



Análisis de la Producción de Aceite Esencial de *Lippia alba* por Destilación Mediante Arrastre de Vapor en Planta Móvil

Fecha de recepción del artículo: 25 de Agosto de 2015

Analysis of Production of *Lippia alba* Essential Oil distilled in Steam Stripping Mobile Plant

Article receipt's date: august 25th of 2015



SENA Regional Santander
Red de Conocimiento: Agrícola
Centro Agroturístico
Grupo de Investigación GITIP-MB



Ingrid Johana Álvarez

Tecnólogo egresado del Centro Agroturístico en Gestión de Empresas Agropecuarias. Centro Agroturístico – SENA, Regional Santander. Instructora de “Emprendedor en Producción ecológica de plantas aromáticas y medicinales” del Programa Jóvenes Rurales Emprendedores. luisda_florezm@misena.edu.co

Carlos Abelardo Uribe

Tecnólogo egresado del Centro Agroturístico en Gestión de Empresas Agropecuarias. Centro Agroturístico – SENA, Regional Santander. Productor especializado en cultivo y transformación de plantas aromáticas y medicinales. caribia@misena.edu.co

Javier Orlando Acevedo

Ingeniero Químico (Universidad Industrial de Santander), Especialista en Gestión de Proyectos (Universidad Industrial de Santander). Gestor Senior de la Línea de Biotecnología – Tecnoparque, nodo Socorro.

Ricardo Lesmes

: Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá), Especialista en Gerencia Empresarial (Universidad Libre, Socorro), M.Sc. en Producción Vegetal en Cultivos Protegidos (Universidad de Almería, España). Líder Sennova del Centro Agroturístico – SENA, Regional Santander. ralesmesv@misena.edu.co

Análisis de la Producción de Aceite Esencial de *Lippia alba* por Destilación Mediante Arrastre de Vapor en Planta Móvil

Resumen

En gran parte de las provincias Comunera y Guanentina (Santander), se encuentra el "Prontoalivio" (*Lippia alba*), una especie semiarbustiva de alto potencial para la industria farmacéutica. Paralelo a esto, la técnica de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor de especies como la *Lippia alba* es económica y adecuada para los contextos socioeconómicos de estas provincias, donde la producción agrícola se desarrolla principalmente en minifundios. Infortunadamente, a causa del desconocimiento generalizado que se tiene sobre las bondades de esta planta, no se ha explotado su potencial a nivel agronómico ni industrial. El objetivo del presente trabajo fue determinar los tiempos de secado y condiciones de temperatura y presiones más adecuados para la extracción de aceite esencial de *Lippia alba*. Para tal fin el Centro Agroturístico cuenta con una de las quince plantas móviles de extracción de aceites esenciales dadas al SENA a nivel nacional, la cual fue automatizada para controlar las variables de temperatura y presión, encontrándose que el valor ideal

Analysis of Production of *Lippia alba* Essential Oil distilled in Steam Stripping Mobile Plant

Abstract

In most of the Guanentá and Comunera provinces (Santander), is located "prontoalivio" (*Lippia alba*), a semiarbustive plant with high potential for the pharmaceutical industry. Parallel to this, the technique of extraction of essential oils by steam stripping of species such as *Lippia alba* is suitable for socio-economic contexts of provinces Guanentá and Comunera, where agricultural production takes place mainly in smallholdings. Unfortunately, because of ignorance about the benefits of this plant, its agronomic or industrial potential has not been exploited. The aim of this study was to determine the most suitable drying time and the temperature and pressure conditions for the extraction of essential oil of *Lippia alba*.

