UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

RENDIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDA POR EL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA DE LAS HOJAS DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* DE PLANTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

TESISTA:

FELIPE HUARCAYA LEYVA

PUCALLPA - PERÚ

2020

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°418/2021-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 5:20 p.m. del día jueves 01 de julio del 2021, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con MEMO MULT. 077-2021-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

DR. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS	Presidente
DRA. ZENAIDA EMILIA ESTRADA TUESTA	Miembro
DR. DAVID LEON MORENO	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"RENDIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDA POR EL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA DE LAS HOJAS DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* DE PLANTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI",,** presentado por el bachiller **FELIPE HUARCAYA LEYVA**, asesorado por el Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 07:25 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Presidente

Dra. Zenaida Emilia Estrada Tuesta
Miembro

Dr. David León Moreno
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Tesis aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal, el mismo que estuvo conformado por las siguientes personas:

Dr. Manuel Ivan Salvador Cardenas

Presidente

Dra. Zenaida Emilia Estrada Tuesta

Miembro

Dr. David León Moreno

Miembro

Dr. Carlos Panduro Carbajal

Asesor

Bach. Forestal Felipe Huarcaya Leyva

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0109-2021

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el **Informe Final (Tesis) Titulado:**

"RENDIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDA POR EL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA DE LAS HOJAS DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* DE PLANTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Cuyo autor (es) : HUARCAYA LEYVA, FELIPE

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional : INGENIERIA. FORESTAL.
Asesor(a) : Dr. PANDURO CARBAJAL, CARLOS

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10 %.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.
En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 15/03/2021

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Huarcaya Leyva, Felipe
Autor de la TESIS titulada:
"RENDIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDA POR EL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA DE LAS HOJAS DE ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** DE PLANTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"
Sustentada en año: 2021
Con la asesoría de: Dr. Carlos Panduro Carbajal
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.
Escuela profesional de: Ingeniería Forestal.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:
Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.
Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización. Garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.
Tercero: Autorizo la publicación,

☐ **Total** (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)
☒ **Parcial** (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 16/07/2021

Email: hlf25111990@gmail.com Firma:

Teléfono: 948904148 DNI: 44910833

DEDICATORIA

A Dios por brindarme siempre su infinito amor, la fortaleza que siempre me da para superar cualquier dificultad y me bendice con las personas que me rodean.

A mi Madre Ediht Leyva y a mi Tío Carlos Leyva, por su apoyo incondicional en todo momento para poder concluir este proyecto y poder cumplir mi sueño de ser un profesional.

A mis abuelos, tíos y primos por ser parte de mi vida y brindarme su apoyo.

A mis docentes del nivel inicial, primaria y secundaria, por creer en mí y guiarme desde joven siempre con la convicción de seguir superándome.

A mis amigos por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

AGRADECIMIENTO

Agradecerle a Dios por darnos la paciencia y el discernimiento necesario, para culminar este proyecto, por darnos la fortaleza que no nos dejó desfallecer en los momentos más difíciles.

A mis familiares por su apoyo incondicional y creer en mí, por darme siempre su aliento de voz para seguir adelante y agradecerles por el sacrificio que hicieron para que esto se haga realidad.

A mi asesor el Ing. Químico Dr. Carlos Panduro Carbajal catedrático de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) por haberme asesorado en el proceso experimental, en el desarrollo del trabajo de investigación y en la redacción y revisión de la tesis.

A mi coasesor el Ing. Forestal Pablo Petter Vela Mogrovejo

Al personal del laboratorio, especialmente a la facultad de Ingeniería Forestal y Ciencias Ambientales, por su colaboración permanente, por su disposición y su trato amable en los momentos de trabajo.

A todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION 1

CAPITULO I 2

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2

1.2. JUSTIFICACION 3

1.3. OBJETIVOS 4

1.3.1. Objetivo general 4

1.3.2. Objetivos específicos 4

CAPITULO II 6

2. MARCO TEORICO 6

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 6

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 8

2.2.1. Característica de la especie en estudio 8

2.2.2. Aceites esenciales 9

A. Procesos de obtención de aceites esenciales 10

A.1. Destilación 11

a) Hidrodestilación 11

b) Destilación en arrastre por vapor 12

c) Expresión en frío 12

2.2.3. Características físicas de los aceites esenciales 13

A). Contenido de humedad del material 13

B). Densidad 13

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 14

CAPITULO III 16

3. METODOLOGIA 16

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 16

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 16

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 16

3.3.1. Recolección de la muestra 16

3.3.2. Destilación del aceite esencial a vapor de agua 17
3.3.3. Separación del aceite 17

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 18
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos 18

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 18
3.5.1. Determinación del contenido de humedad 18
3.5.2. Rendimiento (NTP 319.079) 19
3.5.3. Determinación de las propiedades físicas del aceite esencial 19
a). Determinación de la densidad relativa 19
b). Solubilidad 20

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS 20

CAPITULO IV 22
4. RESULTADOS Y DISCUSION 22
4.1. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 22

4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DEL ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 25

4.3. DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 26

CAPITULO V 30
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30
5.1. CONCLUSIONES 30
5.2. RECOMENDACIONES 31
BIBLIOGRAFIA 32

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Fuente de variación y grado de libertad para el rendimiento y propiedades físicas 21

Tabla 2. Parámetros estadísticos del rendimiento del aceite esencial según los tratamientos 22

Tabla 3. Prueba de 2 medias de muestras independientes en el rendimiento del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tiempo de destilación y hojas 23

Tabla 4. Parámetros estadísticos del contenido de humedad de las hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 25

Tabla 5. Prueba de 2 medias de muestras independientes en el contenido de humedad de las hojas de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 26

Tabla 6. Parámetros estadísticos de la densidad del aceite esencial del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 26

Tabla 7. Prueba de 2 medias de muestras independientes en la densidad el aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tiempo de destilación y hojas 27

Tabla 8. Algunas propiedades del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Promedio de rendimiento (%) del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tratamientos establecidos 22

Figura 2. Interacción del promedio de rendimiento (%) del aceite esencial en hojas juveniles y adultas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 23

Figura 3. Interacción del promedio de rendimiento (%) del aceite esencial según tiempo de destilación del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 24

Figura 4. Promedio de contenido de humedad (%) en hojas (juvenil y adulta) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) 25

Figura 5. Promedio de la densidad (g/cm^3) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tratamientos establecidos 26

Figura 6. Interacción del promedio de la densidad (g/cm^3) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según las hojas juveniles y hojas adultas 28

RESUMEN

El objetivo general de este presente trabajo de investigación fue: Cuantificar el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** por el método arrastre con vapor de agua, proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali; y los objetivos específicos: Determinar si el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***; determinar si el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en el contenido de humedad de las hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***; comprobar si el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en algunas propiedades físicas del aceite esencial obtenido y determinar la solubilidad en alcohol, solubilidad en agua, color, olor y densidad. El método empleado fue experimental y descriptivo; realizándose de acuerdo con las normas de seguridad: American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma Técnica Peruana y según el manual de laboratorio de transformación química de la madera. El mayor rendimiento de aceite esencial fue obtenido en el tiempo de destilación de 180 minutos en hojas juveniles (180J) con un promedio de 3,38%; donde el tipo de hojas (juveniles y adultas) y el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) presentan diferencia altamente significativa por lo tanto influyen en la determinación del rendimiento del aceite esencial.

Palabras clave: Rendimiento, solubilidad, densidad, destilación, color, olor.

ABSTRACT

The general objective of this present research work was: To quantify the yield of essential oil in leaves of ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** by the steam drag method, from an experimental plantation at the National University of Ucayali; and the specific objectives: To determine if the distillation time (120 minutes and 180 minutes) and the type of leaves (juvenile and adult) influence the performance of the essential oil in leaves of ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***; determine if the type of leaves (juvenile and adult) influence the moisture content of the ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** leaves; Check if the distillation time (120 minutes and 180 minutes) and the type of leaves (juvenile and adult) influence some physical properties of the essential oil obtained and determine the solubility in alcohol, solubility in water, color, odor and density. The method used was experimental and descriptive; carried out in accordance with the safety standards: American Society for Testing and Materials (ASTM), Peruvian Technical Standard and according to the laboratory manual for the chemical transformation of wood. The highest yield of essential oil was obtained in the distillation time of 180 minutes in juvenile leaves (180J) with an average of 3.38%; where the type of leaves (juvenile and adult) and the distillation time (120 minutes and 180 minutes) present a highly significant difference, therefore they influence the determination of the essential oil yield.

