UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA PLANTAS AMAZÓNICAS”

AUTOR

Mery Celia Illescas Andi

María Elena Romero Armendariz

DIRECTOR DE TRABAJO

Ing. Juan Elías González Rivera MSc.

Puyo – Ecuador

Enero 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Mery Celia Illescas Andi con C.I 1600688442, María Elena Romero Armendariz con C.I 1600532673, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA PLANTAS AMAZÓNICAS", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Juan Elías González Rivera. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 29 días del mes de enero del 2021



Mery Celia Illescas Andi

C.I: 1600688442



María Elena Romero Armendariz

C.I: 1600532673

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el trabajo de Integración Curricular titulado: **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA PLANTAS AMAZÓNICAS"**

Dr. Amaury Pérez Martínez
Presidente del Tribunal

Msc. Jorge Luis Alba Rojas
Miembro del tribunal

Msc. Víctor Rodrigo Cerda Mejía
Miembro del tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 86-SAU-UEA-2021

Puyo, 24 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: Illescas Andi Mery Celia con C.I. 1600688442 y Romero Armendariz María Elena con C.I. 1600532673, con el Tema: **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SECADO PARA PLANTAS AMAZÓNICAS.",** de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de la investigación Ing. Gonzalez Rivera Juan Elias, MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7%, Informe generado con fecha 24 de febrero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

©2020, Mery Celia Illescas Andi, María Elena Romero Armendariz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este logro primeramente a Dios por ser mi esperanza y refugio, porque él es quien me sostiene cada instante de mi vida, bendiciéndome y protegiéndome en todo momento.

A mi pequeña Aislinn quien es mi inspiración y el motivo más importante para querer lograr y cumplir todos mis sueños y anhelos.

A mi madre por ser el pilar fundamental de mi vida que, con su amor, paciencia y cariño ha sabido guiarme y a la vez darme un buen ejemplo, motivándome siempre a seguir a delante.

A mis hermanos(as) por estar siempre presentes apoyándome durante todo este proceso que, con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

A mi hermano Jerson que me cuida desde el cielo y sé que va a estar muy feliz de verme lograr mis sueños.

Finalmente, a todas esas personas que han estado a lo largo de esta etapa de mi vida brindándome su apoyo incondicional.

Mery

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme la vida, por bendecirme y guiarme en cada paso que he dado durante mi vida personal y profesional.

A mi querida madre María, por ser mi apoyo incondicional día a día, por ayudarme a seguir luchando, por todo el amor y paciencia que me brinda, porque jamás me dejó sola a pesar de todos los momentos difíciles que hemos pasado.

A mi hermano Javier que, con sus consejos, su amor y cariño me ayudó a salir adelante siendo una mejor persona.

A mis sobrinas Lía y Vicky por ser esa pequeña luz y alegría en mi vida.

A mis abuelitos, tíos, primos y toda mi familia querida que siempre estuvo dándome un apoyo moral y acompañándome en el camino a lo largo de mi vida universitaria.

De manera muy especial con respeto y con el amor más sublime, que nace en lo más profundo de mi corazón; a la persona a quien admiro y a quién quiero decir algún día en el cielo que, si pude, ¡que lo logré! A mi PADRE.

María Elena

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en mi vida quiero agradecer a Dios por su infinito amor y bondad, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, porque gracias a sus bendiciones me ha permitido cumplir con una más de mis metas y porque tengo la certeza y seguridad de que siempre va a estar conmigo.

A mi madre por brindarme todo su apoyo y confianza ya que ella ha estado en todo mi proceso de superación personal motivándome y guiándome siempre ha ser mejor persona.

A todos mis hermanos(as) por que siempre han estado conmigo ayudándome, apoyándome y motivándome a salir a delante con sencillez y humildad pese a todos los obstáculos que se presenten en el camino.

Mi eterno agradecimiento a mis hermanas Nancy, Tatiana y Karina que son las personas que más me han apoyado y ayudado al cumplimiento de esta meta, gracias de todo corazón por toda la confianza que pusieron en mí.

A mi mejor amiga y muy querida María Elena quien ha estado conmigo en los buenos y malos momentos dándome consejos y apoyándome, gracias por ser esa amiga incondicional que todos quisieran tener.

A mi tutor Msc. Juan Elías González, por su orientación y dedicación por guiarme para la culminación exitosa de mi profesión.

A la Universidad Estatal Amazónica por abrirme las puertas de tan prestigiosa institución y brindarme la oportunidad de superarme, a todos los docentes que impartieron sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de mi formación profesional.

Finalmente, a mis amigos y compañeros que han estado a lo largo de esta etapa de mi vida brindándome su apoyo incondicional.

Mery

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias primero a Dios por darme la vida, por bendecirme e iluminar cada uno de los pasos que he dado en mi vida personal y profesional, gracias por permitirme cumplir un sueño tan anhelado.

A mi querida madre que, con amor y sacrificio supo brindarme ayuda, moral y material para poder culminar con éxito mi carrera universitaria, gracias infinitas por acompañarme cada día y por creer en mí.

A mi amado padre que desde el cielo me cuida, gracias por ser mi mejor maestro, por enseñarme a jamás rendirme y a tener siempre una sonrisa, gracias por ser mi inspiración para seguir con mis estudios.

A mi hermano, gracias por cada consejo y cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

A todos mis compañeros, por compartir momentos de alegrías y tristezas; como de conocimientos y actividades universitarias, gracias por hacer que este largo camino haya sido lleno de experiencias increíbles.

A mi mejor amiga compañera de trabajo Mery, que desde el día uno me brindó su amistad y a lo largo del camino hicimos un excelente equipo de trabajo, gracias por todo tu apoyo.

A mi tutor Msc. Juan Elías González, por su esfuerzo y dedicación, quién con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, por abrirme las puertas y ayudarme a tener una carrera profesional en la vida, de igual manera a cada uno de los docentes por compartirnos sus conocimientos.

María Elena

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito realizar una revisión bibliográfica para proponer un sistema de secado eficiente para plantas amazónicas con el fin de lograr un secado óptimo y un producto final de calidad. La metodología utilizada en este proyecto fue descriptiva y documental, la misma que nos ayudó a poder seleccionar un tipo de secador adecuado para la deshidratación de las principales plantas.

En base a la información obtenida sobre los sistemas de secado, se seleccionó el secador de lecho fluidizado ya que es el más óptimo para la Amazonía debido a que éste utiliza la electricidad y no tiene dependencia del clima, esta ventaja favorece al secado de las plantas porque en la región Amazónica su clima es muy variado, por otra parte éste secador ofrece excelentes tasas de transferencia de calor y masa, gracias a su alto grado de mezcla igual que una distribución uniforme de temperatura, dando como resultado una reducción de tiempo de proceso.

Palabras clave: Sistema de secado, deshidratación, eficiente, óptimo, dependencia del clima, transferencia de calor, reducción de tiempo.

ABSTRAC

The purpose of this research was to carry out a bibliographic review to propose an efficient drying system for Amazon plants in order to achieve optimal drying and a quality final product. The methodology used in this project was descriptive and documentary, the same one that helped us to select a type of dryer suitable for dehydration of the main plants.

Based on the information obtained about the drying systems, the fluidized bed dryer was selected as it is the most optimal for the Amazon because it uses electricity and has no dependence on the climate, this advantage favors the drying of plants because in the Amazon region its climate is very varied, on the other hand this dryer offers excellent rates of heat and mass transfer , thanks to its high degree of mixing as well as a uniform temperature distribution, resulting in a reduction in process time.

Keywords: Drying system, dehydration, efficient, optimal, climate dependence, heat transfer, time reduction.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN **1**
1.1 Planteamiento del problema ***1***
1.2 Objetivos ***1***
1.2.1 Objetivo general ***1***
1.2.2 Objetivos específicos ***1***
1.3 Justificación **2**
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA **3**
2.1 Generalidades de las plantas amazónicas y del secado ***3***
2.1.1 Plantas amazónicas ***3***
2.1.2 Deshidratación ***3***
2.1.3 Secado en la industria alimenticia ***3***
2.2 Propiedades físicas, químicas, de las plantas amazónicas. ***5***
2.2.1 Generalidades de la Hierba Luisa (Cymbopogon citratus) ***5***
2.2.2 Generalidades de la Guayusa (Ilex guayusa Loes) ***6***
2.2.3 Generalidades de la Flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) ***8***
2.2.4 Generalidades de la Canela (Cinnamomum Zeylanicum) ***9***
2.3 Propiedades termodinámicas fundamentales del secado ***10***
2.4 Parámetros que influyen en los sistemas de secado ***12***
2.4.1 Transferencia de Calor ***13***
2.4.2 Velocidad de Secado ***13***
2.4.3 Actividad de Agua e Isotermas ***14***
2.4.4 Contenido de humedad ***15***
2.4.5 Isoterma de sorción de humedad ***16***
2.4.6 Ratio de un secador ***16***
2.4.7 Curvas de secado de un producto ***16***
2.4.8 Eficiencia del secado ***17***
2.5 Selección del sistema de secado adecuado para plantas amazónicas ***18***
2.5.1 Métodos de secado ***18***
2.5.2 Tipos de secadores ***19***
2.6 Normas para el deshidratado de las plantas vegetales. ***27***
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN **29**
3.1 Tipo o Diseño de Investigación ***29***
3.1.1 Investigación Descriptiva ***29***

3.2 Métodos de la investigación *29*
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS **31**
4.1 Conclusiones *39*
4.2 Recomendaciones *39*
REFERENCIAS **40**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Taxonómica de la Hierba Luisa (Cymbopogon citratus) 5
Tabla 2 Clasificación Taxonómica de la Guayusa (Ilex guayusa Loes) 7
Tabla 3 Clasificación Taxonómica de la Flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) 8
Tabla 4 Clasificación taxonómica de la Canela (Cinnamomum Zeylanicum) 10
Tabla *5* Propiedades de aire húmedo empleadas en la carta psicométrica y los rangos utilizados para el secador de granos.....12
Tabla 6 Requisitos físico-químicos para hierbas aromáticas......27
Tabla 7 Requisitos microbiológicos para hierbas aromáticas......28
Tabla 8 Propiedades físicas y químicas de las plantas amazónicas. 31
Tabla 9 Parámetros del sistema de secado......32
Tabla 10 Parámetros de secado para las plantas. 34
Tabla 11 Sistemas de secado......35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Hierba Luisa.....5

Figura 2.2 Guayusa 7

Figura 2.3 Flor de Jamaica.....8

Figura 2.4 Canela 9

Figura 2.5 Curva de Secado 17

Figura 2.6 Secador de Lecho Fluidizado.....19

Figura 2.7 Secador Rotativo.....20

Figura 2.8 Secador de Rodillo 21

Figura 2.9 Secador de Bandejas.....21

Figura 2.10 Secador de Cintas Transportadoras 22

Figura 2.11 Secador Tipo Carpa.....23

Figura 2.12 Secador Tipo Armario.....24

Figura 2.13 Secador Tipo Túnel.....25

Figura 2.14 Secador al Aire Libre 25

Figura 2.15 Secador de Galpón.....26

Figura 2.16 Secador tipo invernadero con ventilación transversal 27

Figura 3.1 Metodología de la revisión bibliográfica de las plantas amazónicas.....29

Figura 3.2 Métodos le investigación para el sistema de secado.....30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 13
Ecuación 2 13
Ecuación 3 14
Ecuación 4 14
Ecuación 5 15
Ecuación 6 15
Ecuación 7 18
Ecuación 8 18

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El secado en condiciones Amazónicas, no ha permitido obtener productos secos en forma natural (luz solar); esto se debe al desconocimiento de las BPM (Buenas Prácticas de Manufactura), lo que imposibilita su aprovechamiento industrial, debido a las condiciones climáticas que se presentan en la zona por su alto contenido de humedad, temperatura propicia para el desarrollo de microorganismos, lo que ocasiona la putrefacción del producto final.