For that purpose the Agrotourism Center has one of the fifteen mobile plants for extraction of essential oils, given to SENA nationwide, which was automated in order to control the variables temperature and pressure, finding that the ideal temperature value, above which



de temperatura, por encima del cual hay quema y pérdida de aceite, es de 110 °C, y no se deben sobrepasar los 10 PSI de presión. Así mismo, se determinó que el tiempo de secado adecuado del material vegetal a temperatura ambiente bajo sombra no debe ser mayor a 6 días. Se observó que después de dichos tiempos de secado la pérdida de rendimiento de aceite esencial es progresiva, mientras que el rendimiento de hidrolato (subproducto de la destilación), no se ve afectado, mostrando pérdidas significativas de calidad y no de cantidad de material destilado, lo cual perjudicaría ostensiblemente a los productores de aceites esenciales.

Palabras clave

Lippia alba, destilación, aceite esencial, hidrolato, secado, arrastre de vapor.

Introducción

Conociendo los beneficios que presenta la planta aromática de "Prontoalivio" o "Curayá" (*Lippia alba*) y que esta se encuentra en más de 26 departamentos de Colombia, siendo muy poco valorada por la mayoría de los productores del sector rural, se propuso la extracción de su aceite esencial por medio del proceso de destilación por arrastre de vapor de agua ya que estas plantas aromáticas se han venido desperdiciando y/o subutilizando, como sucede con otras especies mal llamadas "malezas".

Con la recolección de estas plantas se pretendió obtener de manera productiva un aceite esencial puro en su totalidad que se pudiera aplicar para diversas afecciones y dolencias físicas del ser

there would be burning and loss of oil is 110 °C, and should not exceed 10 PSI of pressure. Likewise, it was determined that adequate drying time of plant material at room temperature under shade must not exceed 6 days. It was observed that after such drying times the loss of essential oil yield is progressive while hydrolate yield (product of the distillation) is unaffected, showing significant losses in quality but not quantity of distillate, which is significantly negatively for essential oils producers.

Key words

Lippia alba, distillation, essential oil, hydrolate, drying, steam stripping.

Introduction

Knowing the benefits that the aromatic plant "prontoalivio" or "curayá" (*Lippia alba*) presents and that it is in more than 26 states of Colombia, being very underrated by most producers in the rural sector, it is proposed its essential oil extraction through the process of stripping steam as these herbs have been wasted and/or underused, as with other species misnamed "weeds".

With collection of these plants it was intended to obtain productively a pure essential oil in its entirety that could be applied for several physical conditions and diseases of human being, especially muscle-type ailments. Besides, not only a solution to these problems would be

humano, especialmente de tipo muscular. Aparte de esto, no sólo se estaría dando una solución a dichas problemáticas sino que también se lograría llevar un control de parámetros y condiciones que se tienen al extraer el aceite por medio del proceso de la destilación por arrastre de vapor. Sumado a esto, también se podría dar un uso al subproducto de la decantación del aceite puro como tal: el hidrolato (sustancia aromatizada que queda del agua y el aceite esencial), con el que se podrían desarrollar diferentes productos de uso diario.

El poco crecimiento en la producción del cultivo de las plantas aromáticas, a pesar de los proyectos realizados por diferentes instituciones, se debe a la falta de un mercado formal, ya sea en fresco como planta medicinal o como producto procesado en aceite esencial, que permita generar agroindustria y una nueva oportunidad de trabajo y de ingresos para los productores agrícolas. El proyecto "Producción de aceite esencial de *Lippia alba*, por destilación mediante arrastre de vapor en planta móvil" tiene como propósito conocer y mejorar los rendimientos en la producción de aceite esencial en la región de las provincias Comunera y Guanentina, ubicadas en Santander.

Es importante recalcar que al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), se le otorgaron 15 plantas móviles de extracción de aceites esenciales en el año 2010. Con esto se tomó la decisión de utilizar esta estrategia como referente para que la producción de aceite esencial de plantas aromáticas fuese impulsada en las regiones. Dentro de esto, se le facilitó al Centro Agroturístico del SENA, regional Santander, una planta móvil

given but also a control to the parameters and conditions of the oil distilling process through stripping steam. Added to this, it could be given a use to the subproduct of pure oil decantation process itself: the hydrolate (flavored substance that is left from water and essential oil) with which products for daily use could be developed.