Keywords: Yield, solubility, density, distillation, color, odor.

INTRODUCCIÓN

Existen innumerables especies vegetales con propiedades aromáticas que se distribuyen desde las regiones templadas hasta los trópicos. Algunas familias botánicas son tradicionalmente fuentes de productos aromáticos, como las Pináceas, Verbenáceas, Mirtáceas, Lamiáceas, Rutáceas, Lauráceas, Piperáceas, Apiáceas y Asteráceas. Es muy arriesgado fijar un valor, pero según distintos autores, el número aproximado de especies con esencia es de unas 3,000 de las cuales se comercializan entre 250 y 300. Sin embargo, el universo de las plantas aromáticas es muchísimo mayor, si se considera su origen biológico y su significación comercial (Bandoni, 2002)

(Díaz Arcos & Martinez Chuquillanqui, 2013) afirman que el uso de los aceites esenciales hoy en día es de gran importancia debido a que suelen ser utilizados en diferentes industrias tales como: la industria farmacéutica, cosmética, alimenticia, etc. Esto hace que los aceites esenciales puedan ser parte importante en el desarrollo de la industria peruana, ya que como sabemos, nuestro país posee una amplia riqueza en lo que a flora se refiere. El eucalipto es una de las varias plantas que poseen aceites esenciales y puede ser usado como componente activo, principalmente en la industria farmacéutica, ya que posee grandes propiedades medicinales y es usado ampliamente en muchos de estos productos, tanto en la industria cosmética e incluso en la industria alimenticia.

Las plantas aromáticas han sido utilizadas, durante siglos, en culinaria, en perfumería y como medicamentos (Edris, 2007). Los aceites esenciales están constituidos químicamente por terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos,

diterpenos, etc.) Y fenilpropanoides, compuestos que son volátiles y por lo tanto arrastrables por vapor de agua. Las plantas aromáticas son usadas: Directamente en culinaria, en su forma de plantas secas, especias y condimentos, en los productos de higiene y tocador, como componentes de formulaciones, o como materia prima para el aislamiento de compuestos aromáticos de interés, la industria de alimentos, como agentes saborizantes, preservantes y antioxidantes, en medicina humana y veterinaria, como componentes de formulaciones farmacéuticas, en agricultura, como pesticidas y repelentes de insectos, y como agentes antibacterianos y antifúngicos.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De dos factores tanto el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y el tipo de hojas (juveniles y adultas) en destilación por arrastre de vapor para la extracción de aceite esencial de eucalipto; no se puede asegurar cuál de ellos proporciona un mayor rendimiento de aceite esencial, ya que existe pocos estudios que fueron comparados entre ambos factores.

Un problema común en la producción de los aceites esenciales radica en la diversidad de los rendimientos obtenidos para una misma planta aromática. Lo cual se puede deber al tipo de material vegetativo, contenido de agua en la planta, variables de operación y a otros factores adicionales.

En nuestro país se han desarrollado un buen número de industrias que procesan los aceites esenciales; en este caso el eucalipto no ha sido aprovechado

racionalmente. Pues la utilizan en un mínimo porcentaje en infusiones o como hierbas medicinales. Es decir, no se aprovecha debidamente el producto presente en las hojas, que son los aceites esenciales, los cuales tendrían una gran demanda en nuestro país (Cárdenas, 2014).

Por otro lado, se sabe que nuestro territorio presenta una naturaleza favorable en muchas zonas para el desarrollo de esta planta. El presente estudio fue motivado por éstas y por otras consideraciones; y estuvo orientado hacia la búsqueda de un mejor aprovechamiento industrial del eucalipto, y determinar así los factores que influyen en la extracción de aceites esenciales requeridos para la correcta obtención del aceite esencial del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***.

Por estas razones se puede señalar que: ¿Cuàl es el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** por el método arrastre con vapor de agua, proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali?

1.2 JUSTIFICACION

(Quilca, 2011) asevera que entre los recursos naturales renovables más importantes y que siempre ha tenido un rol muy importante y significativo en la economía humana se encuentran los bosques, cuyos árboles no solo producen madera sino, también hojas, flores, frutos los cuales se pueden aprovechar sometiéndolos a diferentes procesos y darle un valor agregado y diferentes alternativas de uso.

Existen especies que poseen características muy enmarcadas pero no en la misma proporción, ya que contienen propiedades fisicoquímicas muy diversas las cuales dependen de varios factores, como el tipo de hojas (juveniles y adultas), la época de recolección, ubicación geográfica e incluso pequeños cambios genéticos propios de la especie (Díaz Arcos & Martinez Chuquillanqui, 2013).

La investigación realizada nos brinda información sobre el método de obtención de aceites esenciales por destilación de arrastre a vapor, la determinación del rendimiento y algunas propiedades físicas del aceite esencial en hojas de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis.***

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Cuantificar el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** por el método arrastre con vapor de agua, proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali.

1.3.2. Objetivos específicos:

Determinar si el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***.

Determinar si el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en el contenido de humedad de las hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***.

Comprobar si el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y el tipo de hojas (juvenil y adulta) influyen en algunas propiedades físicas del aceite esencial obtenido.

Determinar la solubilidad en alcohol, solubilidad en agua, color, olor y densidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la investigación titulada: “Estudio comparativo en el proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (***Eucalipto glóbulus*** Labill) mediante el método de destilación por arrastre de vapor y el método de hidrodestilación asistido por radiación microondas” se realizó una comparación de los rendimientos de aceite esencial de eucalipto extraído en las mismas condiciones de tiempo, humedad y porosidad de lecho, el mayor resultado obtenido fue con el método de Hidrodestilación asistida por radiación microondas, con un valor máximo de 1,994 ml/100 g de hoja. Mientas que con el método de destilación por arrastre de vapor el máximo valor alcanzado fue de 0,558 ml/100 g de hoja. El aceite esencial con mayor extracción fue en el nivel de tiempo más alto (30min) en el método de Hidrodestilación por arrastre de vapor consiguiendo 1,992 ml de aceite por cada 100 g. de hojas mientas que con el método de destilación por arrastre de vapor se consiguió 0,558 ml de aceite por cada 100 g. de hojas (Lipa, 2014).

Díaz Arcos & Martinez Chuquillanqui (2013), en sus investigación denominada “Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género ***Eucalyptus*** - El Mantaro” obtuvieron como resultado que el contenido de humedad de ***Eucalyptus cinérea*** fue mayor que las demás especies con 121,50 %, debido a que la muestra fue recolectada en el mes de marzo. A diferencia de las otras especies que fueron recolectadas en el mes de Julio; y el contenido de humedad para el ***Eucalyptus viminalis*** fue de 97,69%, en el ***Eucalyptus camaldulensis*** de 90,59% y ***Eucalyptus nitens*** con 80,28%. A su vez el contenido de humedad es

un factor que influye en el rendimiento de los aceites esenciales ya que la especie que tuvo mayor contenido de humedad ***Eucalyptus cinérea*** presente mayor cantidad y la de menor contenido de humedad presenta menor cantidad; y por consiguiente reportaron que la cantidad de aceites esenciales de las hojas de la especie de ***Eucalyptus cinérea*** es mayor que las demás muestras con un rendimiento 0,4863%, esto debido a que la muestra fue recolectada el mes de marzo donde presentaba mayor contenido de humedad. A diferencia de las otras especies que fueron recolectadas el mes de Julio, como ***Eucalyptus viminalis*** que obtuvo un rendimiento 0,3867 %. ***Eucalyptus camaldulensis*** 0,2798 % y ***Eucalyptus nitens*** 0,0088% quien obtuvo el menor valor.