Por esta razón se prevé desarrollar una investigación bibliográfica del sistema de secado, para el cumplimiento de los requisitos establecidos que garantice la calidad del producto final.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar la revisión bibliográfica del sistema de secado para las plantas amazónicas que garantice la calidad del producto final.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la revisión bibliográfica de las propiedades físicas y químicas de las principales plantas amazónicas.
- Determinar las propiedades termodinámicas y parámetros que influyen en el sistema de secado de plantas amazónicas.
- Definir mediante revisión bibliográfica un sistema de secado adecuado para plantas amazónicas, garantizando el cumplimiento de parámetros de calidad.

1.3 Justificación

El Ecuador es una región con diferentes recursos productivos, por lo tanto, estos recursos deben ser aprovechados al máximo, algunas plantas que han sido expuestas al sol temprano se han secado para preparar infusión o té medicinal, siendo técnicas tradicionales, pero antiguamente no tenían tratamientos adecuados para poder realizar un correcto procesamiento industrial.

La región Amazónica es inmensamente rica en plantas como la Guayusa, Flor de Jamaica, Hierba Luisa, entre otras que son una enorme fuente de nutrientes y antioxidantes, que por su desconocimiento en los sistemas de secado que tiene como objeto eliminar la humedad de las plantas amazónicas, que varía entre un 25 y 50%, con respecto a su peso inicial no sufre cambios apreciables en su forma y dimensión (Muñoz, 2002). Para uso a escala industrial actualmente estudios realizados con sistemas de vapor indican que requiere una humedad del 10 (%H) valor óptimo para su aprovechamiento industrial.

El proceso de deshidratación de las plantas se basa en el movimiento del calor y el aire en un sistema cerrado para aprovechar mejor el proceso diseñado. La deshidratación es un proceso industrial artificial o natural que permite resolver los problemas tecnológicos en los sectores productivos como una alternativa tecnologías de secado, que permitan disminuir el uso de energías convencionales en períodos en que las condiciones climáticas no permiten el óptimo secado del producto en el que se reproducen procesos que ocurren en la naturaleza. (Muñoz, 2002).

La provincia de Pastaza presenta climas y suelos aptos para la producción de estas materias primas, sin embargo, al momento no cuenta con producción de plantas deshidratadas. Su potencial productivo se encuentra en las siguientes materias primas: hierba luisa, guayusa, flor de Jamaica y canela; por esta razón nuestro objeto es el estudio y análisis de información en referencia a un proceso de secado óptimo, eficiente con bajos costos, mejorando los sistemas convencionales de la industria. Donde se prevé determinar los diferentes parámetros para el sistema de secado en función de la temperatura, humedad, actividad de agua, entre otros parámetros y, proponer el mejor modelo de secado de acuerdo a sus propiedades físico químicas.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Generalidades de las plantas amazónicas y del secado

2.1.1 Plantas amazónicas

La Amazonía ecuatoriana es una de las regiones tropicales más grandes del planeta, es uno de los diez "puntos calientes" de la biodiversidad tropical, tiene alrededor de 8 200 especies de plantas vasculares, el 15% de las cuales son únicas (Ruiz L, 1993). Esta diversidad se debe a la alta precipitación no estacional, la proximidad a las estribaciones de los Andes, la complejidad del suelo, la riqueza del río y la historia biogeográfica específica (Vásquez, 1997). Este alto grado de diversidad no se encuentra solo a nivel biológico, porque la Amazonía es también un espacio multicultural y multiétnico compuesto por una vasta población rural y joven.

2.1.2 Deshidratación

La deshidratación o el secado de materiales biológicos, especialmente alimentos, se puede reducir el contenido de humedad como técnica de conservación. El objetivo principal del secado es estabilizar, para extender la vida útil de los alimentos con alto contenido de agua libre y propensos a la degradación química y microbiana. (Mujumdar, 2006).

La deshidratación se refiere al secado artificial por calor generado en condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire (FRAZIER W, 2003).

Según (MUÑOZ, 1996); las hojas tienen una cantidad de agua entre el 60 al 90%, al ser secadas, se disminuyen los fenómenos enzimáticos que deterioran los principios activos y propiedades organolépticas, para los cuales requieren del agua; los cuales cesan prácticamente cuando el contenido es inferior al l0%.

2.1.3 Secado en la industria alimenticia

El secado se basa en operaciones que minimizan el contenido de humedad de cualquier producto, la misma que provoca que la humedad inicial y la humedad final del producto sean diferentes (López, 2012).

2.1.3.1 Importancia

El secado es una operación diseñada para ser utilizada como un sustituto comercial de materiales alimenticios más procesados. En ésta operación como parte fundamental se logra disminuir el costo al momento de transportarlos.

Se puede evitar que los alimentos se echen a perder al reducir el contenido de agua en los

tejidos y las células, preservando así su fuente de nutrientes.

2.1.3.2 Ventajas

Sus principales ventajas son las siguientes:

- Alarga la vida útil de los alimentos.
- Método de preservación de alimentos más antiguos.
- Los alimentos secos formarán una capa externa dura que ayuda a evitar que las bacterias y los microorganismos penetren y destruyan los alimentos.
- Los productos tradicionalmente secos son los cereales, las verduras, las hierbas, la carne, el pescado y las frutas.
- Mantiene las propiedades nutricionales de los alimentos. (Andrade L. , 2009)

2.1.3.3 Secado de plantas amazónicas

La razón para secar las plantas es para retener sus nutrientes y para prevenir el ataque microbiano que pueda afectar a sus características.

Principalmente en las plantas se logran secar las siguientes partes:

- Raíz
- Tallo
- Hojas
- Flores
- Frutos
- Cortezas

Cada una de estas partes es sometida a diferentes temperaturas de secado, según sus características lo requieran. (Andrade L. , 2009)

2.2 Propiedades físicas, químicas, de las plantas amazónicas.

2.2.1 *Generalidades de la Hierba Luisa* (*Cymbopogon citratus*)

La hierba luisa es una gramínea comúnmente conocida como hierba de limón, es perenne y se cultiva en regiones tropicales y subtropicales (Manvitha K, 2014). Esta planta puede alcanzar hasta 2m de altura, crece con muchos tallos cortos que salen de rizomas pequeños. (INKAPLUS, 2001). Las hojas tienen entre 30 y 100 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho; su mayor productividad es en suelos fértiles de textura media ligera (franco a franco arenoso) y con capacidad de retención de agua y su follaje es con bajo contenido en aceite esencial y se desarrolla bien en zonas con temperatura media entre 22 y 28ºC (Naik et al., 2010).



Figura 2.1 Hierba Luisa

2.2.1.1 Clasificación Taxonómica

(SOTO, VEGA, & TAMAJON, 2002), determina la clasificación taxonómica de la hierba luisa en la siguiente tabla:

Tabla 1 Clasificación Taxonómica de la Hierba Luisa *(Cymbopogon citratus*)

Reino	Cormobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliatae (Liliopsida)
Sub Clase	Commolinidae
Orden	Cyperales
Familia	POACEAE (Gramíneas)
Género	Cymbopogon

Especie	Citratus

Fuente: (SOTO, VEGA, & TAMAJON, 2002)
Realizado por: Los autores

2.2.1.2 Composición química

Varios estudios que valoran la composición fitoquímica de *Cymbopogon citratus* han confirmado la presencia de saponinas, taninos, antraquinonas, flavonoides, fenoles y alcaloides, así como terpenos, aldehídos, alcoholes y ésteres. (Akhila, 2009).

Además, contiene electrolitos y minerales, incluidos sodio, potasio, calcio, cobre, magnesio, manganeso, selenio, fósforo, hierro y zinc, vitaminas que incluye folato, niacina, piridoxina, riboflavina y vitaminas A, C y E y macronutrientes, como carbohidratos, proteínas y una pequeña cantidad de grasa. (Ekpenyong C, 2015)

2.2.2 *Generalidades de la Guayusa* (*Ilex guayusa Loes*)

(Radice M. y Vidari, 2007), señalan que la guayusa es una especia arbórea perenne de la Amazonía, pero también existen en algunas áreas subtropicales de los Andes. Se cultiva la especie principalmente en las provincias de Napo, pero está presente también en Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe además en ciertas provincias de la Sierra ecuatoriana como Pichincha y Tungurahua. (Caranqui, 2011)

La planta alcanza hasta los 10 metros de altura y un diámetro a la altura del pecho entre 50 y 80 cm, de corteza blanca y una textura muy lisa, con una coloración de sus hojas con tono verde oscuro elípticas. Su fruto es una protuberancia globosa aproximadamente de 1 cm de ancho de color verde, sus hojas poseen mayor contenido de cafeína en comparación a otras plantas en el mundo, con un porcentaje entre 1.7 y 2.5 % en un peso de materia seca entre 2.9 y 3.3 % (Montaño, 2019).



Figura 2.2 Guayusa

2.2.2.1 Clasificación Taxonómica

(Ortiz, 2018) menciona la siguiente clasificación taxonómica de la Guayusa:

Tabla 2 Clasificación Taxonómica de la Guayusa (*Ilex guayusa Loes*)

Reino	Plantae
División	Magnoliopsida
Clase	Magnoliophyta
Orden	Aquifoliales
Familia	Aquifoliaceae
Género	Ilex
Especie	I.guayusa
Nombre binomial	I.guayusa L

Fuente: (Ortiz, 2018)

Realizado por: Los autores

2.2.2.2 Composición química

De esta planta se ha podido aislar compuestos como polifenoles, flavonoides, saponinas y glucósidos que brindan beneficios como: antiinflamatorias, antimicrobianas, antiparasitarias y antioxidantes. Éstas características hacen del género Ilex una fuente vegetal de compuestos activos con potencial medicinal (Mosquera, 2015).

2.2.3 *Generalidades de la Flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa)*

"La flor de Jamaica se describe como una planta anual con un cáliz carnoso en la fruta, es una planta semi-leñosa, de hasta unos dos metros y su corteza es roja" (Valdez, 2010).

La Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) crece como arbusto, su flor es carnosa, y pueden ser color blanco, amarillas o rosadas; cuando éstas son autofecundadas caen sus pétalos y comienza la maduración del cáliz o fruto (Salinas C, 2012).