The low growth in crop production of aromatic plants, despite the projects carried out by different institutions, is due to the lack of a formal market, either as a fresh medicinal plant or as a processed product of essential oil, allowing to generate agribusiness and create new job opportunities and income for farmers.

The project "Production of *Lippia alba* essential oil, distilled in steam stripping mobile plant" aims to understand and improve yields in the production of essential oil, in the region of the Comunera and Guanentá provinces, located in Santander state.

Importantly, the National Learning Service (SENA, initials in Spanish) was granted 15 mobile plants of essential oils extraction in 2010. With this, it was decided to use this strategy as a reference in order to promote essential oil production from aromatic plants in the regions.

Within this, Agrotouristic Center, SENA Regional Santander, was provided with a mobile plant for essential oils extraction by steam, with capacity to process 30 kg of plant dry matter. SENA timely support with the implementation of the distiller has allowed reviving expectations boost essential oils agribusiness in the region of Comunera and Guanentá provinces in Santander state.



de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor con capacidad de procesar 30 kg de material vegetal seco. El oportuno apoyo del SENA, con la implementación del destilador ha permitido revivir las expectativas en impulsar la agroindustria de los aceites esenciales en la región de las provincias Comunera y Guanentina en Santander.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las condiciones de destilación apropiadas para la obtención de aceite esencial de *Lippia alba* en una planta móvil por el método de arrastre vapor. Esto mediante el cálculo de la influencia del tiempo de secado en la producción de aceite esencial, el análisis del porcentaje en peso perdido de material vegetal después del secado y la comparación del rendimiento de obtención de aceite teniendo en cuenta diversos lotes bajo diferentes tiempos de secado.

Marco Teórico

Generalidades sobre la *Lippia alba*

El "Prontoalivio" o "Curayá" (*Lippia alba* Mill.) es una es planta aromática originaria de América, que se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1.800 msnm (Martínez et. al., 2000), se puede encontrar en clima cálido seco y templado. Esta hierba perenne, semiarbustiva presenta hojas opuestas, oblongas, de 2-7 cm de longitud y margen aserrada, con inflorescencias axilares de flores rosadas pequeñas (Imagen 1) (Gupta, 1995; Fuentes et al., 2000). De acuerdo a las condiciones agroclimáticas, sus

The aim of this study was to determine the appropriate distillation conditions to obtain essential oil of *Lippia alba* in a mobile plant using steam stripping method. This by calculating the influence of drying time on essential oil production, analysing the percentage of weight loss after drying plant material and comparing the performance of oil extraction considering various batches under different drying times.

Theoretical framework

Lippia alba overview

"Prontoalivio" or "curayá" (*Lippia alba* Mill.) is an America native aromatic plant, which grows from sea level up to 1800 m (Martínez et. al., 2000), it can be found in warm dry climate and mild.

This perennial shrubby plant has opposite leaves, oblong, 2-7 cm in length and sawn margin, with axillary inflorescences of small pink flowers (Figure 1) (Gupta, 1995; Fuentes et al., 2000). According to agro-climatic conditions, its active ingredients and quality of the essential oil may change showing substantial changes in the concentration of light terpenes and sesquiterpenes (Ocamo and Valverde, 2000; Ticcierdi, et al., 2000).

The plant is characterized by its intense, striking and penetrating odor and contains from 0,1 to 1,2% volatile oil. The importance of *Lippia alba* as medicinal aromatic specie lies in its antifungal, antibacterial and antiinflammatory activity. Parallel to this, it has high botanical diversity with applications for