Gilles *et al*. (2010) reportaron rendimientos entre 2,13% a 3,12%, para diferentes especies de Eucalipto. Y a su vez Barra *et al*. (2010) determinaron rendimientos de aceites esenciales del ***E. camaldulensis*** Dehnh en un rango de 0,2% - 0,5%.
Con las hojas del ***Eucalyptus globulus*** en un rango de 25% a 30% de contenido de humedad se obtuvieron rendimientos de aceite esencial por cada 100 g de hojas de 2,11 ml (Siche, 2010).

Cisneros & Medrano (2009) reportaron en su investigación que el ***Eucalyptus globulus*** Labill que sus hojas contienen de 1,5% a 3% de aceite esencial. El aceite esencial resultante es de color amarillo claro transparente, de olor mentolado, sabor amargo, picante y de textura aceitosa. Su densidad (0,907 g/ml).

Para el estudio sobre el efecto del método de extracción y el tiempo de destilación para el rendimiento del aceite esencial y la composición de los glóbulos del

Eucalyptus dealbata. Se puede afirmar que, con el tiempo, la destilación da lugar a un aumento en el rendimiento y una reducción del contenido de cineol (Sefidkon *et al.,* 2008).

Siramon & Ohtani (2007) reportaron rendimientos en un rango de 0,83% a 1,63% para el ***E. camaldulensis***; y a su vez (Gilles et al. 2010; Siramon y Ohtani, 2007), aseveran que los factores climáticos, genotipo, el origen geográfico del crecimiento, época de cosecha y el método de extracción influyen de manera significativa en el contenido del aceite esencial en las plantas.

2.2 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA.

2.2.1 Característica de la especie en estudio

El ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** se está convirtiendo en el árbol más investigado del planeta debido a las polémicas afirmaciones que sobre este árbol se han lanzado. La ciencia ha demostrado que el comportamiento de esta especie es análogo al de otras especies autóctonas en cuanto a su comportamiento con el suelo, el agua, especies acompañantes, el fuego. Incluso se puede afirmar que es una de las especies mejor adaptadas a precipitar el agua de la niebla. Por su rápido crecimiento se utiliza para paliar el déficit de madera existente en muchas regiones del mundo (Luzar, 2007)

Maderas (2005) Catalogo:

Nombre científico: ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***

Clasificación taxonómica

Dominio: ***Eucariota***

Reino : ***Plantae***

División : ***Magniolofitas***

Clase : ***Magnoliopsidas***

Orden : ***Mirtales***

Familia : ***Myrtaceae***

Género : ***Eucalyptus***

Especie : ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis***

Descripción botánica

El **Eucalyptus urophylla y Eucalyptus grandis** es un híbrido**.** Considerada una especie de rápido crecimiento (mayor a 45 m^3/Ha/año).

Crece normalmente a 25 m de altura, en ocasiones alcanza los 50 m con diámetros de 30 cm a 1,5 m de diámetro.

2.2.2. Aceites esenciales.

De León (2008) asevera que los aceites esenciales son lípidos que no son relacionados con los ácidos grasos. Son compuestos terpenoides derivados por condensación del isopreno (lípidos isoprenoides). De acuerdo a su química mayormente son hidrocarburos (pineno, limoneno), aunque existen varios que contienen funciones oxidadas (alcanfor). Son compuestos odoríferos naturales que se encuentran en las plantas y a su vez suelen ser aislados de las mismas. Generalmente, se encuentran en estado líquido (algunas ocasiones en estado semisólidos y muy raras veces en estado sólido) presentan poco solubilidad en agua, pero son volátiles en vapor, ya que se evaporan a distintas velocidades bajo presión atmosférica (Piedra Santa, 2007).

Martinez (2003) afirma que los aceites esenciales se encuentran distribuidos ampliamente en 60 familias de plantas que contienen las Compuestas, Labiadas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc. Las podemos encontrar en partes diferentes de la planta: tanto en las hojas (ajenjo, albahaca, buchú, cidrón, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.), las raíces (angélica, asaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, vetiver, etc.), en el fruto en especial en el pericarpio (limón, mandarina, naranja, etc.), semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.), tallo (canela,etc.), flores (arnica, lavanda, manzanilla, piretro, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.) y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.).

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destiladas por arrastre con vapor de agua, responsables del aroma de las plantas. Son mezclas complejas constituidas por diferentes tipos de compuestos orgánicos. En la naturaleza los aceites esenciales desempeñan un papel importante en la defensa y protección de las plantas. Se evaporan por exposición al aire a temperatura y presión ambiente.

Los aceites esenciales tienen un gran impacto en las industrias de alimentos, cosméticas, farmacéuticas y agrícolas. Actualmente es una industria en constante desarrollo y crecimiento en diferentes países según (Bandoni *et al*, 2002).

A.- Procesos de obtención de aceites esenciales

Existen varios métodos para la obtención de aceites esenciales. El mejor método de extracción del aceite esencial sería el que no produjera variaciones en su

composición. Este fin no es tan fácil de lograr, ya que por un lado, se debe por la pequeña cantidad que se encuentran en las plantas u órganos vegetales y, por otro, debido a la diversidad de componentes que forman parte de ella. En general, la elección del método de extracción va a depender de la cantidad, tipo o características del aceite (volatilidad, punto de ebullición de los componentes, estabilidad a temperaturas elevadas, etc.), como asimismo del órgano vegetal del cual se va a extraer (Lima, 2005)

A.1.- Destilación.

De León (2008) asevera que es el método más utilizado para la extracción de los aceites volátiles, tanto a industrial como a nivel laboratorio. Es la separación de los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en razón de sus presiones de vapor. Consiste en la extracción del aceite esencial mediante vapor de agua, el cual pasa a través del material vegetal arrastrando las partículas de aceite vegetal. Del vapor condensado se debe separar de la fase de agua por medio de diferencia de densidad por el método de decantación.

El método de extracción por destilación posee tres particularidades:

a). Hidrodestilación

La materia prima se sumerge en el agua dentro de un recipiente o alambique que es calentada de forma directa hasta la ebullición. Se suministra calor, de esta manera generar vapor, la cual se encuentra en contacto directo con el material vegetal, conduciéndolo a su vez al condensador. En este método el tamaño de partícula puede ser de un tamiz muy pequeño y de esta manera aumentar el área de contacto y favorecer la extracción sin que haya el riesgo de que el vapor lo

arrastre, ya que el vapor se genera dentro del mismo recipiente y su presión de vapor es menor que el vapor que se extrae de una caldera, esto es compensado por el tamaño de partícula. (Lima, 2005).

b). Destilación en arrastre por vapor.

Generalmente se trabaja con muestra vegetal fresca y cortada en pequeños trozos, es colocado en un recipiente hermeticamente cerrado y sometido a corriente a vapor de agua sobrecalentado, la esencia de esta manera es arrastrada y posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada en especial para esencias fluidas, que sirven en perfumería. Es utilizado a nivel industrial por su alto rendimiento, alta pureza del aceite esencial obtenido y no requiere tecnología sofisticada. (Piedra Santa, 2007). Al realizar este tipo de extracción hay que tener mucho cuidado con el tamaño de partícula que no sea muy pequeño, ya que puede ser arrastrado por el vapor y a su vez contaminar el producto condensado. (De León, 2008).

Paredes & Quinato (2010) en sus trabajo de investigación “Desarrollo de un sistema de Extracción de Aceites”, realizaron experimentos para la obtención de mayores rendimientos con respecto al aceite esencial concluyendo que de acuerdo con la técnica que brinda mayores ventajas, el método de extracción por arrastre con vapor es el mejor.

c). Expresión en frío.

Consiste en prensar el material vegetal, mediante un proceso mecánico, y de esta manera se obtiene un aceite esencial de alta calidad. Este método también es

utilizado para obtener aceite graso de la semilla del algodón y de la nuez de macadamia. Comercialmente es utilizado poco en la obtención de aceite esencial por el rendimiento bajo y el costo elevado; incluso para extraer el aceite graso del algodón se combina con la lixiviación para obtener un buen rendimiento (Santos, 2006).