Figura 2.3 Flor de Jamaica

2.2.3.1 Clasificación Taxonómica

(Mero, 2020, pág. 8) Clasifica taxonómicamente la flor de Jamaica de la siguiente manera:

Tabla 3 Clasificación Taxonómica de la Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Malváceae
Subfamilia	Malvoideae
Género	Hibiscus
Especie	H. sabdariffa L

Fuente: (Mero, 2020)

Realizado por: Los autores

2.2.3.2 Composición química

Los principales constituyentes del *Hibiscus sabdariffa* que son relevantes desde el punto de vista farmacológico son ácidos orgánicos (ácido cítrico, hidroxicítrico, málico, tartárico, hibísico); antocianinas (delfinidina-3-sambubiósido y cianidina-3- sambubiósido); flavonoides y compuestos fenólicos tipo ácido (ácido protocatecuico, eugenol, ácido gálico, clorogénico, derivados del ácido quínico, quercetina). Además, también se ha demostrado la presencia de alcaloides, ácido ascórbico, β- caroteno, vitamina B_1 y B_2. (Barral Luisa, 2018)

2.2.4 *Generalidades de la Canela* (*Cinnamomum Zeylanicum*)

Planta típica oriental, famosa por su uso como condimento y en la medicina tradicional, el aceite de canela china o casia se extrae de la corteza. (Sánchez, 2006)

Es un árbol de unos 10 m de alto, se presenta bien ramificado, de hojas opuestas, lanceoladas de 10, 20 cm de largo, obtusas o ligeramente agudas, flores sedosas, pequeñas de una coloración blanco amarillentas, las cuales se encuentran agrupadas en panículas, generalmente se presentan más largas que las hojas. Las hojas se presentan de una coloración verde oscura cuando el árbol alcanza su madurez. (Aizaga Zurita Sofía Jacqueline., 2017)



Figura 2.4 Canela

2.2.4.1 Clasificación taxonómica

El nombre científico de la canela es *Cinnamomum zeylanicum* y su clasificación es la siguiente:

Tabla 4 Clasificación taxonómica de la Canela (*Cinnamomum Zeylanicum*)

Sinonimia	Cinnamomum verum J. S. Presl
Nombre común	Canela, cinammon (inglés), canelo, Canela de Ceilán (España)
Familia	Lauraceae
Clase	Magnoliophyta
Género	Cinnamomum
Orden	Laurales
Reino	Plantae
Nombre Científico	Cinnamomum Zeylanicum Nees

Fuente: (Fonnegra R y Jiménez S., 2007)

Realizado por: Los autores

2.2.4.2 Composición química

Al hablar de su composición química nos referimos a los constituyentes que la corteza que la canela posee, cuyas cantidades de sustancias químicas en su mayoría corresponden a aldehído cinámico, eugenol, felandreno, linalool, benzaldehído, cariofileno, ácido benzoico y cinamato de bencilo, apareciendo en menor medida taninos, cumarina, azúcares y resina, encontrando también fécula, mucílago, ácido tánico, materias minerales y flavonoides, como una de estas sustancias es equivalente a proporcional un efecto anti fúngico (Núñez A, 2014).

(Maistre J, 2000), menciona que la composición química puede variar dependiendo el origen y la calidad de la planta.

2.3 Propiedades termodinámicas fundamentales del secado

El aire debido a sus características químicas posee la capacidad de retener una cantidad variable de vapor de agua en relación a la temperatura del aire. La relación es directamente proporcional, menor temperatura, menor la cantidad de vapor y a mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua presente en el aire; a presión atmosférica constante. Diferentes propiedades termodinámicas fundamentales se encuentran relacionadas a las propiedades del aire húmedo (Novoa, 2010).

(Quilca Verónica., 2016), menciona las propiedades más relevantes:

- **Temperatura del bulbo seco**

La temperatura que generalmente se indica como temperatura del aire o del ambiente es la

temperatura de bulbo seco, el sensor empleado para su medición es un termómetro en condición seca.

- **Temperatura del bulbo húmedo**

Es la temperatura de equilibrio que se logra cuando la mezcla que existe entre el aire seco y vapor de agua se enfría hasta conseguir la saturación. Se la determina empleando un termómetro cuyo bulbo se ha recubierto con un tejido empapado de líquido puesta en contacto con una cantidad mayor de aire húmedo.

- **Temperatura del Punto de Roció**

Se produce condensación de la humedad cuando el aire, con una determinada humedad absoluta es enfriado, es por eso que la temperatura del punto de roció puede considerarse como la temperatura de saturación a la misma presión y contenido de agua que tenía al inicio. (Trujillo Hugo., 2017)

- **Volumen específico**

El volumen específico del aire húmedo se detalla como la relación que existe entre el volumen de un sistema y su masa, siendo así el inverso de la densidad.

- **Entalpía específica**

La entalpía de la mezcla de aire seco y vapor de agua es la energía del aire húmedo por unidad de masa de aire seco.

- **Humedad relativa**

Es la relación que existe entre la masa del aire con la humedad absoluta con la misma temperatura.

- **Humedad absoluta**

Es la cantidad de vapor de agua por el volumen determinado del aire (Trujillo Hugo., 2017).

- **Presión de Vapor**

Es la presión que se logra ejercer las moléculas de vapor agua que se presentan en al aire (Trujillo Hugo., 2017).

Tabla *5* Propiedades de aire húmedo empleadas en la carta psicométrica y los rangos utilizados para el secador de granos

PROPIEDAD	SÍMBOLO	RANGO
Entalpía	H	23 a 314 kJ/kg ó 5.5 a 75 kcal/kg aire seco
Humedad Absoluta	W	0.005 a 0.2 kg/kg aire seco
Humedad Relativa	H. R	0 a 100%
Temperatura de bulbo seco	Tbs	10 a 120 °C
Temperatura de bulbo húmedo	Tbh	5 a 110 °C
Temperatura de punto de rocío	Tpr	0 a 60°C
Presión de vapor	Pv	Pascal o kpascal
Volumen específico	Ve	0.75 a 1.25 m3 kg de aire seco

Fuente: (Ospina Julio, 1989)
Realizado por: Los autores

2.4 Parámetros que influyen en los sistemas de secado

El mecanismo que regula el secado de un alimento en particular depende de su estructura y parámetros de secado, como el contenido de humedad, el tamaño del producto, la temperatura de calentamiento promedio, la tasa de transferencia de superficie y el contenido de humedad de equilibrio. (Sharma, 2003).

Los parámetros durante el proceso de secado se logran controlar o modificar por el equipo, por otra parte el diseño, selección dependen del rendimiento final del producto (Mujumdar, 2006).

(Banchero Luján, 2008), menciona lo siguiente:
El proceso de secado considera que los contextos ambientes que envuelven al producto es la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

Las condiciones primordiales para el secado de plantas son las siguientes:

- Temperatura (30-40° C)
- Humedad relativa (40 y 60%)

- Tiempo de secado: (2 a 3 días en primavera y verano) y (3 a 6 días en otoño e invierno).

2.4.1 Transferencia de Calor

Hay dos procesos básicos y procesos paralelos para secar sólidos:

- Transmisión del calor.
- Transferencia de masa.

Es principalmente por conducción (secadores indirectos donde el material se seca en la pared) y por convección (utilizado en secadores directos, donde el material se seca mediante el aire que fluye a través de la carcasa), aunque el calor sí es real que en todos los secadores se transmite calor por radiación, éste mecanismo no es dominante en todos los casos (INCROPERA F., 1999).

2.4.2 Velocidad de Secado

Se define como un parámetro relacionado con la cantidad de agua extraída en un período de tiempo determinado en una zona seca definida.

Para calcular la velocidad de secado, primero use la siguiente relación para determinar el peso de los sólidos secos:

$$Ws = m(\%s.s.) \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- Ws = Peso de sólidos secos.
- m = Masa inicial de la muestra.
- %s.s.= Porcentaje de sólidos secos en la muestra. (Calle R, 2011)

Inmediatamente se realizan los cálculos para obtener la humedad base seca, mediante la siguiente ecuación, considerando que Ws es constante:

$$Xt = \frac{W - Ws}{Ws} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- Xt = Humedad en base seca de la muestra.
- W = Peso de la muestra.

- Ws = Peso de sólidos secos.

Adicionalmente, para determinar la velocidad de secado, se debe calcular el parámetro de humedad libre, el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$X = Xt - X^{*}$$ Ecuación 3

Donde:

- X = Humedad Libre.
- Xt = Humedad en base seca de la muestra.
- X* = Humedad de equilibrio de la muestra. (Calle R, 2011)

La determinación de X * (la humedad de equilibrio que alcanzará el producto) es función de la humedad relativa del ambiente de trabajo y se obtiene a partir de la isoterma.

Posteriormente se calcula la humedad media y se promedian los valores de humedad libre obtenidos previamente.

Finalmente, la velocidad de secado se consigue relacionando la cantidad de agua que se descarta durante un tiempo determinado en el área de secado determinada. Es decir, se calcula un diferencial de X y del tiempo (t) para calcular la velocidad de secado por medio de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{Ws}{A} x \frac{\Delta x}{\Delta t}$$ Ecuación 4

Donde:

- Ws = Peso de sólidos secos.
- A = Área superficial de la muestra.
- Δx = Diferencial de humedad libre media.
- Δt = Diferencial de intervalos de tiempo. (Calle R, 2011)

2.4.3 Actividad de Agua e Isotermas

Es un parámetro que muestra la presencia de agua en los alimentos para reacciones químicas y

bioquímicas (reacciones enzimáticas y desarrollo microbiano).

La isoterma del producto relaciona gráficamente el contenido de humedad de equilibrio del producto con su actividad de agua a una temperatura constante. Las isotermas son importantes para el análisis y diseño de varios procesos de transformación de alimentos, como el secado, la mezcla y el envasado.

Obtener la isoterma de adsorción de plantas o hierbas es crucial para determinar las condiciones óptimas de secado (Calle R, 2011).

2.4.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad es uno de los factores más importantes que afectan la velocidad de secado.

A continuación, se presentan los diferentes métodos para el contenido de humedad:

- Métodos indirectos: Requiere equipos altamente técnicos, incluye el uso de propiedades específicas de productos con contenido de humedad.
- Métodos directos: Implica medir la calidad y la calidad de secado del producto, que es el resultado de eliminar el agua secando el agua en el producto a diferentes temperaturas.

El contenido de humedad en base húmeda se define por el peso de agua que tiene el producto y por el valor de la unidad de peso del material que aún no ha sido secado.

$$Mwb = \frac{Ww}{Wo} = \frac{Wo-Wd}{Wo}$$ Ecuación 5

En base seca se determina por el peso del agua que se encuentra en el producto, por la unidad de peso del material sin secar.

$$Mdb = \frac{Ww}{Wd} = \frac{Wo-Wd}{Wd}$$ Ecuación 6

Donde:

- Mwb es la humedad en base humedad.
- Mdb es la humedad en base seca.
- Wo es el peso inicial de materia sin secar.
- Ww es la cantidad de agua en el producto húmedo.
- Wd es el peso de materia seca en el producto. (Montero I., 2005).

2.4.5 Isoterma de sorción de humedad

Una isoterma es una curva que expresa la relación de equilibrio a través de una curva, la cual representa el contenido de humedad y la presión de vapor o la humedad relativa en el producto. Puede controlar la formulación, la estabilidad, el contenido de humedad, la temperatura y las características de secado del producto (Ramírez, 2012).