principios activos y calidad del aceite esencial pueden cambiar presentando notables variaciones en el contenido de terpenos livianos y sesquiterpenos (Ocampo y Valverde, 2000; Ticcierdi, et al. 2000). La planta se caracteriza por su intenso, llamativo y penetrante olor y contiene de 0,1 a 1,2% de aceite volátil. La importancia de la *Lippia alba* como especie aromática medicinal radica en su actividad antifúngica, bactericida y dantinflamatoria. Paralelo a esto, presenta alta diversidad botánica con aplicaciones para las industrias farmacéuticas, de alimentos (como aromatizante), textil, cosmética y de perfumes, entre otros (Stashenko, 2003). La *Lippia alba* puede ser propagada en forma vegetativa por estacas con dos o tres nudos, y una vez seleccionados los esquejes de *Lippia alba*, se realiza la propagación en bandejas de plantulación. Como toda planta, la *Lippia alba* requiere de unas condiciones del terreno apropiadas, por lo cual, se debe hacer el correspondiente análisis del suelo para determinar la cantidad y el momento de aplicación de los fertilizantes y correctivos necesarios para un buen desarrollo del cultivo. La *Lippia alba* se puede cortar cada tres meses, y presentar buenos rendimientos en producción de follaje (Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas by Sistema de Bibliotecas SENA).

Imagen 1. Flor de *Lippia alba* - *Lippia alba* flower (Uribe, 2014).



the pharmaceutical, food (for flavoring), textile, cosmetics and perfumes industries, among others (Stashenko, 2003).

Lippia alba can be propagated vegetatively by cuttings with two or three burls, and once selected the *Lippia alba* cuttings, propagation is done in planting trays. Like any plant, *Lippia alba* requires the appropriate field conditions, therefore, the corresponding soil analysis should be done in order to determine the amount

and time for application of necessary fertilizers and correctives for good crop development.

The *Lippia alba* can be cut every three months, and show good foliage yields (Introduction to the industry of essential oils extracted from medicinal and aromatic plants by SENA Library System).

The chemical composition of essential oil of *Lippia alba* depends sensitively on the geographical origin of the plant, cultivation conditions, age of cut, the part of the plant used for extraction and other geobotanical factors. The highest content of essential oil is obtained when it is harvested in full bloom, which is shown in papers on chemical composition of *Lippia alba* carried out in countries such as Guatemala (Senatore et. Al., 2001), India (Bahl et al., 2002), Uruguay (Lorenzo et al., 2001), Cuba (Pino et al., 2001) and

La composición química del aceite esencial de *Lippia alba* depende sensiblemente del origen geográfico de la planta, las condiciones de su cultivo, la edad de corte, la parte de la planta empleada para la extracción y de otros factores geobotánicos. El mayor contenido de aceite esencial se obtiene al cosecharla en plena floración, lo que evidencian los trabajos sobre la composición química de *Lippia alba* realizados en países como Guatemala (Senatore et. al., 2001), India (Bahl et al., 2002), Uruguay (Lorenzo et al., 2001), Cuba (Pino et al., 2001) y Brasil (Zoghbi et al., 1998). Otros factores que varían el rendimiento y la calidad de los principios activos son: hora de la cosecha, fase lunar, época de lluvias, luminosidad, y tecnología de cosecha. Adicional a estos factores existe una variable de suma importancia: la humedad, entendida como la cantidad de agua que pueden llegar a contener los tejidos de la planta, y con base en esta es posible determinar el rendimiento que tenga de la producción de aceite esencial de *Lippia alba*.

Cosecha y poscosecha de *Lippia alba*

Después de cosechadas las plantas de *Lippia alba* pasan por un proceso de secado, el cual puede realizarse a la sombra, al sol o con aire caliente mediante hornos, cobertura plástica con ventiladores o marquesinas solares. Este proceso depende de factores como la calidad y el tipo de producto que se quiere obtener, condiciones climáticas estimadas, momento de cosecha, tamaño del material vegetal, grados de homogeneidad (dimensión y calidad del material a secar, zarandeo para separar

Brasil (Zoghbi et al., 1998). Other factors that vary the performance and quality of the active substances are: harvest time, moon phase, rain season, light, and harvesting technology.