2.2.3. Características físicas y organolépticas de los aceites esenciales

A). Contenido de humedad del material

Moreno (2010), muestra los resultados de la etapa de extracción de los aceites esenciales de ***Eucalyptus globulus*** **Labill**. Se observa que a igual tiempo de extracción (37,6 mL/100 g de hoja), cuando la humedad de la hoja aumenta (de 16,1% a 35,9% p.e), el rendimiento disminuye (de 1,69 a 1,38 mL/100 g de hoja). Esto significa que el rendimiento en aceite esencial se ve afectado por el proceso de secado, debido a su alta volatilidad. El mayor rendimiento (2,34 mL/100g.hoja) fue obtenido con 16,1% de humedad y 122,4 min de tiempo de extracción, y el menor rendimiento (1,38 mL/100g.hoja) con 35,9% de humedad y 37,6 min de tiempo.

B). Densidad (g/cm^3)

Esta característica física es una medida que nos permite saber cuánta materia hay de esa sustancia en cierto espacio; se divide la masa entre el volumen o espacio que ocupa esa sustancia u objeto. De manera particular se utilizan las unidades de g/cm^3. (Paredes y Quinatoa, 2010)

Lipa (2014) afirma que las propiedades físicas y organolépticas determinadas en su investigación fueron similares a las teóricas. Para el aceite esencial obtenido por arrastre de vapor fue: densidad (0,92 g/cm^3), color (amarillo claro a incoloro), olor y sabor (característico), mientras que para el aceite esencial obtenido por Hidrodestilación de microondas fue: densidad (0,94 g/cm^3), color (amarillo claro a incoloro), olor y sabor (característico).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Aceites esenciales. Son las fracciones liquidas volátiles, las cuales proporcionan el aroma a las plantas, es de vital importancia para la industria nutracéutica (condimentos y saborizantes), cosmecéutica (perfumes y aromatizantes), y farmacéutica. En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo del ajo y la cebolla (Martínez, 2003).

Condensador: Aparato que utiliza dos fluidos con el fin que uno de ellos cambie de fase, para su posterior utilización.

Condensación. Aquello donde el vapor de agua utilizado se vuelve a convertir en agua en un aparato denominado condensador (La Gran Enciclopedia Ilustrada).

Densidad: Relación entre masa partido volumen.

Destilación. Separación de componentes de una mezcla de dos o más líquidos a través de la diferencia de la presión de vapor (Guenther, 1948).

Destilación por arrastre de vapor: Separación de los componentes de una solución por diferencia de fracciones volátiles, en la cual el material que se encuentra dentro de la mezcla se pone en contacto con el vapor, oxígeno o hidrógeno (Aguilar, 2018).

Humedad: Contenido de agua en un material (gramos).

Porcentaje de Humedad: Tanto por ciento de vapor de agua que impregna un cuerpo.

Rendimiento: Es la relación entre el aceite esencial obtenido y la masa del material vegetal ingresado al alambique de destilación (Aguilar, 2018).

Solubilidad: Capacidad que tiene un compuesto de difundirse en otro, por tener similar estructura en sus moléculas (Aguilar, 2018)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método empleado fue experimental y descriptivo:

Experimental: Porque en el ensayo las variables tiempo de arrastre a vapor y tipos de hojas variaron a voluntad del investigador y se realizó de acuerdo con las normas de seguridad: American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma Técnica Peruana y según el manual de laboratorio de transformación química de la madera.

Descriptivo: Se llegó a observar y describir algunas características del proceso y las características organolépticas del aceite esencial en estudio.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estuvo conformada por los árboles ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali.

Muestra. Fue realizado un muestreo por conglomerado tanto para hojas juveniles y hojas adultas.

La muestra estuvo conformada por 9,23 kg para hojas juveniles y 9,23 kg para hojas adultas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis.***

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Recolección de la muestra

Se recolectaron las hojas tanto juveniles como adultas, las cuales fueron limpiadas y almacenadas bajo sombra (esta operación fue efectuada 48 horas antes del proceso de destilación). Las hojas fueron picadas en trozos de 0,2 cm por lado

aproximadamente, teniendo cuidado que la superficie de contacto sea uniforme y lo más pequeño posible para que de esta manera aumente el contacto con el disolvente.

3.3.2 Destilación del aceite esencial por arrastre a vapor de agua.

Las hojas limpias, fueron pesadas aproximadamente 500 g. y se introdujo el material al balón del destilador. Se llenó la base del destilador hasta que el agua cubra la cantidad de muestra que fue introducida. Se cerró herméticamente el destilador y se puso en funcionamiento el mismo, a la vez se calculó el agua en el refrigerante en dirección contraria a la dirección del vapor de agua (el recipiente del refrigerante ha sido previamente llenado con agua). Una vez que comenzó a salir el destilado, se cambió el kitasato u otro frasco receptor cada vez que sea necesario. El tiempo de destilación varió de 120 minutos a 180 minutos aproximadamente. Se comprobó el fin del destilado, cuando en el kitasato dejó de aparecer un anillo coloreado. Se destapó el destilador y se descargó el material agotado.

3.3.3 Separación del aceite.

Los recipientes que contenían el aceite esencial fueron colocados en un ambiente frio por un tiempo aproximado de 1 hora. Luego el aceite fue retirado con cuidado del frasco con ayuda de un gotero o con la ayuda de una pera de bromo de 1 litro aproximadamente, donde se almacenaron las partes sobrenadantes de los frascos receptores. Dejamos reposar la pera de bromo con el aceite y agua, seguidamente se procedió a separar el agua por la parte inferior. Se recibió el aceite en otro envase y se midió su volumen. La fase de condensación fue muy importante. Por

ello, la temperatura del agua de enfriamiento se mantuvo en todo momento en un rango de 0 °C a 2 ºC. Este rango tuvo como finalidad evitar pérdidas de aceite esencial por falta de condensación de la mezcla agua-aceite. La separación de la menor porción de agua, por el poco volumen de aceite extraído, se llevó a cabo por decantación, para evitar mayores pérdidas de aceite y desnaturalización de sus componentes. El aceite esencial fue envasado en frascos ámbar de 12 ml de capacidad, para luego almacenarlo a 4 ºC. El rendimiento (ml/500g.hojas) de la extracción fue determinada dividiendo la masa (en g) del aceite esencial obtenido entre la densidad del aceite esencial por cada 500 g de hojas.

Todo este proceso fue realizado tres veces por el tipo de hojas y el tiempo de destilación.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Fue la observación directa apoyados por formatos pre establecidos.

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Hojas juveniles y adultas de la especie ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis), equipo de destilación, equipo de decantación, estufa a 105 ºC, probetas, balanza analítica, tijeras, capsulas, tijeras, EPP: guantes de cuero, guantes de caucho, mandil manga larga, gafas de protección.

3.5. PROCESAMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Determinación del contenido de humedad.

Según la Norma Técnica Peruana N° 251.010. Las muestras para cada repetición fueron de 25 g. las cuales se pesaron en la balanza analítica digital, para después

disponerlas en envases bien secas, donde se puso al horno de secado, el tiempo de secado será de 24 horas aproximadamente, a una temperatura de 100 °C.

Finalmente, cuando las hojas estuvieron bien secas y con un peso constante, se tomó el dato del peso final.

3.5.2. Rendimiento (NTP 319.079).

En primera instancia se determinó el volumen y el peso de aceite esencial extraído por cada repetición. Las operaciones matemáticas para determinar el rendimiento del aceite esencial (RAE %) fueron desarrollados en la fase de gabinete.

- Para este proceso fue utilizado la Norma Técnica Peruana N° (NTP 319.079).
- El cálculo del rendimiento del aceite fue realizado en base al peso seco de las hojas, en función a la siguiente formula.

$$Rendimiento = \frac{Peso\ del\ aceite}{Peso\ seco\ de\ las\ hojas}\ x\ 100$$

3.5.3. Determinación de las propiedades físicas del Aceite Esencial.

a). Determinación de la Densidad Relativa (NTP 319.081).