2.4.6 Ratio de un secador

Se estima como el tiempo transcurrido desde que se carga el producto húmedo en la secadora hasta que el producto alcanza el contenido de humedad requerido, generalmente en horas o días, incluido el tiempo durante el cual la radiación solar está disponible.

El cambio en el contenido de humedad del producto con el tiempo determinará la velocidad de secado. La comparación de la relación de secado de diferentes subproductos o modos de funcionamiento se ha estudiado ampliamente, y el valor más bajo de la relación de secado corresponde al mejor proceso en el mismo instante. Para los secadores de gran capacidad, es importante analizar la velocidad de secado en diferentes ubicaciones para controlar la uniformidad lograda (Montero I., 2005).

2.4.7 Curvas de secado de un producto

Este tipo de curva nos muestra el contenido de humedad a lo largo del tiempo durante el proceso de secado. Durante la etapa de secado inicial, el contenido de humedad en el material cambia como se muestra en la curva A-B. Al final del primer ciclo, el secado toma la forma lineal $X = f(t)$, durante la cual la velocidad de secado es constante (reca B-C). El proceso de secado permanece sin cambios durante un período de tiempo hasta que alcanza el punto crítico (punto C), momento en el que la línea recta debe doblarse y formar una línea asintótica con un contenido de humedad de X_eq, que es el valor mínimo de humedad durante el secado. proceso, lo que significa que el punto E nunca es tocada (Nava, 2004).

La recta (B-C) se determina como el periodo de velocidad de secado constante y al siguiente período se define como caída de velocidad del secado.

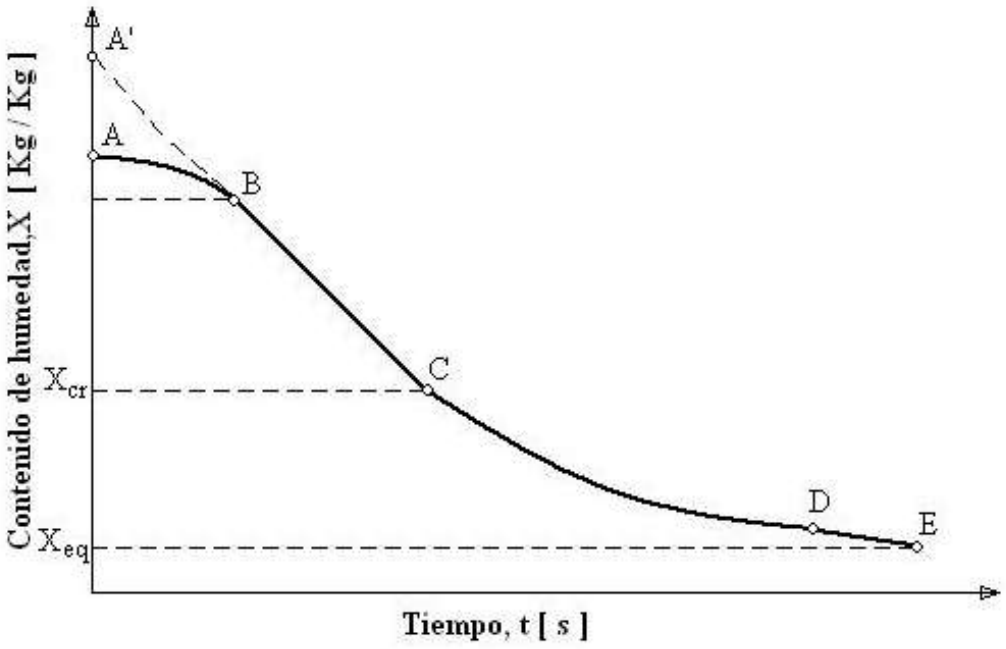

Figura 2.5 Curva de Secado

El proceso de secado consta de tres diferentes partes, las cuales se logran detallar a continuación:

- **Primera Fase** (Velocidad de secado creciente).

Se produce calentamiento inicial del producto y aumenta la velocidad de secado.

- **Segunda Fase** (Velocidad de secado constante).

El secado se logra en la superficie, teniendo así exclusivamente la evaporación de la humedad superficial.

- **Tercera Fase** (Velocidad de secado decreciente).

Empieza cuando se finaliza el período constante. La resistencia interna del material se vuelve primordial, dificultando el paso de la humedad, también depende básicamente de la difusión de la humedad desde el interior del producto a la superficie y de la evaporación (Rojas María., 2014).

2.4.8 Eficiencia del secado

Relación que existe entre la energía aportada durante el proceso de secado y la cantidad de agua evaporada durante el proceso, esta relación se basa en el cambio de humedad del

producto durante el proceso de secado, las condiciones meteorológicas del área donde se realiza la operación y el tipo de secador que se utilice (Rojas María., 2014).

Existen diferentes ratios para evaluar el rendimiento energético del proceso de secado. El elemento más importante es el consumo energético específico (CEU), que se define como la energía aportada por agua evaporada. (Rojas María., 2014)

$$CEU = \frac{energía\ suministrada}{agua\ evaporada}$$ Ecuación 7

La eficiencia de un secador se puede definir de la siguiente manera:

Ecuación 8

$$\varepsilon = \frac{\text{energía utilizada}}{\text{energía utilizada} + \text{energía perdida en el aire a la salida}}$$

2.5 Selección del sistema de secado adecuado para plantas amazónicas

2.5.1 *Métodos de secado*

2.5.1.1 Secado natural

El secado natural de plantas aromáticas también se realiza en galpones a temperatura ambiente, este es el proceso más común a escala manual. Extienda las plantas sobre papel, lienzo o tela metálica para permitir la circulación del aire. Se construyó una secadora compuesta por paletas de madera, la parte inferior de la secadora es de tela metálica y sobre ella se colocan hojas de plantas aromáticas (Reinoso Edgar., 2006).

El producto se secará debido a la acción del viento que circula en el momento, entonces este tipo de secado depende de las condiciones atmosféricas y por tanto se convierte en un tipo de secado difícil de controlar. Al ser un proceso lento, no se puede controlar la duración del proceso ni los efectos de los microorganismos que pueden producirse durante el proceso de secado a largo plazo (Rojas María., 2014).

2.5.1.2 Secado artificial

(Rojas María., 2014), menciona que el secado artificial no permite controlar las temperaturas de secado; a pesar de ser más costosos que un sistema de secado natural, también nos ayuda a la obtención de productos de iguales características de buena calidad.

Se pueden mencionar varios métodos:

- Secado por aire caliente.
- Desecación.
- Liofilización. (Andrade & Rodríguez, 2009)

2.5.2 Tipos de secadores

2.5.2.1 Secador de lecho fluidizado

El secador de lecho fluidizado es el sistema más utilizado en la industria, debido a que el secador de lecho fluidizado tiene ventajas en comparación con los secadores de bandeja o rotativos al vacío. (Srinivas, 2015), imprimiendo en un lecho de partículas a la velocidad suficiente para dispersarlos y generar turbulencias, acelerando así la deshidratación (Sánchez-Ramírez & et al., 2007). El lecho fluidizado tiene un alto grado de mezcla y una distribución uniforme de la temperatura, por lo que tiene excelentes tasas de transferencia de calor y masa. (Torrez Irigoyen, 2016) porque hay una superficie de contacto muy alta entre el gas y el sólido en el lecho. (Srinivas, 2015), dando como efecto una disminución en el tiempo de proceso (Sánchez-Ramírez & et al., 2007) Diversos autores han utilizado este método para secar alimentos tales como champiñones (Çakmak & et al., 2016), cubos de zanahoria (Nazghelichi, 2010), café (Sánchez-Ramírez & et al., 2007), soja (Torrez Irigoyen, 2016), entre otros.



Figura 2.6 Secador de Lecho Fluidizado

2.5.2.2 Secador rotativo

El producto húmedo se logra girar en una cámara cilíndrica, accediendo que el aire caliente pase a través de la cámara cilíndrica mientras se conserva el producto agitado. En el secador rotatorio se establecen tres partes primordiales: la cámara de combustión, la cámara de secado y el ventilador de empuje que se utiliza para originar la circulación del aire caliente (Parra Rosero, Saavedra, & Ipanaqué, 2012).

En algunos casos, la pared de la cámara también se calentará o el tubo calentado se instalará en el cilindro. La cavidad cilíndrica se instala en el rodillo y se mantiene ligeramente inclinada. La superficie interior de la cámara está provista de aletas batidoras, cuando la cámara gira, las aletas batidoras agitarán el producto, haciendo que el producto caiga en el aire caliente que pasa a través del cilindro (Bermúdez & Maíz, 2004).



Figura 2.7 Secador Rotativo

2.5.2.3 Secadores de rodillo

Es un mecanismo que se seca por contacto con una superficie caliente que proporciona calor por conducción. También se llama secador de película. Este tipo de secador se considera indirecto y continuo porque el calor seco se transfiere al sólido húmedo a través del muro de contención. El líquido vaporizado se separa libre del medio de calentamiento y la velocidad de secado depende de la relación entre el material húmedo determinado y la superficie caliente. (Acosta Andrés, 2012).



Figura 2.8 Secador de Rodillo

2.5.2.4 Secador de bandejas

Es un mecanismo completamente cerrado y aislado en el que los sólidos en forma de bloques se colocan en grupos de bandejas, las mismas que pueden tener una profundidad de 10 a 100 mm cuadrados o rectangulares, hecho de cualquier material compatible con las condiciones actuales de temperatura y corrosión. (JIMÉNEZ ALEXANDRA, 2014)

Se pueden utilizar especialmente para operaciones de secado por lotes y pequeñas cantidades de productos, siendo así su uso es principalmente en el secado de alimentos. (Vallejo, 2014)



Figura 2.9 Secador de Bandejas

2.5.2.5 Secadores de cintas transportadoras

Permiten que el producto a secar sea impulsado por una cinta transportadora, se caracterizan por un sistema continuo. La cinta que tienen está hecha de material de malla de metal o plástico. La velocidad de estas cintas puede depender del tiempo de secado. La temperatura de secado se determina según los requisitos del cliente, pero la temperatura estándar es de aproximadamente 150 ° C, el calentamiento de estos secadores logra ser eléctrico o con gas metano. (Vallejo, 2014)



Figura 2.10 Secador de Cintas Transportadoras

2.5.2.6 Secadores solares

Son estructuras que utilizan la radiación solar como fuente de energía. Se trata de energía limpia, renovable y accesible. El aire se puede mover mediante un ventilador, en este caso se lo logra llamar secado forzado, mientras que cuando se empieza a mover de forma natural se lo define como secado natural (Almada, Cáceres, Machaín-Singer, & Pulfer, 2005).

(Cañón Acosta, 2015), menciona dos tipos de secadores solares, directo e indirecto. El primero es cuando el colector y la cámara de secado están juntos, mientras que, en el indirecto, aparte de que el colector y la cámara de secado están separados, el aire se calienta en el colector y la radiación no incide sobre el producto a secar. Es así que se obtienen entre los más principales, los siguientes tipos de secadores solares directos e indirectos:

Tipo “carpa”

Es el modelo más sencillo de secador solar, está compuesto por una estructura de metal o madera en forma de carpa triangular, cubierta con una capa de lámina de plástico resistente a los rayos UV (polietileno de larga duración). Tiene una abertura en su parte longitudinal inferior y

otra en el otro lado en sentido longitudinal. Estos tienen una mosquitera para evitar la entrada de insectos. Aproximadamente a 20 cm del suelo, hay una bandeja de secado extraíble con una malla fina o gasa para colocar los productos a secar (Cañón Acosta, 2015).

