERATURAS DE EXPERIMENTACIÓN					
	30°C		40°C		50°C	
	MODELO	R ²	MODELO	R ²	MODELO	R ²
Lineal	$W = -0,0013x + 0,0007$	0,3672	$W = 0,0024x + 0,0019$	0,1461	$W = 0,004x + 0,0034$	0,5976
Logarítmica	$W = -1E-04\ln(x) + 0,0003$	0,2177	-	-	-	-
Potencial	$W = 0,0003x^{-0,262}$	0,288	-	-	-	-
Exponencial	$W = 0,0007e^{-2,662x}$	0,4217			$W = 0,0047e^{4,8406x}$	0,578
Polinómica de 4to orden	$W = -1,228x^4 + 1,1781x^3 + 0,367x^2 - 0,0403x - 0,0005$	1	$W = 2,3077x^4 + 1,6821x^3 + 0,3001x^2 - 0,0067x - 0,0023$	1	$W = 0,2379x^4 + 0,4393x^3 + 0,2428x^2 + 0,0362x + 0,0007$	1

De los modelos matemáticos descritos para el cebollín se puede manifestar que, el modelo de Page es suficientemente exacto para predecir el comportamiento de la velocidad de secado en relación a la humedad referida al sólido.

4.2.3.2. MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL CULANTRO DE MONTE

En el caso del modelo matemático aplicado para el secado de culantro de monte, como se observa en la tabla 12, es la relación de tipo polinómica de 4to orden el que se adapta de mejor forma en lastres temperaturas de experimentación. Más, el modelo de tipo lineal también se adapta perfectamente en la temperatura de secado de 50 °C.

Tabla 12. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del culantro de monte

TIPO DE RELACIÓN	TEMPERATURAS DE EXPERIMENTACIÓN					
	30°C		40°C		50°C	
	MODELO	R ²	MODELO	R ²	MODELO	R ²
Lineal	$W = -3E-18x + 0,0007$	7E-31	$W = 0,0045x + 0,0036$	0,8767	$W = 0,0145x + 0,0106$	0,9921
Logarítmica	-	-	-	-	-	-
Potencial	-	-	-	-	-	-
Exponencial	$W = 0,0006e^{-0,126x}$	0,0011	$W = 0,0039e^{2,9899x}$	0,7692	-	-
Polinómica de 4to orden	$W = 2,5547x^4 - 0,8703x^3 - 0,0067x^2 + 0,0137x + 0,0009$	1	$W = -0,5033x^4 - 0,8222x^3 - 0,4088x^2 - 0,042x + 0,0103$	1	$W = -68,257x^4 - 161,32x^3 - 135,58x^2 - 46,272x - 4,9015$	1

Tabla 13. Modelo matemático experimental de relación entre velocidad de secado (W) y humedad referida al sólido seco (X) del ajo de monte

TIPO DE RELACIÓN	TEMPERATURAS DE EXPERIMENTACIÓN					
	30°C		40°C		50°C	
	MODELO	R ²	MODELO	R ²	MODELO	R ²
Lineal	$W = -3E-18x + 0,0007$	7E-31	$W = 0,0088x + 0,0005$	0,8847	$W = 0,0112x + 0,0027$	0,8852
Logarítmica	-	-	-	-	-	-
Potencial	-	-	-	-	-	-
Exponencial	$W = 0,0006e^{-0,126x}$	0,0011	$W = 0,0003e^{10,532x}$	0,8594	$W = 0,0014e^{12,328x}$	0,6296
Polinómica de 4to orden	$W = 2,5547x^4 - 0,8703x^3 - 0,0067x^2 + 0,0137x + 0,0009$	1	$W = 17,25x^4 - 1,1327x^3 - 0,243x^2 - 0,0032x + 0,0003$	1	$W = -24,071x^4 - 13,954x^3 - 2,1697x^2 + 0,027x + 0,0192$	1

4.2.3.3. MODELO MATEMÁTICO EXPERIMENTAL DE RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE SECADO (W) Y HUMEDAD REFERIDA AL SÓLIDO SECO (X) DEL AJO DE MONTE

Al igual que en los otros modelos de los especias en estudio, en la tabla 13 se puede observar que, el modelo de tipo polinómico de 4to orden se adapta perfectamente a los datos obtenidos. Más, en este caso los modelos de tipo lineal a temperaturas de secado de 40 ° y 50 °C se adaptan perfectamente. Mientras que, el modelo de tipo exponencial es aceptable para la temperatura de secado de 40 °C.

4.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un diseño factorial simple de dos factores que son tiempo y temperatura, mismos que son detallados con sus respectivos niveles en la tabla 14, mientras que en la tabla 15 se encuentran las combinaciones que se efectuaran entre los factores siendo las respuestas experimentales la pérdida de peso en cada tratamiento.