Densidad relativa a 20 °C. Para ello fue utilizado un picnómetro limpio y seco de 1 ml de capacidad, fue pesado al vacío en una balanza analítica digital, seguidamente se llenó con 1 ml de aceite esencial, y fue limpiado el exceso de muestra. Luego fue pesado el conjunto y por diferencia de pesos se determinó la densidad relativa del aceite esencial empleando la siguiente formula:

$$Densidad_{\,p}\left(\frac{g}{ml}\right) = \frac{[(Peso\ del\ picnómetro + muestra) - (Peso\ del\ picnómetro)]\,(g)}{Volumen\ del\ aceite\ esencial\ (ml)}$$

b). Solubilidad.

Se puso exactamente 1ml de aceite esencial en una probeta de tapón esmerilado y se añadió etanol de una determinada dilución en proporciones pequeñas sirviéndose de una bureta. Después de cada adición se agitó enérgicamente y se observó el resultado. Una vez lograda la disolución clara, se anotó la cantidad de alcohol añadida y se continuó añadiendo hasta completar los 10 ml, observando si se produce algún enturbiamiento posterior. Puesto que la solubilidad varía con la temperatura, ésta determinación se realizó a temperatura constante con ayuda del baño termostático. Se utilizó mezcla alcohólica 70% (v/v), empezando por las de mayor graduación, descendiendo de cinco en cinco grados. Si el aceite es soluble en 10 volúmenes de una graduación dada "G", se determinó su solubilidad en la inmediata disolución alcohólica superior "G+5". Por el contrario, si es muy soluble en menos de un volumen de esa mezcla alcohólica, se determinó en la siguiente graduación inferior "G-5".

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Los resultados de los análisis inmediatos de rendimiento y propiedades físicas se trabajaron estadísticamente con un diseño factorial 2 x 2 siendo los factores los distintos tiempos de destilación (2) y hojas (2), realizándose el análisis de varianza y para las diferencias significativas entre tratamientos se realizó la comparación de medias según T de Student, utilizando el paquete estadístico “R”.

1. Factor (Tiempo de destilación): 120 minutos, 180 minutos

2. Factor (Hojas): Juveniles y adultas.

Tabla 1.

Fuente de variación y grado de libertad para el rendimiento y propiedades físicas.

F.V	G.L
Tiempo de destilación	1
Hojas	1
Interacción tiempo x tipo de hojas	1
Error	32
Total	35

Se aplicó la prueba de 2 medias de muestras independientes.

N° de tratamientos = 2x2 = 4 (Tipos de aceite esencial)

N° de repeticiones = 9

N° de unidades experimentales = 4 x 9 = 36 Unid. Exp/Variable de resp.

Nº de Tratamientos: 9 (tipos de aceite esencial)

Tratamientos:

T1: (120 minutos) (Hojas juveniles) 120J	T3: (180 minutos) (Hojas juveniles) 180J
T2: (120 minutos) (Hojas adultos) 120A	T4: (180 minutos) (Hojas adultas) 180A

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* (eucalipto urograndis)

Tabla 2.

Parámetros estadísticos del rendimiento del aceite esencial según los tratamientos.

Estadígrafo	120 MINUTOS		180 MINUTOS	
	Hojas juveniles	Hojas adultas	Hojas juveniles	Hojas adultas
N° observ.	9	9	9	9
Promedio (%)	2,82	2,57	3,38	2,84
D. estándar	0,06	0,08	0,07	0,05
C.V. (%)	2,13	3,22	2,04	1,92

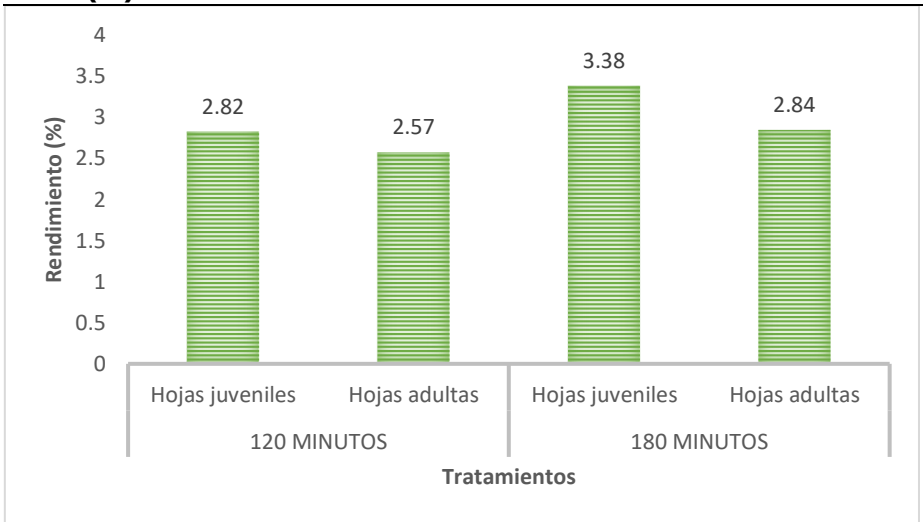


Figura 1. Promedio de rendimiento (%) del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tratamientos establecidos.

En la tabla 2 se muestra los parámetros estadísticos según los tratamientos establecidos; donde el mayor rendimiento fue obtenido en el tiempo de destilación de 180 minutos en hojas juveniles (180J) con un promedio de 3,38%, corroborando con (Sefidkon *et al*.,2008) quienes estudiaron el efecto del método y el tiempo de destilación en el rendimiento del aceite esencial y la composición de los glóbulos

del ***Eucalyptus dealbata***. Reportando que, con el tiempo, la destilación da lugar a un aumento en el rendimiento; a su vez (Díaz Arcos & Martinez Chuquillanqui, 2013) reportaron el rendimiento de aceites esenciales en ***Eucalyptus cinérea*** con 0,4863%, ***Eucalyptus viminalis*** 0,3867 %. ***Eucalyptus camaldulensis*** 0,2798 % y ***Eucalyptus nitens*** 0,0088% obteniendo un menor valor al reportado por esta investigación. Mientras tanto (Lipa, 2014) con el método de destilación por arrastre de vapor obtuvo un valor máximo de 0,558 ml/100g de hoja de aceite esencial.

Tabla 3.

Prueba de 2 medias de muestras independientes en el rendimiento del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** *(eucalipto urograndis) según tiempo de destilación y hojas.*

	95% de intervalo de confianza de la diferencia		***t***	***Valor de P***
	Inferior	*Superior*		
Tiempo destilación	-0,5747	-0,2597	-5,46	*0,000*
Hojas	-0,5639	-0,2388	-5,09	*0,000*

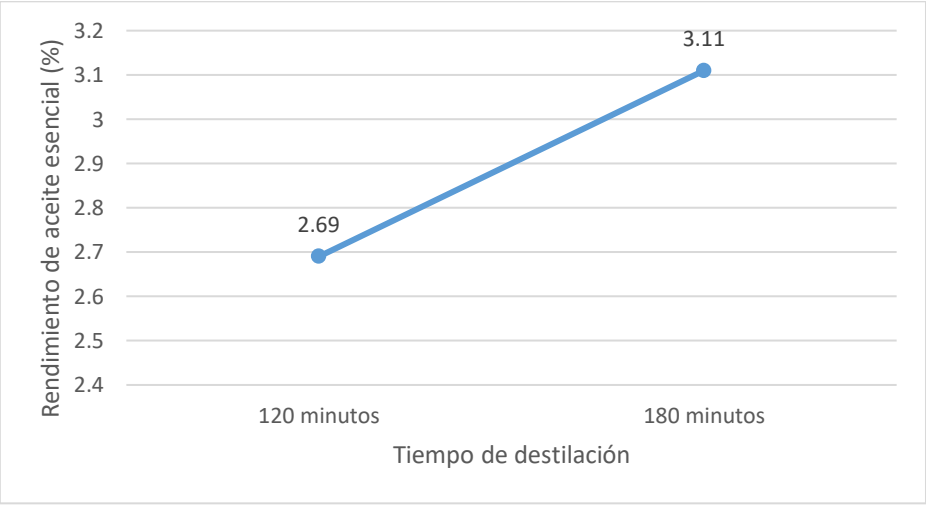


Figura 2. Interacción del promedio de rendimiento (%) del aceite esencial según tiempo de destilación del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis).