In addition to these factors, there is a critical variable: humidity, defined as the amount of water that the plant tissues may contain, and based on this it is possible to determine the yield of essential oil from *Lippia alba* production.

Harvest and postharvest of *Lippia alba*

After harvested *Lippia alba* plants these go through a drying process, which can be done under shade, sun or using hot air ovens, plastic covers with fans or solar canopies, and depends on factors such as quality and type product to be obtained, weather estimated conditions, harvest time, size of the plant material, homogeneity degrees (size and quality of the material to be dried, sifting to separate leaves from stems) and the stability of the active components as volatile oils, among others. This process allows greater stabilization of the odor, color, taste and texture, freights reduction, lower costs of packaging and storage, as well as lower costs and distillation periods and fermentation and mold is prevented.

Regarding drying moisture, the air absorbs water vapor removed from plants, therefore it should not be saturated, ie, the relative humidity should be low either using air drying or mechanical drying, and must be renewed as necessary as the product has not yielded in excess water it contains.

tallos de hojas) y la estabilidad de los componentes activos como esencias volátiles, entre otros. Esto permite mayor estabilización del olor, color, sabor y textura, reducción de fletes, menores costos de embalaje y almacenaje, así como la disminución de costos y tiempos de destilación, y se evita la fermentación y el enmohecimiento. Respecto a la humedad de secado, el aire absorbe el vapor de agua que se retira de las plantas, por lo cual no debe estar saturado, es decir, su humedad relativa debe ser baja, bien sea que se utilice secado al aire libre como secado mecánico, y deberá renovarse a medida que sea necesario en tanto el producto no haya cedido en exceso el agua que contiene. Después del secado se deben separar los tallos para dejar sólo el material biomásico que contenga partículas aromáticas, en este caso las hojas, para realizar posteriormente el proceso de picado. El picado debe realizarse antes de hacerse el pesaje del material seco que se introduce en la planta para que no quede de más lo que se vaya como deshecho y se pueda llevar un mejor control de la producción.

Los aceites esenciales

Los aceites esenciales son aceites etéreos, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas. Las plantas aromáticas, como la *Lippia alba* en este caso, poseen pequeñas cantidades de aceite esencial respecto a su masa vegetal, por lo cual la producción de los aceites tiene lugar con un rendimiento muy bajo, ya que para obtener unos gramos de esencia se necesita gran cantidad de material

After drying the stems must be separated to leave only the dry matter containing aromatic particles, leaves in this case, to make the grinding process afterwards. The chopping must be done before weighing the dry material that is introduced into the distillation plant in order to leave waste and keep better control of production.

Essential oils

Essential oils are ethereal oils, usually distillable by stripping with water vapor, containing the substances responsible for the aroma of plants. Aromatic plants, such as *Lippia alba* in this case, have small amounts of essential oil about their plant mass, therefore oil production takes place with a very low yield because for a few grams of essence is needed lot of plant material.

These oils are odorous and highly volatile, ie, evaporate very quickly in contact with air. Their chemistry is complex, each oil generally is composed by different chemicals, classified as aldehydes, phenols, oxides, esters, ketones, alcohols and terpenes, but there may be many compounds to be identified. These are soluble in oils and alcohol, and insoluble in water, although these transmit their perfume.

Although the reproduction of essences in laboratory has been reached, clinical trials have shown that they do not have quite the same efficacy and activity of natural essences. But because their production is cheaper, they are much



vegetal. Estos aceites son olorosos y muy volátiles, es decir, se evaporan muy rápidamente en contacto con el aire. Su química es compleja, en general cada aceite lo integran compuestos químicos diferentes, clasificados como aldehídos, fenoles, óxidos, ésteres, cetonas, alcoholes y terpenos, pero puede haber muchos compuestos aún por identificar. Estos son solubles en los aceites y en el alcohol, e insolubles en al agua, aunque le transmiten el perfume.