Tabla 14. Factores y niveles para el secado de las especies

	Factor	
	T	t
Niveles	T = 30° C	t1 = 1h
	T = 40° C	t2 = 2h
	T = 50° C	t3 = 3h
		t4 = 4h
		t5 = 5h

Tabla 15. Combinaciones de los factores y sus respectivos niveles

4.2.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CEBOLLÍN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis realizado tabla 15, en el

Temperatura	Tiempo
T1 = 30 °C	t1= 1h
T1 = 30 °C	t2 = 2h
T1 = 30 °C	t3 = 3h
T1 = 30 °C	t4 = 4h
T1 = 30 °C	t5 = 5h
T2 = 40 °C	t1 = 1h
T2 = 40 °C	t2 = 2h
T2 = 40 °C	t3 = 3h
T2 = 40 °C	t4 = 4h
T2 = 40 °C	t5 = 5h
T3 = 50 °C	t1 = 1h
T3 = 50 °C	t2 = 2h
T3 = 50 °C	t3 = 3h
T3 = 50 °C	t4 = 4h
T3 = 50 °C	t5 = 5h

programa STATGRAPHICS Centurion para evaluar los efectos de dos fuentes.

En la siguiente tabla 16, se puede obtener los datos obtenidos del análisis estadístico del cebollín.

Tabla 16. Análisis de Varianza del cebollín

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	4972,9	1	4972,9	35,61	0,0002
B:Tiempo	519,168	1	519,168	3,72	0,0859
AA	133,985	1	133,985	0,96	0,3529
AB	20,402	1	20,402	0,15	0,7112
BB	499,215	1	499,215	3,57	0,0912
Error total	1256,88	9	139,653		
Total (corr.)	7402,55	14			

R-cuadrada = 83,021 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 73,5882 porciento

Error estándar del est. = 11,8175

Error absoluto medio = 7,60641

Estadístico Durbin-Watson = 1,83039 (P=0,2589)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,0384084

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de PERDIDA DE PESO en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 83,021% de la variabilidad en PERDIDA DE PESO. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 73,5882%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 11,8175. El error medio absoluto (MAE) de 7,60641 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-

P es mayor que 5,0%, no hay indicación de auto correlación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

4.2.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CULANTRO DE MONTE

En la siguiente tabla 17, se puede obtener los datos obtenidos del análisis estadístico del culantro monte.

Tabla 17. Análisis de Varianza del culantro de monte

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	8491,4	1	8491,4	188,56	0,0000
B:Tiempo	1205,87	1	1205,87	26,78	0,0006
AA	776,225	1	776,225	17,24	0,0025
AB	206,082	1	206,082	4,58	0,0611
BB	67,8943	1	67,8943	1,51	0,2506
Error total	405,292	9	45,0324		
Total (corr.)	11152,8	14			

R-cuadrada = 96,366 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94,3471 porciento

Error estándar del est. = 6,71062

Error absoluto medio = 4,03981

Estadístico Durbin-Watson = 2,5037 (P=0,8543)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,260125

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de PERDIDA DE PESO en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 96,366% de la variabilidad en PERDIDA DE PESO. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 94,3471%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 6,71062. El error

medio absoluto (MAE) de 4,03981 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de auto correlación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

4.2.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AJO DE MONTE

En la siguiente tabla 18, se puede obtener los datos obtenidos del análisis estadístico del ajo de monte.

Tabla 18. Análisis de Varianza del ajo de monte

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	1004,0	1	1004,0	97,16	0,0000
B:Tiempo	492,885	1	492,885	47,70	0,0001
AA	73,6333	1	73,6333	7,13	0,0256
AB	140,45	1	140,45	13,59	0,0050
BB	0,380952	1	0,380952	0,04	0,8520
Error total	93,0037	9	10,3337		
Total (corr.)	1804,36	14			

R-cuadrada = 94,8456 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 91,9821 porciento

Error estándar del est. = 3,21461

Error absoluto medio = 2,10997

Estadístico Durbin-Watson = 1,59256 (P=0,2521)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,170907

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de PERDIDA DE PESO en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 94,8456% de la variabilidad en PERDIDA DE PESO. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 91,9821%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 3,21461. El error medio absoluto (MAE) de 2,10997 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de auto correlación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2 CONCLUSIONES

1. Las curvas que presenta mayor similitud a los periodos descritos en bibliografía, corresponden a temperaturas de secado de 50 °C para las tres especias en estudio (cebollín, culantro de monte y ajo de monte), observando un periodo inicial con velocidad de secado descendente. Teniendo 0,001670 kg/h.m² para el cebollín, 0,001670 kg/h.m² para el culantro de monte y 0,000930 kg/h.m² para el ajo de monte.
2. Las curvas de secado del culantro de monte y ajo de monte pueden ser representadas mediante un modelo matemático como el modelo de Page debido a que, el mismo es muy utilizado para este tipo de sólidos (hojas). Mientras que, la curva de secado del cebollín tiene un comportamiento muy diferente a las otras dos especias en estudio debido a que es un sólido menos uniforme en dependencia del tamaño del corte del bulbo.