En la tabla 3 se aprecia que el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) presentan diferencia altamente significativa por lo tanto influyen en la determinación del rendimiento del aceite esencial del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis); y en figura 2 se demuestra que a mayor tiempo de destilación se obtendrá mayor rendimiento con 3,11%.

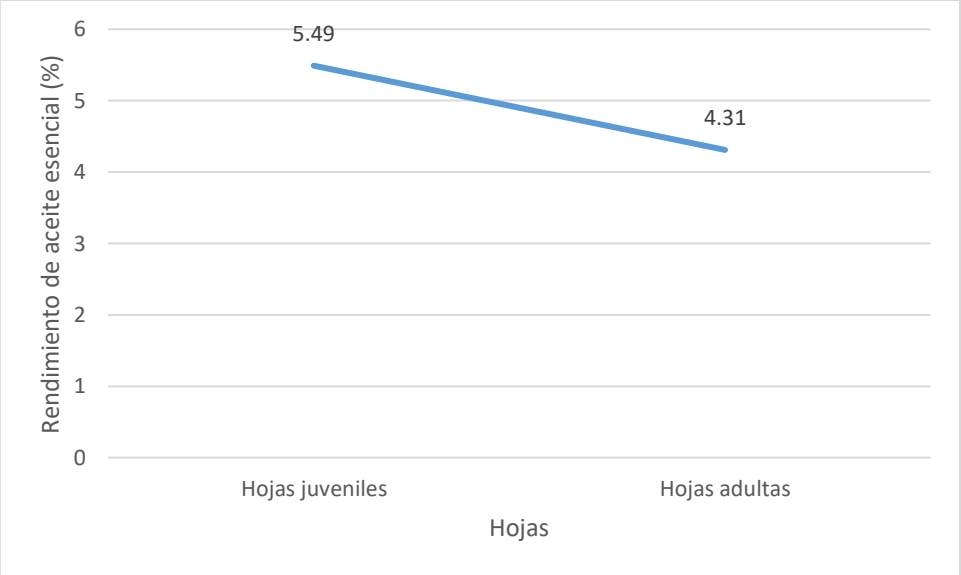


Figura 3. Interacción del promedio de rendimiento (%) del aceite esencial en hojas juveniles y adultas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis).

En la tabla 3 se aprecia que las hojas (juveniles y adultas) presentan diferencia altamente significativa por lo tanto influyen en la determinación del rendimiento del aceite esencial del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis); y en la figura 3 con la interacción se comprueba que mientras las hojas sean más juveniles presentaran un mayor rendimiento de aceite esencial.

4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DEL *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* (eucalipto urograndis)

Tabla 4.
Parámetros estadísticos del contenido de humedad de las hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** *(eucalipto urograndis)*

Estadígrafo	Hojas juveniles	Hojas adultas
N° observ.	9	9
Promedio (%)	90,47	46,36
D. estándar	0,74	3,66
C.V. (%)	0,82	7,9

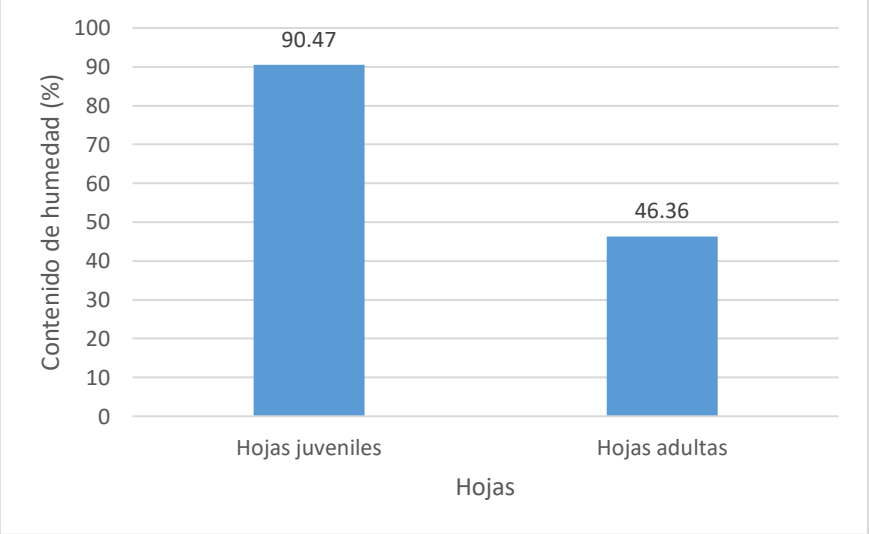


Figura 4. Promedio de contenido de humedad (%) en hojas (juvenil y adulta) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis).

En la tabla 4 y figura 4 se muestra los promedios del contenido de humedad en hojas juveniles y adultas; donde el mayor promedio fue obtenido en las hojas juveniles con 90,47% y el menor promedio fue obtenido en las hojas adultas con 46,36% y a su vez siendo menor al encontrado por (Díaz Arcos & Martinez Chuquillanqui, 2013) donde el contenido de humedad de ***Eucalyptus cinérea*** fue de 121,50 %, para el ***Eucalyptus viminalis*** con 97,69%., ***Eucalyptus camaldulensis*** 90,59% y ***Eucalyptus nitens*** 80,28%.

Tabla 5.

Prueba de 2 medias de muestras independientes en el contenido de humedad de las hojas de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** *(eucalipto urograndis)*

	95% de intervalo de confianza de la diferencia		***t***	***Valor de P***
	Inferior	*Superior*		
Hojas	-46,99	-41,24	-35,42	*0,000*

En la tabla 5 se puede apreciar que en las hojas (juveniles y adultas) existe una diferencia altamente significativa, por lo tanto el tipo de hojas influye en el contenido de humedad.

4.3. DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* (eucalipto urograndis)

Tabla 6.

Parámetros estadísticos de la densidad del aceite esencial del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** *(eucalipto urograndis)*

Estadígrafo	**120 MINUTOS**		**180 MINUTOS**	
	Hojas juveniles	**Hojas adultas**	**Hojas juveniles**	**Hojas adultas**
N° observ.	9	9	9	9
Promedio (g/cm³)	0,879	0,904	0,894	0,904
D. estándar	0,07	0,009	0,002	0,005
C.V. (%)	0,82	1,04	0,22	0,6

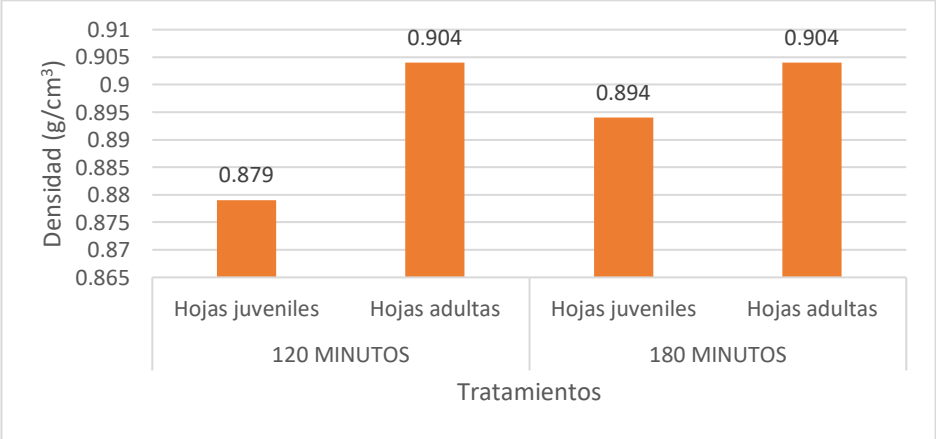


Figura 5. Promedio de la densidad (g/cm³) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según tratamientos establecidos.