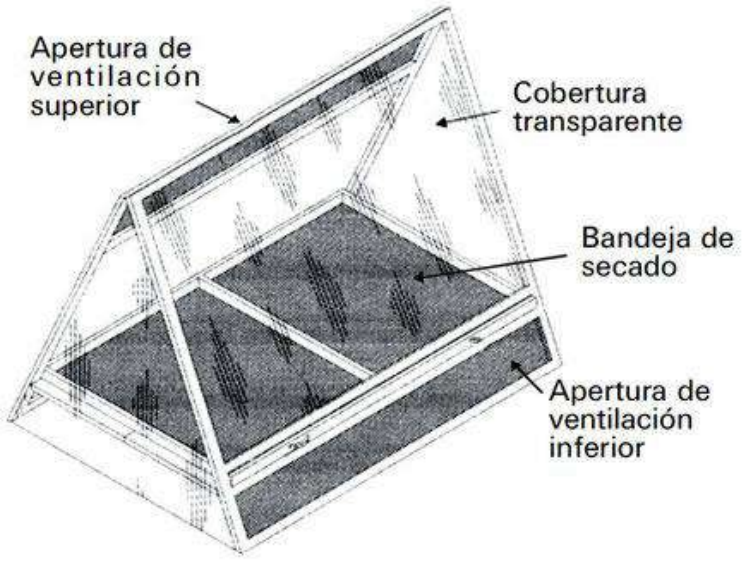

Figura 2.11 Secador Tipo Carpa

Tipo "armario"

Estos secadores suelen funcionar de forma intermitente. Consiste en una cámara metálica rectangular que contiene soportes móviles, que se colocan en el marco. Cada marco está equipado con varias bandejas poco profundas, y cada bandeja poco profunda se instala a una distancia adecuada entre sí y contiene el material a secar.

El secado de este equipo puede ser:

- De flujo horizontal, si el flujo circula paralelo al lecho a secar.
- De flujo transversal, si el aire circula perpendicular al lecho a secar.

El rendimiento térmico de este tipo de secadores suele estar entre el 20% y el 50%, pudiendo ser menor. (Quilca Verónica., 2016)

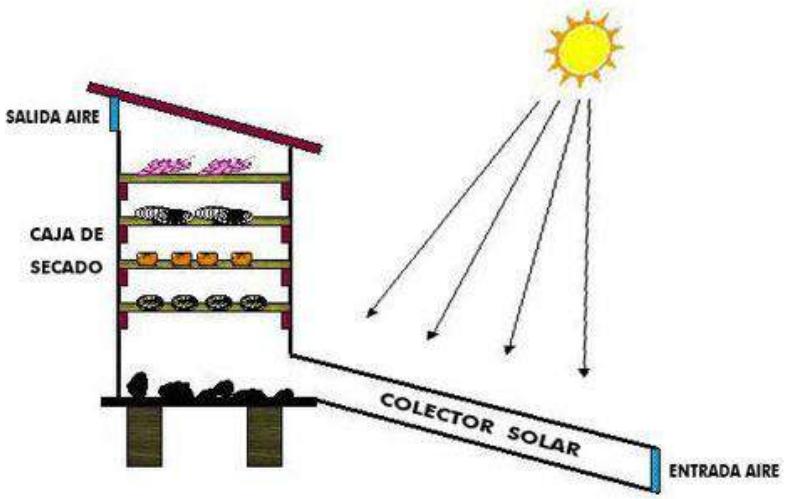

Figura 2.12 Secador Tipo Armario

Tipo "túnel"

Los secadores de túnel suelen ser compartimientos de bandejas que funcionan en serie. Los sólidos se colocan en bandejas, y estos pasan continuamente por el túnel, con gas caliente pasando por la superficie de cada palé. El aire caliente puede ser a contracorriente, paralelo o ambos. (Chinga Jairo, 2015)

Está formado por un túnel por el que pasan palets o carretillas con el material a secar, y al interior del túnel fluye aire caliente (generalmente a contracorriente) para secar los sólidos (Moreta Marco, 2012). Debido a la altura relativamente alta de la bandeja, también es posible secar productos más grandes con mayor humedad, como flores o hierbas (este tipo de secador tiene una capacidad de 15 kg / m2). Asimismo, la entrada y salida están cubiertas con mosquiteros para evitar la entrada de insectos. Con este secador, puede alcanzar una temperatura de 20 a 25 ° C más alta que la temperatura ambiente (Cañón Acosta, 2015).

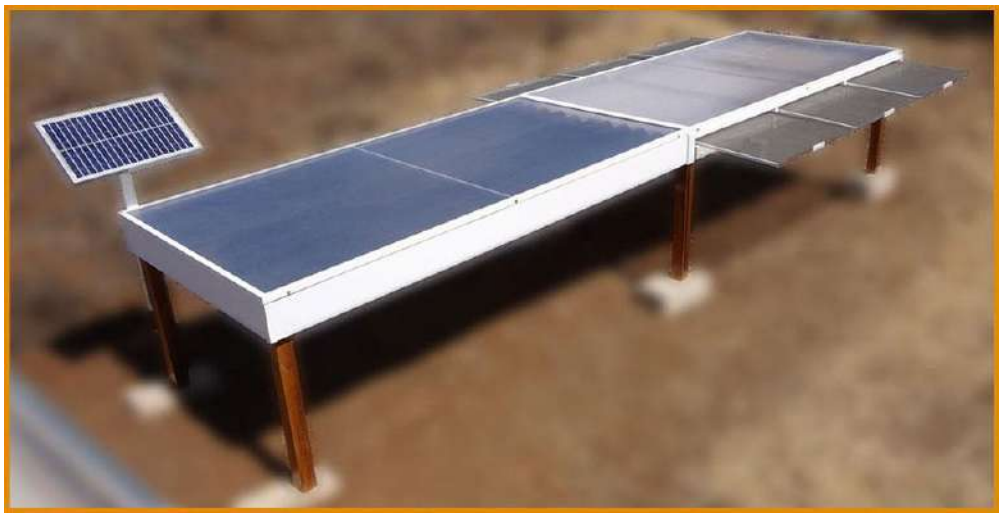

Figura 2.13 Secador Tipo Túnel

Secado al aire libre

El secado a la luz del día es una de las técnicas ampliamente utilizadas, así mismo es un método antiguo para almacenar y conservar alimentos. En el secado natural, debido a la fuerza de secado del viento y la influencia de la energía solar, el aire se mueve por la acción del viento y se realiza la evaporación de la humedad (Fonseca- Fonsec, 2019)



Figura 2.14 Secador al Aire Libre

2.5.2.7 Secado a galpón

Se utiliza en lugares de ventilación cubiertos con techos de zinc o paja, como cobertizos, cobertizos, bloques de arcilla, etc. También se coloca las hierbas en una cuna, lona o red de

sombra alargada y cuélguelas para permitir la circulación del aire. También están atados en un paquete, con cables que cuelgan del techo.

Presentan los siguientes problemas:

- Varias especies no se secan con el sistema.
- Problemas para lograr el control de roedores e insectos.
- El secado tardara varios días si aumenta la HR (humedad relativa), esto hará que la calidad del producto final se vea afectada. (Banchero, Carballo, & Telesca, 2008)



Figura 2.15 Secador de Galpón

2.5.2.8 Secaderos solares combinados

Para eliminar las limitaciones observadas en los secadores solares que operan en los países actuales, se deben incluir fuentes de calor alternativas y pisos de concreto para que puedan secarse de manera efectiva durante todo el año para cumplir con los requisitos de las buenas prácticas (Banchero, Carballo, & Telesca, 2008).

Secador tipo invernadero con ventilación trasversal

Son estructuras fabricadas en madera tratada a dos aguas (mediante sulfato de cobre o autoclave), con piso en cementado y un calentador de leña a estilo. El polietileno es asegurado en los laterales de la estructura, existen ventanas en ambos lados de la puerta para la entrada del aire. En el lado opuesto de la puerta existe una ventana para permitir la salida del aire, es así que se logra una mayor impenetrabilidad del lugar y transporta el pasaje del aire a lo largo del secadero. El producto es colocado en mesadas o en bandejas. (Banchero, Carballo, & Telesca, 2008)



Figura 2.16 Secador tipo invernadero con ventilación transversal

2.6 Normas para el deshidratado de las plantas vegetales.

2.6.1 NORMA NTE INEN

Norma Técnica Ecuatoriana NTE IINEN 2392:2017

Hierbas Aromáticas. Requisitos, esta norma establece requisitos para las hierbas aromáticas secas o deshidratadas de diversas especies, que deben remojarse o cocerse al vapor para preparar bebidas para consumo humano. No se aplica a las hierbas aromáticas que han sido declaradas para uso terapéutico ni a las que figuran como estupefacientes y psicotrópicos (NTE INEN 2392., 2017).

Tabla 6 Requisitos físico-químicos para hierbas aromáticas.

Requisitos	Unidad	Máximo	Método de Ensayo
Humedad	Fracción másica (%) expresada en porcentaje	12	NTE INEN-ISO 1573
Cenizas insolubles en ácido clorhídrico	Fracción másica en base seca (%) expresada en porcentaje	3,5	ISO 1577

Tabla 7 Requisitos microbiológicos para hierbas aromáticas.

Requisitos	Unidad	Caso	n	c	m	M	Método de Ensayo
Escherichia coli	UFC/g	6[a]	5	1	1x10	$1x10^2$	NTE INEN-ISO 16649-2
Salmonella	UFC/25g	10[b]	5	0	Ausencia	-	NTE INEN-ISO 6579
Bacillus cereus	UFC/g	8[c]	5	1	$1x10^3$	$1x10^4$	NTE INEN-ISO 7932
Clostridium perfringens	UFC/g	8[c]	5	1	$1x10^2$	$1x10^3$	NTE INEN-ISO 7937

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación

3.1.1 Investigación Descriptiva

Para la argumentación del siguiente trabajo se realizó la investigación descriptiva donde se seleccionó y recopiló información a través de una búsqueda en documentos científicos, revistas, libros, tesis y monografías con el fin de obtener información que describa todas aquellas características de gran interés para elaborar el trabajo. Toda la información fue hallada a través de internet mediante Google académico como tema principal en la búsqueda será: los sistemas de secado para plantas amazónicas.

3.2 Métodos de la investigación

Se obtuvo toda la información en base a las propiedades físicas, químicas y termodinámicas encontradas en artículos, libros, revistas científicas, tesis, monografías y documentos de las plantas amazónicas según los parámetros establecidos para el sistema de secado. Se estableció la siguiente metodología mediante la figura 16 y 17.