5.3 RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio de la velocidad de secado con respecto a la comparación a la utilización de modelos expuestos en la literatura técnica, el mismo que, puede ser tema para otro proyecto de investigación. Tomando en consideración la dificultad para llevar a cabo este estudio, es la reproducibilidad de las condiciones de secado, que por lo general se utilizan equipos específicos donde se pueden controlar un número mayor de condiciones que intervienen dentro del secado de cualquier tipo de sólidos.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alezandro, M. R. (2011). Commercial spices and industrial ingredients: evaluation of antioxidant capacity and flavonoids content for functional foods development. *scielo*, 2-3.
- Almeida, R. (2011). "USOS Y PROPIEDADES DE LAS ESPECIES Y CONDIMENTOS".
- Álvarez, A. (2007). INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SECADO Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN ESTANTE DE LAS HOJAS DE *Erythroxyllum minutifolium* GRISEB SOBRE LA ACTIVIDAD CITOTÓXICA Y ANTIHERPÉTICA TIPO 1. *Revista Cubana de Química*, 2-3.
- Arizio, O. P., & Cirioni, A. O. (2014). Intercambio mundial y regional de especias en términos de valor, 1992-2011. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 2.
- Barrera, L. S. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 4.
- BOTANICAL. (10 de Octubre de 2009). *Propiedades del Coriandro, cilantro*. Obtenido de <http://www.botanicalonline.com/medicinalscoriandersativumcastella.htm>
- Cárdenas, A. (2012). *Escuela politécnica nacional*.
- Castañeda, A., & G. A. (2011). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 2.
- CERRUFFO, L. I. (2011). *ADAPTACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE PIMIENTO (Capsicum annum L.) EN LA ZONA DE CATARAMA, CANTÓN URDANETA PROVINCIA DE LOS RÍOS*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.
- CIC, C. d. (06 de Noviembre de 2018). *Google*. Obtenido de Google: <http://www.intracen.org/itc/sectores/especias/>
- CODEX ALIMENTARIUS. (29 de Septiembre de 2018). *CODEX ALIMENTARIUS*. Obtenido de CODEX ALIMENTARIUS: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/CXP_042s_2014%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/CXP_042s_2014%20(2).pdf)
- Costa, S. R. (2009). Parámetros de Transferencia de Materia en el Secado de Frutas. *Universidad Federal de Río Grande del Norte*, 2.
- Cruz, S. et al. (2006). [file:///C:/Users/Admin/Downloads/artículo_redalyc_85610403\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/artículo_redalyc_85610403(1).pdf) Introducción.
- da Rocha, R. (2012). Cinética del secado de tomillo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2.

- Espierriz, J. (2011). *OBTENCIÓN DE CURVAS DE SECADO DE HIERBA LIMÓN (Cymbopogon citratus) Trabajo*.
- Espinoza, M. (2015). *DESHIDRATACIÓN DE LA PUNAMUÑA (Satureja boliviana) EN SECADOR DE BANDEJAS*. ANDAHUAYLAS – PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS.
- García, D. (2013). CEBOLLIN *Allium schoenoprasum* L. Liliaceae) Hierba Culinaria. . *Tecno Agro*, 1.
- García, J. (2007). *Espicias*. Barcelona: Intermon Oxfam.
- Gilberto Mercado, L. d. (2013). Polyphenolic compounds and antioxidant capacity of typically consumed species in Mexico. *SciELO*, 2.
- Giri, S., & Prasad, S. (2007). *Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms*. Vol.78: Journal of Food Engineering.
- INEN. (06 de Noviembre de 2018). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION*. Obtenido de INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION : <http://181.112.149.204/buzon/normas/2532.pdf>
- INFOAGRO. (06 de Octubre de 2018). *Departamento de Ingeniería Agronómica y Contenidos*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/aromaticas/cilantro.htm>
- Internacional, B. (2013). *Catálogo de ajíes (Capsicum spp.) peruanos promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Perú*. Santiago de Cali, Colombia.
- Jaramillo, B., Duarte, E., & Martelo, I. (2011). Composición química volátil del aceite esencial de ajo de monte. *Revista Cubana de Plantas Medicinales Eryngium foetidum L. colombiano y determinación de su actividad antioxidante*, 2-3.
- Puente, L., Echegaray, E., Castro, E., & Scala, K. D. (2013). APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS TO INFRARED ASSISTED DRYING PROCESS OF LEMON WASTE (CITRUS LIMON (L.) BURM. F. CV. GENOVA). *REVISTA DYNA*, 5.
- Larrasoña, I. (2010). *Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de Cymbopogon Citratus D.C.* STAFFfile:///C:/Users/Admin/Desktop/TESIS/citas tesis/eficiencia.pdf. Universidad Pública de Navarra. Retrieved from <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2263/577279.pdf?sequence=1>
- Martínez López, E., & Lira Cortés, L. (2015). Evaluation of Influence Factors in Luikov Model During Drying of Red Brick. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 35.44.
- Mazza, G. y. (2000). Hierbas, productos botánicos y tés. *JOHN W. DOULL BOOKSELLER DoullBooks.com*.
- Mercado, G., Carrillo, R., de la Rosa, L., Wall, A., Díaz, J., & Álvarez, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 36–46. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>