En la tabla 6 y figura 5 se muestra los promedios de la densidad (g/cm^3) según los tratamientos establecidos; donde los mayores promedios fueron obtenidos en hojas adultas a 120 minutos (120 A) y hojas adultas a 180 minutos (180 A) con un promedio de 0,904 g/cm^3 y la menor densidad fue encontrado en hojas juveniles a 120 minutos con 0,879 g/cm^3; a su vez siendo menor al encontrado por (Cisneros & Medrano, 2009) quienes reportaron en su investigación que el ***Eucalyptus globulus*** Labill tiene una densidad de 0,907 g/ml. (Lipa, 2014) asevera que el aceite obtenido por arrastre de vapor su densidad fue de 0,92 g/ml, mientras que para el aceite obtenido por Hidrodestilación microondas su densidad fue de 0,94 g/ml; siendo mayor al encontrado por esta investigación.

Tabla 7.

Prueba de 2 medias de muestras independientes en la densidad del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** *(eucalipto urograndis) según tiempo de destilación y hojas.*

	95% de intervalo de confianza de la diferencia		***t***	***Valor de P***
	Inferior	*Superior*		
Tiempo destilación	-0,01567	0,00053	-1,94	*0,066*
Hojas	0,01159	0,02316	6,12	*0,000*

En la tabla 7 se puede apreciar que en el tiempo de destilación no existe diferencia significativa, por lo tanto el tiempo de destilación no influye en la determinación de la densidad.

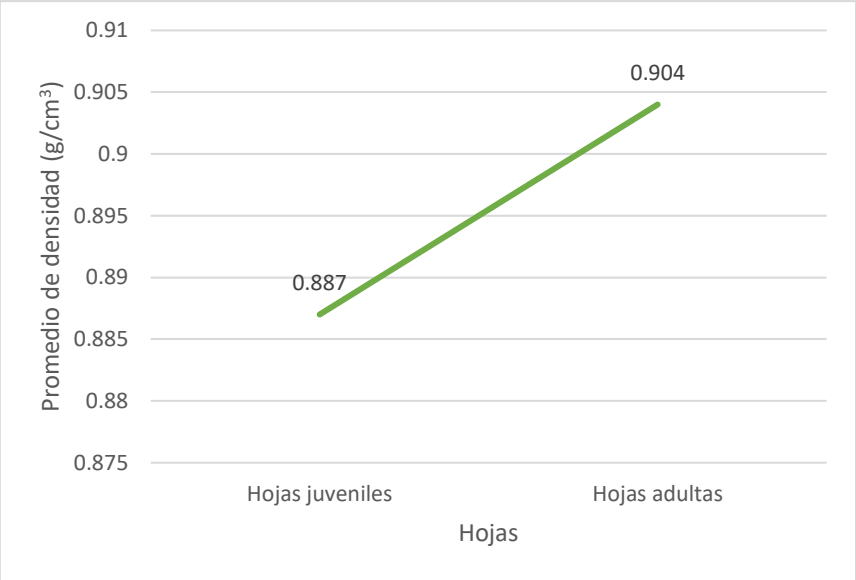


Figura 6. Interacción del promedio de la densidad (g/cm^3) del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) según las hojas juveniles y hojas adultas.

En la tabla 7 se puede apreciar que en las hojas (juveniles y adultas) existe una diferencia altamente significativa, por lo tanto influyen en la determinación de la densidad; y en la figura 6 con la interacción se comprueba que mientras las hojas sean más adultas presentaran una mayor densidad de aceite esencial.

Tabla 8.

*Algunas propiedades del a**ceite esencial de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis** (eucalipto urograndis)*

Propiedades físicas	**Aceite esencial** ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis)
Solubilidad en agua	No soluble
Solubilidad en alcohol	Soluble
Viscosidad	Viscoso
Color	Amarillo verdoso
Olor	Mentolado
Calidad	Muy fino

En la tabla 8, se puede apreciar algunas propiedades físicas del aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) que se llegó a evaluar, siendo viscoso, teniendo un color amarillo verdoso, olor a mentolado y calidad del aceite muy fino que a su vez se puede aprovechar en industria de los aromatizantes, perfumería, etc.

(Lipa, 2014) afirma para el aceite esencial obtenido por arrastre de vapor la característica del color fue de amarillo claro a incoloro, olor y sabor característico, mientras que para el aceite obtenido por Hidrodestilación microondas fue un color amarillo claro a incoloro, olor y sabor característico.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Fue cuantificado el rendimiento del aceite esencial en hojas del ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** donde en el tiempo de destilación de 180 minutos en hojas juveniles (180J) fue el mayor rendimiento con un promedio de 3,38%; a su vez el tiempo de destilación (120 minutos y 180 minutos) y las hojas (juvenil y adulta) influyen en el rendimiento del aceite esencial obtenido.

Se determinó el contenido de humedad en hojas juveniles y adultas; donde el mayor promedio fue obtenido en las hojas juveniles con 90,47%; a su vez las hojas (juvenil y adulta) influyen en el contenido de humedad.

En cuanto a la densidad según los tratamientos establecidos; donde los mayores promedios fueron obtenidos en hojas adultas a 120 minutos (120 A) y hojas adultas a 180 minutos (180 A) con un promedio de 0,904 g/cm^3; a su vez las hojas (juvenil y adulta) influyen en la determinación de la densidad.

Fue evaluado el aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis), siendo insoluble en agua, soluble en alcohol, viscoso, teniendo un color amarillo verdoso, olor a mentolado y calidad del aceite muy fino.

5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones sobre aceites esenciales según la estación del año, parte organoléptica de la planta y diferentes lugares de procedencia.

Impulsar proyectos de investigación de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis), variando el tamaño de partícula, para determinar sí existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción y en la composición fisicoquímica.

El aceite esencial de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) se puede aprovechar en industria de los aromatizantes, perfumería etc.

BIBLIOGRAFÍA

Bandoni, A. (2002). Los recursos vegetales aromáticos en latinoamérica. Buenos Aires: CYTED.

Cárdenas, M. (2014). Determinación de parámetros de operación para la destilación por arrastre con vapor de agua del aceite esencial de molle (Schinus molle Linneo) en el equipo modular de extracción de aceites esenciales de la FIQM -UNSCH. Ayacucho.: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Cisneros, A., & Medrano, T. (2009). Diseño, construcción y evaluación de un destilador de aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus Labill) por arrastre a vapor a nivel de planta piloto. Ayacucho.

De León, M. (2008). Comparación del rendimiento del aceite esencial de dos especies de eucalipto (Eucalyptus citriodora Hook y Eucalyptus camaldulensis Dehh), aplicando el método de hidrodestilación a nivel de laboratorio. . Guatemala.

Díaz Arcos, J. M., & Martinez Chuquillanqui, J. D. (2013). Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género Eucalyptus - El Mantaro. Huancayo.

FAO. (2007). Producción de aceites esenciales.

Gilles, M., Zhao, J., An, M., & Agboola, S. (2010). Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian Eucalytus species. Australia.

Lima, S. (2005). Análisis de los rendimientos obtenidos de dos especies de eucalipto trabajados en seco a nivel laboratorio y a nivel planta pilotoen la extracción de su aceite esencial. Guatemala.

Lipa, F. (2014). Estudio comparativo en el proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (Eucalipto globulus Labill) mediante el método de destilación por arrastre de vapor y el método de hidrodestilación asistido por radiación microondas. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Lojan, L. (2005). Maestria en manejo de recursos naturales RNA 820 manejo de la forestal comercial.

Luzar, J. (2007). Eucalyptus forestryin the southern peruvian.

Maderas, P. Y. (2005). Catálogo Eucalyptus urograndis. Obtenido de www.pcmaderas.net.

Martinez, A. (2003). Los beneficios del eucalipto. Antioquía.

Paredes, D., & Quinato, F. (2010). Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales. Chimborazo.

Piedra Santa, R. (2007). Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hojas y raíz de valeriana Prionophylla stanll de dos diferentes localidades de Guatemala. Guatemala.

Santos, M. (2006). Evaluación del rendimiento de aceite esncial de hinojo (Foeniculum vulgare Miller) procedentes de dos niveles altitudinales de Guatemala. Guatemala.