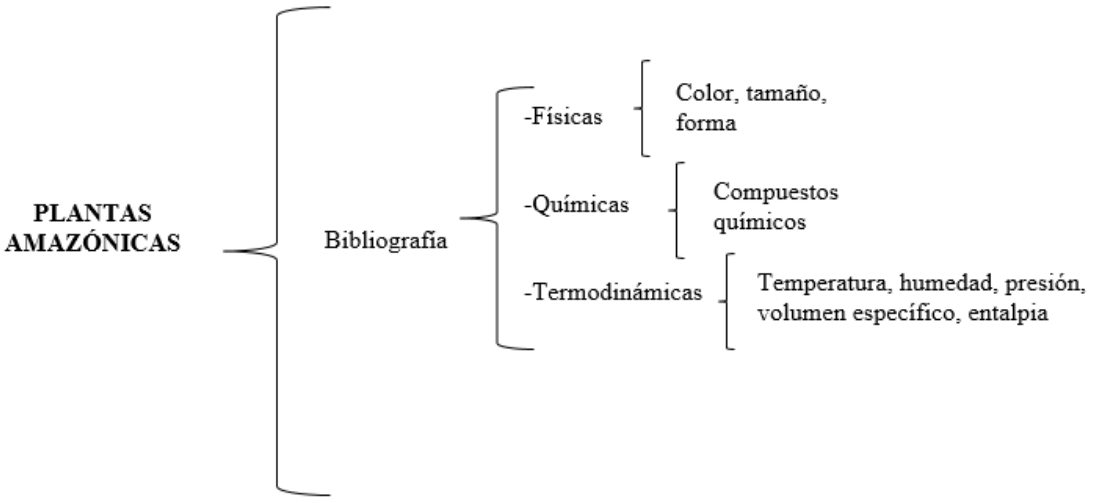

Figura 3.1 Metodología de la revisión bibliográfica de las plantas amazónicas.

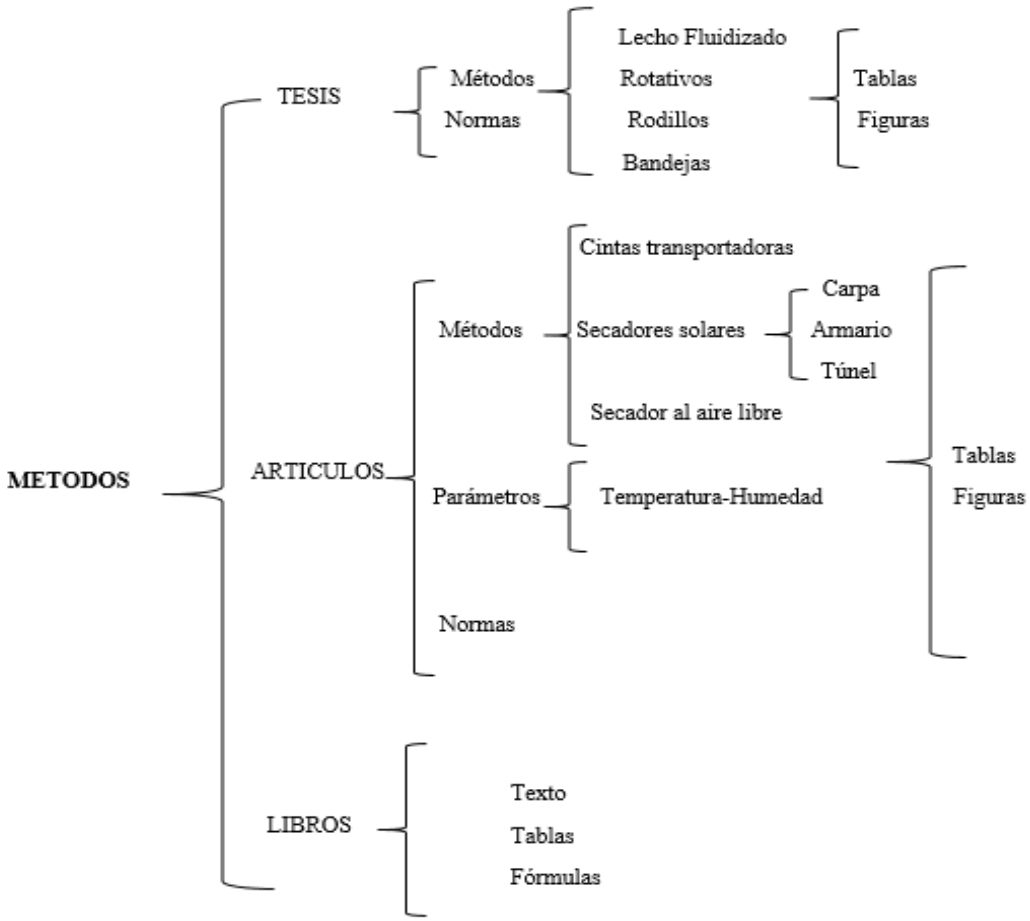

Figura 3.2 Métodos le investigación para el sistema de secado.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la revisión bibliográfica en base a las propiedades físicas y químicas están basados en la comparación de acuerdo a diferentes autores donde se muestra en la tabla 8.

Tabla 8 Propiedades físicas y químicas de las plantas amazónicas.

AUTOR	PLANTA AMAZÓNICA	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS
(Manvitha K, 2014)	Hierba Luisa (***Cymbopogon citratus)***	Esta planta puede alcanzar hasta 2m de altura, crece con muchos tallos cortos que salen de rizomas pequeños, sus hojas tienen entre 30 y 100 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho. Presencia de saponinas, taninos, antraquinonas, flavonoides, fenoles y alcaloides, además de terpenos, aldehídos.
(Akhila, 2009).		
(Montaño, 2019)	Guayusa ***(Ilex guayusa Loes)***	Alcanza hasta los 10 metros de altura y un diámetro a la altura del pecho entre 50 y 80 cm, de corteza blanca y una textura muy lisa y el color de sus hojas verde oscuro. Se ha podido aislar compuestos como poli fenoles, flavonoides, saponinas y glucósidos que brindan beneficios como: antiinflamatorias, antimicrobianas, antiparasitarias y antioxidantes.
(Mosquera, 2015)		
(Salinas C, 2012)	Flor de Jamaica ***(Hibiscus sabdariffa)***	La planta es semi leñosa, de uno o dos metros de altura, con corteza roja, pueden ser color blanco, amarillas o rosadas.
(Barral Luisa, 2018)		Ácidos orgánicos, antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos. Presencia de alcaloides, ácido ascórbico, β- caroteno, vitamina B_1 y B_2.

(Aizaga Zurita Sofía Jacqueline., 2017) (Núñez A, 2014)	Canela ***(Cinnamomum Zeylanicum)***	Es un árbol de unos 10 m de alto, se presenta bien ramificado, de hojas opuestas, lanceoladas de 10, 20 cm de largo. Sustancias químicas corresponden a aldehído cinámico, eugenol, felandreno, linalool, benzaldehído, cariofileno, ácido benzoico y cinamato de bencilo.

De acuerdo a lo investigado y detallado en la tabla 8, podemos observar que las propiedades físicas de las plantas son distintas en su altura, color, espesor, textura, largo, ancho y diámetro, mientras que en las propiedades químicas las plantas tienen la presencia de sustancias químicas similares como flavonoides, saponinas, fenoles, etc.

- Para el cumplimiento del segundo objetivo: Se determinó los parámetros que influyen en el sistema de secado de plantas amazónicas, lo cual se detalló en la tabla 9.

Tabla 9 Parámetros del sistema de secado.

AUTOR	PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
(INCROPERA F., 1999)	**Transferencia de Calor**	El secado cumple las cuatro etapas la misma que se establece los cambios o comportamientos que se dan para que se complete el periodo de secado. La separación de la decreciente de la porción en el periodo (AB) y baja porción en el periodo (BD). La porción baja y más lejos para el primer período (BC), y la segunda porción baja en el período (CD). La determinación de las fases de la evaporación o difusión del agua de la biomasa fresca se logró a través de la regulación del tamaño de las hojas y la temperatura a diferentes tiempos hasta llegar al equilibrio de la humedad del ambiente.

(Calle R, 2011)	**Velocidad del Secado**	Parámetro que relaciona la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en un área de secado.
(Calle R, 2011)	**Actividad del Agua e Isotermas**	La actividad del agua (Aw) es un parámetro donde se indica la disponibilidad de agua en los alimentos, es por eso que existe reacciones química y bioquímicas La isoterma del producto relaciona gráficamente el contenido de humedad de equilibrio del producto con su actividad de agua a una temperatura constante.
(Montero I., 2005).	**Contenido de Humedad**	El contenido de humedad es uno de los factores más importantes que afectan la velocidad de secado. Para medir el contenido de humedad, existen varios métodos: método directo e indirecto.
(Ramírez, 2012)	**Isotermas de sorción de humedad**	La isoterma de sorción es el efecto de la operación de secado que inicia de una muestra húmeda o seca, permite equilibrarse con la humedad del aire circundante disipando o ganando humedad.
(Montero I., 2005).	**Ratio de un secador**	Es el tiempo transcurrido desde que el secador es cargado con el producto húmedo hasta que el producto alcance el contenido de humedad que se desea, frecuentemente dado en horas o días, incluyéndose en este tiempo los periodos en los que se dispone de radiación solar.
(Nava, 2004)	**Curva de Secado**	Este tipo de curva nos muestra el contenido de humedad a lo largo del tiempo durante el proceso de secado. Durante la etapa de secado inicial, el cambio de humedad en el material.

(Rojas María., 2014)	**Eficiencia el Secado**	La eficiencia de secado se basa en el cambio de humedad del producto durante el proceso de secado, las condiciones climáticas en el área de operación, la relación entre la energía proporcionada para la operación de secado y la cantidad de agua que se evapora en el proceso y el tipo de secador usado.
(Calle R, 2011)	**Tiempo de Secado**	El tiempo de secado depende de la velocidad y la temperatura de secado.

De acuerdo a la tabla 9, se pudo definir los parámetros más relevantes para el proceso del sistema de secado en plantas amazónicas, con la finalidad de garantizar la calidad de una materia prima vegetal ya que un exceso de agua puede provocar transformación enzimática y contaminación microbiana.

Tabla 10 Parámetros de secado para las plantas.

Autor	Planta	Parámetro	Valor
(Calle R, 2011)	Hierba Luisa	Tiempo	3 h 23 min
		Área	270.8 m2
		Diámetro	0.8 cm
		Temperatura	40-45°C
		Velocidad	2 a 5 m/s
(Chuquirima G, 2011)	Guayusa	Tiempo	5 h
		Temperatura	60 °C
		Velocidad	0,81 m/s
(Erazo D, 2016)	Flor de Jamaica	Tiempo	5 h
		Temperatura	60 °C
		Velocidad	0.005 kg/m2*h
		Diámetro	21.35 mm
(INFOJARDÍN, 2020)	Canela	Tiempo	24 h
		Temperatura	60 °C

Analizando los parámetros obtenidos en la tabla 10, la temperatura es inversamente proporcional al tiempo de secado, a estas temperaturas se garantiza condiciones óptimas de secado para una menor pérdida de antioxidantes.

- Para el cumplimiento del tercer objetivo: Se definió mediante revisión bibliográfica un sistema de secado adecuado para plantas amazónicas, garantizando el cumplimiento de parámetros de calidad.

Tabla 11 Sistemas de secado.