- Moscoso, D. Y. (2010). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CONDIMENTOS PROVENIENTES DE VEGETALES. 77.
- Ocampo, A. (2006). Modelo cinético del secado de la pulpa de mango. *Revista EIA*, 1-2.
- Ocampo, R. A. (2002). Situación actual del comercio de plantas medicinales en America Latina. *redalyc*, 2.
- Payán, M. (2006). *Good Agricultural Practices*. Costa Rica: Trinidad-Tobago Office.
- Pinzón, A. (2012). Characterization of the mechanical properties of chives (*Allium schoenoprasum* L.). *Scielo*, 1.
- Rocha, R., Evandro, M., Corbín, J., Berbert, P., Donzeles, S., & Tabar, J. (2012). Cinética del secado de tomillo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(6), 675–683. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000600013>
- Rodríguez, C., Torres, S., & Jiménez, W. (2012). Metodología para la enseñanza del concepto de difusión simple y ley de Fick, 6. Retrieved from <http://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2008Vol3No1-016.pdf>
- Sánchez, E. (2015). Garlic study mountain (*Aliácea Mansoa*) and their properties: their gastronomic and medicinal use in the municipality of Santo Domingo Chiguilpe Tsachilas. *Tecnología e Innovación*, 3-4.
- Tojo, J. O. y G. (1986). *1_PROBLEMAS_DE_ING_QMC_DE_OCON_TOJO_TOMO_II.pdf*. (1986 Aguilar, Ed.) (Primer Edi). Madrid: 1970. Retrieved from file:///E:/1_PROBLEMAS_DE_ING_QMC_DE_OCON_TOJO_TOMO_II.pdf
- Torres, C., Guzmán, L., & Carrasco, R. y. (2008). EFECTO ANTITROMBÓTICO, UNA CARACTERÍSTICA POCO CONOCIDA DE LAS FRUTAS Y HORTALIZAS. *Scielo*, 5.
- UNESCO. (Jueves de Noviembre de 2018). *UNESCO*. Obtenido de UNESCO: <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/natural-sciences/ecological-sciences/mab-lac-themes/biodiversidad/>
- Vargas, E., & Garzón, F. (2010). Montaje y puesta en marcha de un secador por lotes semiautomático de bandejas por aire caliente. *SciELO*, 2.
- Vargas, L. (1996). Simulación del secado de cebolla blanca (*Allium cepa*) por flujo de aire caliente y evaluación en la pérdida de su pungencia. *Universidad Nacional Agraria la Molina*, 2.
- Vargas, K. J. V., & Grandez, I. H. (2015). *LA TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO EN LA OBTENCIÓN DE Hfile:///C:/Users/Admin/Desktop/TESIS/ajo de monte y ajo el pepa.pdfARINA DE SACHA CULANTRO Eryngium foetidum L.), PROVENIENTE DE MICHINA, PROVINCIA RODRIGUEZ DE MENDOZA, AMAZONASfile:///C:/Users/Admin/.*

- Vega A, A. A. (2005). Modelado de la Cinética de Secado del Pimiento Rojo (*Capsicum annuum* L. cv Lamuyo). *Scielo*, 6.
- Velasquez, E. B. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Cuenca: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Velásquez, V. (2007). Escuela de Ingeniería en Alimentos, 76. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>
- Villalba, A., & Arzola, N. (2019). Revista Científica Ingeniería y Modelos matemáticos y experimentales sobre el secado de biomasa mathematical and experimental models for drying of biomassfile:///C:/Users/Admin/Desktop/TESIS/newton.pdf, 33(2), 1–12.