Sefidkon, F., Bahmanzadegan, A., & Assareh, M. (2008). Effect of distillation methods and harvesting times on the essential oil and cineole content of Eucalyptus dealbata.

Siche, R. (2010). Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial del Eucalyptus globulus.

Siramon, P., & Ohtani, Y. (2007). Antioxidative and antiradical activities of eucalyptus camaldulensis leaf oils from Thailand. Thailandia.

Anexos.

Tabla 9.

Datos para el cálculo del rendimiento.

ARBOL	TEMPERATURA(°C)	HOJAS					
		jóvenes			Adultas		
		Peso Muestra	Peso Aceite	Rendimiento	Peso Muestra	Peso Aceite	Rendimiento
1	120	500.123	14.503	2.900	500.102	13.387	2.677
1	120	500.034	14.199	2.840	500.097	13.382	2.676
1	120	500.021	14.301	2.860	500.057	13.356	2.671
1	180	500.125	16.307	3.261	500.143	14.604	2.920
1	180	500.121	16.514	3.302	500.054	14.456	2.891
1	180	500.011	16.635	3.327	500.125	14.534	2.906
2	120	500.012	13.687	2.737	500.012	12.545	2.509
2	120	500.032	13.623	2.724	500.156	12.645	2.528
2	120	500.111	13.865	2.772	500.127	12.604	2.520
2	180	500.121	17.002	3.400	500.134	14.032	2.806
2	180	500.023	17.298	3.459	500.123	14.021	2.804
2	180	500.054	17.126	3.425	500.109	14.121	2.824
3	120	500.015	14.231	2.846	500.034	12.521	2.504
3	120	500.018	14.239	2.848	500.027	12.497	2.499
3	120	500.005	14.247	2.849	500.045	12.512	2.502
3	180	500.015	17.123	3.424	500.012	13.978	2.796
3	180	500.018	17.135	3.427	500.032	13.898	2.779
3	180	500.102	17.145	3.428	500.021	13.976	2.795

Tabla 10.

Datos para el cálculo de la densidad.

ARBOL	TEMPERATURA (°C)	HOJAS					
		Jóvenes			Adultas		
		Peso Aceite	Volumen Aceite	Densidad	Peso Aceite	Volumen Aceite	Densidad
1	120	14.503	16.2	0.895	13.387	14.787	0.905
1	120	14.199	16.1	0.882	13.382	14.782	0.905
1	120	14.301	16.2	0.883	13.356	14.756	0.905
1	180	16.307	18.3	0.891	14.604	16.084	0.908
1	180	16.514	18.5	0.892	14.456	16.056	0.900
1	180	16.635	18.6	0.893	14.534	16.034	0.906
2	120	13.687	15.7	0.873	12.545	14.005	0.896
2	120	13.623	15.6	0.872	12.645	14.045	0.900
2	120	13.865	15.9	0.874	12.604	14.104	0.894
2	180	17.002	19.0	0.895	14.032	15.553	0.902
2	180	17.298	19.3	0.896	14.021	15.621	0.898
2	180	17.126	19.1	0.895	14.121	15.721	0.898
3	120	14.231	16.2	0.877	12.521	13.821	0.906
3	120	14.239	16.2	0.877	12.497	13.897	0.899
3	120	14.247	16.2	0.877	12.512	13.512	0.926
3	180	17.123	19.1	0.895	13.978	15.478	0.903
3	180	17.135	19.1	0.895	13.898	15.398	0.903
3	180	17.145	19.1	0.896	13.976	15.276	0.915



Figura 7. Hojas picadas de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis)



Figura 8. Equipo destilador de aceites esenciales



Figura 9. Hojas picadas de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis) dentro del equipo destilador de aceites esenciales



Figura 10. Aceite esenciale de ***Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*** (eucalipto urograndis)

Pruebas estadísticas en Minitab

Prueba T e IC de dos muestras: RENDIMIENTO; Hojas

```
T de dos muestras para RENDIMIENTO

                              Error
                           estándar
                              de la
Hojas   N  Media  Desv.Est.     media
A      18  2.700      0.155     0.036
J      18  3.102      0.297     0.070


Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  -0.4013
IC de 95% para la diferencia:  (-0.5639; -0.2388)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -5.09  Valor P = 0.000  GL =
     25
```

Prueba T e IC de dos muestras: DENSIDAD; Hojas

```
T de dos muestras para DENSIDAD

                                Error
                             estándar
                                de la
Hojas   N    Media  Desv.Est.     media
A      18  0.90389    0.00743    0.0018
J      18  0.88651    0.00948    0.0022


Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  0.01737
IC de 95% para la diferencia:  (0.01159; 0.02316)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 6.12  Valor P = 0.000  GL = 32
```

Prueba T e IC de dos muestras: RENDIMIENTO; Tiempo

```
T de dos muestras para RENDIMIENTO vs. Tiempo

                                   Error
                                estándar
                                   de la
              N  Media  Desv.Est.     media
RENDIMIENTO  36  2.901      0.310     0.052
Tiempo       36  150.0       30.4       5.1


Diferencia = mu (RENDIMIENTO) - mu (Tiempo)
Estimado de la diferencia:  -147.10
IC de 95% para la diferencia:  (-157.39; -136.80)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -29.01  Valor P = 0.000  GL =
     35
```

Prueba T e IC de dos muestras: CH; TIPO DE HOJAS

```
T de dos muestras para CH

                                Error
                             estándar
TIPO DE                         de la
HOJAS    N   Media  Desv.Est.     media
A        9   46.36       3.66       1.2
```

```
J        9  90.473      0.737      0.25
Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  -44.11
IC de 95% para la diferencia:  (-46.99; -41.24)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -35.42  Valor P = 0.000  GL =
     8
```

Prueba T e IC de dos muestras: RENDIMIENTO; Tiempo

```
T de dos muestras para RENDIMIENTO

                                Error
                             estándar
                                de la
Tiempo   N  Media  Desv.Est.     media
120     18  2.692      0.149     0.035
180     18  3.110      0.288     0.068


Diferencia = mu (120) - mu (180)
Estimado de la diferencia:  -0.4172
IC de 95% para la diferencia:  (-0.5747; -0.2597)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -5.46  Valor P = 0.000  GL =
     25
```

Prueba T e IC de dos muestras: DENSIDAD; Tiempo

```
T de dos muestras para DENSIDAD

                                  Error
                               estándar
                                  de la
Tiempo   N    Media  Desv.Est.     media
120     18   0.8914     0.0153    0.0036
180     18  0.89898    0.00626    0.0015


Diferencia = mu (120) - mu (180)
Estimado de la diferencia:  -0.00757
IC de 95% para la diferencia:  (-0.01567; 0.00053)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1.94  Valor P = 0.066  GL =
     22
```

Prueba T e IC de dos muestras: RENDIMIENTO; Hojas

```
T de dos muestras para RENDIMIENTO

                                Error
                             estándar
                                de la
Hojas   N  Media  Desv.Est.     media
A      18  2.700      0.155     0.036
J      18  3.102      0.297     0.070


Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  -0.4013
IC de 95% para la diferencia:  (-0.5639; -0.2388)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -5.09  Valor P = 0.000  GL =
     25
```

Prueba T e IC de dos muestras: CH; TIPO DE HOJAS

```
T de dos muestras para CH

                                 Error
                               estándar
TIPO DE                           de la
HOJAS    N   Media  Desv.Est.     media
A        9   46.36       3.66       1.2
J        9  90.473      0.737      0.25


Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  -44.11
IC de 95% para la diferencia:  (-46.99; -41.24)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -35.42  Valor P = 0.000  GL =
     8
```

Prueba T e IC de dos muestras: DENSIDAD; Hojas

```
T de dos muestras para DENSIDAD

                                 Error
                               estándar
                                  de la
Hojas   N    Media  Desv.Est.     media
A      18  0.90389    0.00743    0.0018
J      18  0.88651    0.00948    0.0022


Diferencia = mu (A) - mu (J)
Estimado de la diferencia:  0.01737
IC de 95% para la diferencia:  (0.01159; 0.02316)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 6.12  Valor P = 0.000  GL = 32
```