Autor	Método de Secado	Ventajas	Desventajas
(Jaramillo Angelica, 2012)	**Secador de lecho fluidizado**	-Operación continua, control fácil y seguro del proceso de secado. -Intercambio calorífico y de masa entre el gas y las partículas es rápido, evitando así un sobrecalentamiento.	-Solo se puede utilizar con sólidos susceptibles a la fluidización. -La mezcla rápida de las partículas dentro del lecho hace que el tiempo de permanencia de cada una de ellas no sea uniforme, esto produce bajo rendimiento de proceso.
(Jiménez Juan, 2008)	**Secador Rotativo**	-Aptos para secar forrajes y semillas. -El aire caliente puede circular en paralelo o contracorriente con el material a secar. -Bajos consumos de energía por kg de producto seco.	-No es recomendable para materiales pulverulentos. -Ocupan un área superficial mayor.
(Guevara Américo., 2010)	**Secador de**	-Alta velocidad de desecación -Economía en el uso de calor.	-Solo se aplica en alimentos líquidos o en papilla, capaces de resistir temperaturas

	Rodillo	-Utilizado para alimentos pre cocidos.	altas durante cortos tiempos (20-30s).
(Jaramillo Angelica, 2012)	**Secador de Bandejas**	-Distribución uniforme. -Económicos en adquisición y funcionamiento. -Calidad en el producto final.	-Su operación resulta costosa. -Solo utilizan en pequeñas instalaciones.
(Quilca Verónica., 2016)	**Secador de Cintas Transportadoras**	- Secado homogéneo. - Mayor rendimiento térmico. -Mayor uniformidad en la calidad del producto final.	-Las bandas transportadoras tienen un tiempo de vida útil de un año. -Equipo muy voluminoso y mantenimiento costoso.
(Cañón Acosta, 2015)	**Secador Solar "Tipo Carpa"**	-Modelo sencillo, compacto, liviano, plegable y transportable. -Apto para secar cualquier tipo de alimentos.	-Dependencia del clima. -Dificultad para controlar la higiene en el proceso.
(Maupoey Pedro & Albors Ana., 2016)	**Secador Solar "Tipo Armario"**	-Se puede secar prácticamente cualquier material. -Polivalencia y buena calidad comercial.	-Su operación resulta costosa para su baja capacidad de prultoducción. -Rendimiento térmico menor al 50%.
(Cañón Acosta, 2015)	**Secador Solar "Tipo túnel"**	-Su peso y volumen disminuye sustancialmente, lo cual facilita su manejo, manipulación y transporte	-Debe establecerse muy bien la carga, de lo contrario las temperaturas del aire descienden sensiblemente.

(León Ana, 2014)	**Secado al Aire Libre**	-Se consigue un producto final con bajo contenido de humedad. -Bajo costo de inversión. -Utiliza recursos naturales como el sol. -No se utilizan conservantes que modifiquen la composición química o física de las plantas.	-No se puede controlar ni la temperatura ni la velocidad apropiadas del aire. -Depende del clima. -Manejo de lotes pequeños. -Falta de higiene, incapacidad para controlar insectos y roedores.
(Banchero Luján, 2008) (León Ana, 2014)	**Secador de galpón**	-El proceso es sencillo y factible de elaborar en cualquier espacio. -Uso adecuado del aire y calor lo que le hace eficiente.	-Si aumenta la HR (humedad relativa), el secado tardará varios días, lo que afectará la calidad del producto final. -Es difícil controlar roedores e insectos.
(Banchero Luján, 2008)	**Secado tipo invernadero con ventilación transversal**	- Puede ahorrar energía y se puede utilizar para secar otros productos. -Puede construir el propio productor.	-Gran capital. -Incremento en la independencia del mantenimiento y reparación. -Contaminación.

Como se observa en la tabla 11, existen varios tipos de secadores que no son aptos para la utilización del secado de plantas amazónicas debido a que no cumplen con los parámetros establecidos y son utilizados para materias primas específicas, por esta razón no se puede escoger el secador de lecho fluidizado ya que no existe materia prima uniforme al igual que el secador de tipo invernadero por que puede existir contaminación, el secador de tipo rodillos tampoco se puede utilizar para el secado de plantas porque este secador se

utiliza en materia prima líquida, en el secador de tipo solar no se puede controlar la temperatura ni la velocidad de secado. Debido a las desventajas de los secadores antes mencionados se propone seleccionar el secador de tipo bandejas por que cuenta con una distribución uniforme de materia prima, tiene un sistema ajustable en el proceso, cumple con la normativa, nos proporciona una calidad en el producto final y son económicos en su adquisición y funcionamiento.

4.1 Conclusiones

- Mediante el presente proyecto se determinó que las propiedades físicas de cada una de las plantas son diferentes en su textura, color, tamaño, diámetro, largo y ancho debido a sus generalidades, dentro de las propiedades químicas se observó que las plantas poseen sustancias químicas similares como los flavonoides, saponinas, fenoles, entre otros.
- Durante la investigación bibliográfica se ha determinado los valores óptimos de los parámetros que influyen en el sistema de secado como es la temperatura, velocidad y tiempo de secado, dando como resultado que la temperatura es inversamente proporcional al tiempo y que el rango de temperatura debe estar entre 40 – 60 °C para no perder los componentes químicos de las plantas y tener un secado óptimo.
- Debido a los diferentes estudios que existen sobre los sistemas de secado, se propuso seleccionar el secador de bandejas porque cuenta con una distribución uniforme apta para las plantas amazónicas, también se puede controlar la temperatura y el tiempo de secado, reduciendo el tiempo en el proceso y así garantizar la calidad del producto final.

4.2 Recomendaciones

- Realizar investigaciones que permitan reconocer el conocimiento ancestral de las plantas amazónicas, ya que facilita mucho su estudio y su posterior utilización como materia prima industrial.
- Se recomienda realizar un estudio experimental a mayor escala para determinar los parámetros que deben ser controlados en un sistema de secado para garantizar la inocuidad y calidad del producto final.
- De los resultados e investigaciones realizadas de los métodos de secado, recomendamos realizar estudios posteriores en base a las propiedades termodinámicas para facilitar el funcionamiento de los diferentes sistemas de secado en plantas.

REFERENCIAS

Acosta Andrés, B. J. (2012). CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UN SECADOR DE RODILLOS EN LA DESHIDRATACION DE RESIDUOS DE TOMATE (Lycopersicum esculentum Mill). *(Tesis).* UNIVERSIDAD DEL VALLE, ESCUELA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS, Santiago de Cali . Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60614664/CB-0460922.pdf?1568653346=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCondiciones_de_operacion_de_un_secador_d.pdf&Expires=1611245709&Signature=QHL1UcaztO1a0N-VSGaV74qr1FXBvD9D2YYKDLo6Gj03SFuMYh5hxIZ8k

Aizaga Zurita Sofía Jacqueline. (2017). Efecto antifúngico del Aceite Esencial de Canela (Cinnamomum zeylanicum) al 25%,50%,75% y 100% sobre Candida albicans. *(Tesis de Grado).* UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR,, Quito. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11016/1/T-UCE-0015-688.pdf

Akhila, A. (2009). *Essential Oil-Bearing Grasses.* Boca Raton: CRC Press. doi:https://doi.org/10.1201/9780849378584

Almada, M., Cáceres, M. S., Machaín-Singer, M., & Pulfer, J. C. (2005). En C. A. Rodas (Ed.). Asunción-Paraguay: Fundación Celestina Pérez de Almada.

Andrade, L. (2009). "Diseño de una maquina secadora de hojas aromáticas". 206.

Andrade, L., & Rodríguez, H. (2009). "Diseño de una maquina secadora de hojas aromáticas". 206.

Arias, T., & Flores, A. (2019). Evaluación de la actividad antihelmíntica in vitro de aceites esenciales de tres plantas presentes en la estación biológica Kutukú: Eryngium foetidum L.(culantrillo),Psidium guajavaL. (guayaba), Ocotea quixos (Lam) Kosterm. (Ishpingo). Quito, Ecuador . Obtenido de https://docplayer.es/174603443-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html

Bailón, P. (1994). *El Árbol Al Servicio Del Agricultor: Guía De Especies.* Caribe: Enda - Caribe. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=xCMOAQAAIAAJ&printsec=frontcover&dq=El+%C3%81rbol+Al+Servicio+Del+Agricultor:+Gu%C3%ADa+De+Especies.&

hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjvgPeV6K3tAhVnQt8KHaLvAGEQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=El%20%C3%81rbol%20Al%20Servicio%20Del%

Banchero Luján, C. S. (2008). *MANUAL DE SECADO SOLAR DE ESPECIES MEDICINALE3S Y AROMÁTICAS PARA PREDIOS FAMLIARES.* (a. U. INIA, Ed.) Montevideo - Uruguay. Obtenido de http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429090512093946.pdf?fbclid=IwAR0Ejt09zggePeDisFRuktKMjMWQ6Kkxi8Q1EwnzEZDj2iEhLboxtulAHck

Banchero, L., Carballo, S., & Telesca, J. (2008). Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares. (I. -D. MGAP, Ed.) 23-33.

Barral Luisa, .. (2018). HIBISCUS SABDARIFFA: PROPIEDADES TERAPÉUTICAS. *(Tesis de Grado).* UNIVERSIDAD COMPLUTENSE. Obtenido de http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/MARIA%20LUISA%20BARRAL%20GONZALEZ.pdf

Bermúdez, J., & Maíz, V. (2004). "Diseño y construcción de un secador de alimentos de origen vegetal en el Estado Amazonas". 129.

Çakmak, R. T., & et al. (2016). Efectos de los pretratamientos eléctricos y de sonicación sobre la velocidad de secado y la calidad de los hongos. *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos, 69*, 197-202. doi:10.1016/j.lwt.2016.01.032

Calle R, A. J. (2011). DISEÑO DE UNA PLANTA DE DESHIDRATACIÓN DE HIERBAS AROMÁTICAS. *(Tesis de Grado).* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90278/D-79468.pdf

Cañón Acosta, M. A. (2015). Diseño de un secador solar de residuos orgánicos alimentarios como paso previo del proceso de combustión. *Tesis de Grado.* UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS", Bogotá. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3387

Caranqui, J. y. (2011). Estudio sobre la Taxonomía y Estado de Conservación de la Guayusa (Ilex guayusa Loes.) del Cantón Pastaza. *Artículos forestales.* Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/767/1/Articulo_Guayusa.pdf.

Chinga Jairo, A. S. (2015). INSTRUMENTACIÓN DEL SECADOR DE TÚNEL Y REACTOR QUÍMICO PARA DIFERENTES APLICACIONES EN EL LABORATORIO DEOPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DELA FACULTAD DE CIENCIAS MATAMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ. *(Tesis de Grado).* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS FISICAS Y QUIMICAS, ESCUELA: INGENIERÍA QUÍMICA, Manabí. Obtenido de http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/254/1/TESIS%20DE%20SECADOR%20DE%20TUNEL%20Y%20REACTOR%20QUIMICO.pdf

Chuquirima G. (2011). Estudio de la temperatura, tiempo de deshidratado de la hoja de guayusa "Ilesx Guayusa" mediante dos métodos, para obtener una infusión bebible, en el instituto tecnológico superior "crecermas" provincia de Sucumbios, 2010. *(Tesis).* Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/19075

Ekpenyong C, A. E. (2015). Ethnopharmacology, phytochemistry, and biological activities of Cymbopogon citratus (DC.) Stapf extracts. *Chinese Journal of Natural Medicines, 13*, 321-337. doi:https://doi.org/10.1016/S1875-5364(15)30023-6

Erazo D. (2016). Estudio del efecto de la deshidratación por aire sobre la capacidad antioxidante de la flor de jamaica (Hibiscus Sabdariffa L.). *(Tesis).* Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/16626

Fonnegra R y Jiménez S. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia. *(Tesis).* Universidad de Antioquia, Medellin.

Fonseca- Fonsec, S. A.-T.-B.-T.-C. (2019). Diseño, construcción y evaluación sin carga de un prototipo de secador solar para el secado de Anamú. *Tecnología Química*, 148-159. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000100148&lng=es&nrm=iso

FRAZIER W, C. (2003). *Microbiología de los Alimentos* (4 ed.). Zaragoza-España: Editorial Acriba.

Guevara Américo. (2010). Deshidratación de Alimentos. *(Tesis).* Universidad Nacional

Pedro Ruiz Gallo., Lima -Perú. Obtenido de https://www.academia.edu/7419196/TECNOLOG%C3%8DA_DE_ALIMENTOS

Huaman, Z. (1992). *Botanica Sistematica y Morfologia de la Planta de Batata o Camote.* International Potato Center. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hIkspoOH9NMC&oi=fnd&dq=caracteristicas+del+camote+&ots=IZbx_sgUgB&sig=F281R5dzk8t6B-NcOlfLVxJxopM

INCROPERA F. (1999). *Fundamentos de la Transferecnai de Calor* (IV ed.). México: Pearson Education.

INFOJARDÍN. (2020). Obtenido de https://fichas.infojardin.com/condimentos/cinnamomum-zeylanicum-canela-canelo-canelero.htm#:~:text=%2D%20La%20corteza%20se%20corta%20en,las%20conocidas%20ramas%20de%20canela.

INKAPLUS. (2001). *INKAPLUS.* Obtenido de INKAPLUS: http://www.inkaplus.com/media/web/pdf/Hierbaluisa.pdf

Jaramillo Angelica, N. E. (2012). Diseño y construcción de un secador de grano por fluidización e implementación del control de flujo y temperatura. *(Tesis).* Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4615/1/CD-4244.pdf

JIMÉNEZ ALEXANDRA, R. A. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR TIPO BANDEJAS PARA BIOMASA REQUERIDO POR EL CESTTA-ESPOCH. *(Tesis de Grado).* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, Riobamba. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3412/1/96T00246.pdf

Jiménez Juan, R. G. (2008). Diseño de un planta piloto de procesamiento de semillas de alfalba y trebol. *(Tesis).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/265/1/15T00393.pdf

León Ana, .. (2014). Sistema para la optimización de secado de plantas del jardín botánico nacional. *(Tesis).* Universidad Rafael Landívar., Guatemala. Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/03/06/De%20Leon-Ana.pdf

López, R. (2012). “La simulación y optimización del captador de un secadero solar". 104.

Maistre J, .. (2000). *Las plantas de especias.* (2 ed.). Barcelona: Editorial Blume.

Manvitha K, B. B. (2014). Review on pharmacological activity of Cymbopogon. *International Journal of Herbal Medicine*, 5-7.

Maupoey Pedro, A. A., & Albors Ana. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente.* España: Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true

Mero, N. L. (2020). *Eficiencia de los abonos orgánicos en el cultivo de jamaica (hibiscus sabdariffa).* Tesis , Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias , Guayaquil. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CABEZAS%20MERO%20LUISA%20NICOLE_compressed.pdf

Montaño, J. R. (2019). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de Ilex guayusa Loes. *Bosques Latitud Cero*, *9*(1), 31-45. Obtenido de https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/583/523

Montero I. (2005). Modelado y construcción de un secadero solar hibrido para residuos biomásicos. *(Tesis de Grado)* . Universidad de Extremadura.

Moreta Marco. (2012). DISEÑO DE UN SECADOR TIPO TÚNEL PARA LA DESHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE SANGRE EN EL CAMAL FRIGORÍFICO DE RIOBAMBA. *(Tesis de Grado).* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, Riobamba. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2503/1/96T00183.pdf

Mosquera, J. (2015). Estudio preliminar de diversidad genética de Ilex guayusa en la amazonía ecuatoriana mediante marcadores moleculares ISSR. *(Tesis de Grado).* Universidad San Francisco de Quito.

Mujumdar, A. S. (2006). *Handbook of Industrial Drying* (Vol. 1). USA: Boca Ratón.

MUÑOZ, F. (1996). *Plantas Medicinales y Aromáticas; estudio, cultivo y procesado.* (Vol. 2). Madrid España: Editorial Mundi Prensa S.A,.

Muñoz, F. (2002). *PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS.* México: Mundi-Prensa. Obtenido de

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WmX5TibuSrIC&oi=fnd&pg=PA15&dq=contenido+de+humedad+de+plantas+aromaticas&ots=-7YdcYdiD6&sig=wrAA8IREjcjv7s4oaQG74YYWWT0#v=onepage&q=contenido%20de%20humedad%20de%20plantas%20aromaticas&f=false

Myers, N. (1988). Threatened biotas "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist*, 1-20.

Naik et al. (2010). Antibacterial activity of lemongrass (Cymbopogon citratus) oil against some selected pathogenic bacteria. Asian Pac J Trop Med. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1995764510601290

Nava, J. R. (2004). Estudio experimental del efecto de la porosidad de partículas sobre el proceso de secado en un lecho fluidizado a vacío empleando aire. *(Tesis).* Universidad de la Americas Puebla, México. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/davila_n_jr/

Nazghelichi, T. K. (2010). Thermodynamic Analysis of Fluidized Bed Drying of Carrot Cubes. *Energy, 35*(12), 4679-4684. doi:10.1016/j.energy.2010.09.036

Novoa, W. (2010). DISEÑO DE DOS SISTEMAS DE SECADO DE MAÍZ PARA EL SECTOR AGRICOLA DE CANTÓN VENTANAS PROVINCIA DE LOS RÍOS, PROYECTO SENACYT- EPN-PETROCOMERCIL. *Tesis de Grado.* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2080/1/CD-2883.pdf

NTE INEN 2392. (11 de Abril de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2392-2.pdf

Núñez A, M. N. (2014). Multimedia educativa sobre plantas medicinales y medicamentos. *MEDISAN, 18*(4).

Ortiz, D. (2018). ESTRATEGIAS DE NEUROMARKETING PARA LA CREACIÓN Y DIFUSIÓN DE UNA MARCA DE PRODUCTOS DESARROLLADOS EN BASE DE GUAYUSA, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. *(Tesis dde Grado).* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba.

Ospina Julio, H. J. (1989). Propiedades del aire utilizado para el secado de productos agrícolas. *SENA* , 22.

Parra Rosero, P., Saavedra, R., & Ipanaqué, W. (2012). Modelación y Simulación en

ambiente Ecosimpro de una Cámara de Secado para Cacao. *Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología*(8), 55. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/5055/505554812007.pdf

Quilca Verónica. (2016). SECADOR DE BANDEJAS PARA HIERBAS AROMÁTICAS DEDICADO A LA MICROINDUSTRIA. *(Tesis de Grado).* UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE, FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS, Ibarra. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5516/1/04%20MEC%20126%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Radice M. y Vidari, G. (2007). Caracterización fitoquímica de la especie Ilex guayusa Loes. y elaboración de un prototipo de fitofármaco de interés comercial. *La granja. Revista de Ciencias de la Vida, 6*, 3-11. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047390002.pdf

Ramírez, M. (2012). Determinación de isotermas de sorción en harina de maíz a tres temperaturas y su ajuste a modelos matemático. 99.

Reinoso Edgar. (2006). Diseño y construcción de un secador experimental de hierbas aromáticas copn el empleo de energía solar, capacidad de 5kg. *(Tesis de Grado).* ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Quito. Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/875/1/T-ESPE-014384.pdf?fbclid=IwAR3O0Veg4aBBOi0UA-qLB57cs0k0ZlA7NCnh3lUTlwaTP6kPmVeVUKi_I3o

Rojas María. (2014). Determinación de un modelo de ratio de secado en manzana y manzanilla para lograr la eficiencia de secado del producto en la provincia de Chimborazo. *(Tesis de Grado).* UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/653/1/UNACH-EC-IET-2014-0006.pdf?fbclid=IwAR0KA_Ff-ESY9rfiHAUtqkVwFO0-4exscj8ttqXhxlJMYMgQqKbvFHIL__A

Ruiz L. (1993). *La Diversidad Biológica y Cultural en la Amazonía Ecuatoriana.* (P. &. Mena, Ed.) Quito: EcoCiencia.

Ruiz, L. (2000). *Amazonía Ecuatoriana.* Quito-Ecuador: EcoCiencia.

Salinas C, B. A. (2012). Evaluación del rendimiento del cultivo Rosa de Jamaica (Hibiscus sabdariffas L.) en tres. *(Tesis de Grado).* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua. Obtenido de http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5993

Sánchez, M. (2006). Manual Práctico De Aceites Esenciales, Aromas Y Perfumes.

Sánchez-Ramírez, J. A.-S., & et al. (2007). Estudio de la Hidrodinámica del Café Tostado (Coffea arabica L.) en Lecho Fluidizado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 6*(2), 185-192. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/620/62060207.pdf

Sharma, S. K. (2003). *Ingenieria de alimentos: operaciones unitarias y practica de laboratorio* (Vol. 1). México: Limusa S.A.

SOTO, R., VEGA, G., & TAMAJON, A. (2002). Instructivo Técnico Del Cultivo De (cimbopogon citratus). *Revista Cubana., 7*((2)), 91-96.

Srinivas, G. T. (2015). Simulation and validation of a model for a batch wall heated fluidized bed dryer. *Powder Technol*, 270, 368-377. doi:10.1016/j.powtec.2014.10.011

Torrez Irigoyen, R. y. (2016). Secado-tostado de soja remojada en lecho fluidizado. Modelado, validación y simulación de variantes operativas para reducir el consumo energético. *Journal of Food Engineering, 171*, 78-86. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.10.011

Trujillo Hugo. (2017). Secado de Quinuea Chenopodium quinoa (INIAP TUNKAHUAN) mediante lecho fluidizado. *(Tesis de Grado).* Universidad Técnica del Norte., Ibarra. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6767/1/03%20EIA%20431%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf

Valdez, J. (2010). Evaluación de tres programas orgánicos en el cultivo de rosa Jamaica Hibiscus sabdariffa L. (Malvales; Malvaceae) en Pachalum Quiche.

Vallejo, M. F. (2014). Determinación de un modelo de ratio de secadoen manzana y manzanillapara lograr la eficiencia de secado del producto en la provincia de Chimborazo. *Tesis de Grado.* UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Riobamba-Ecuador.

Vásquez, A. &. (1997). Estrategia para la conservación de la biodiversidad biológica en el

sector forestal del Ecuador. *Proyecto FAO-PAFE y EcoCiencia*.