Aunque se ha logrado la reproducción de las esencias en laboratorio, experimentos clínicos han demostrado que no tienen en absoluto la misma eficacia y actividad que las esencias naturales. Pero debido a que son más económicas en su producción, son mucho más utilizadas en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica. En la composición de los aceites esenciales influyen factores tales como el tipo y variedad de planta, las condiciones agroecológicas y lugar del cultivo, el tratamiento pos cosecha, y el tipo y duración del proceso de extracción, entre otros factores.

Los aceites esenciales, de acuerdo a su origen, se clasifican en aceites esenciales naturales, costosos y de composición variada, los cuales se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna solidificación fisicoquímica o química; los aceites esenciales artificiales, obtenidos por enriquecimiento de esencias naturales con uno de sus componentes; y los aceites sintéticos, mezclas de diversos aceites esenciales obtenidos por proceso químicos, los cuales son más económicos y por lo tanto se utilizan mucho más en la preparación de sustancias aromatizantes

more used in cosmetics (perfume and flavor), food (seasonings and flavorings) and pharmaceutical.

The composition of the essential oils is influenced by factors such as the type and plant variety, agro-ecological conditions and place of cultivation, post-harvest treatment, and the type and duration of the extraction process, among other factors.

Essential oils, according to their origin, are classified as natural essential oils, expensive and of varying composition, which are obtained directly from the plant and are not subsequently subject to any chemical or physicochemical solidification; artificial essential oils are obtained by enriching natural essences with one of its components; and synthetic oils, mixtures of various essential oils obtained by chemical process, which are cheaper and therefore much more used in the preparation of flavoring and flavoring substances. (Introduction to the industry of essential oils extracted from medicinal and aromatic plants. By SENA Library System)

y saborizantes. (Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas. By Sistema de Biblioteca SENA)

El proceso de la destilación

El vapor de agua es un gas que se obtiene por ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo, es inodoro e incoloro, y es responsable de la extracción de aceite esencial del material vegetal de *Lippia alba* que se va a destilar. La destilación por arrastre de vapor consiste en separar del material vegetal por calentamiento, en un tanque de extracción, las esencias que no se mezclan con el agua pero se encuentran en el vapor para que posteriormente, por refrigeración, se reduzcan nuevamente a líquido, donde se separa el aceite esencial por decantación. Respecto al proceso de destilación, los factores fundamentales que se tienen en cuenta para que se dé un nivel satisfactorio de rendimiento del aceite son la humedad y el secado del material vegetal. Esta técnica por arrastre de vapor es la que se eligió para llevar a cabo el proceso de destilación de aceite esencial de *Lippia alba*.

Una planta de destilación de aceites

The distillation process

Water vapor is a gas obtained by boiling liquid water or ice sublimation, it is odorless and colorless, and is responsible for the extraction of essential oil of *Lippia alba* plant material to be distilled.

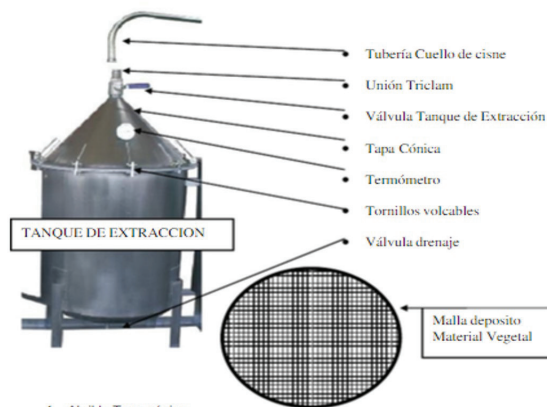
The distillation by steam stripping involves separating from plant material by heating, in an extraction tank, essences which are immiscible with water but are in steam for later, by cooling, reduced again to liquid where the essential oil is separated by decantation.

Regarding the distilling process, the key factors that are taken into account so that a satisfactory level of performance of the oil is given are humidity and drying of the plant material.

This technique by steam stripping is the one that was chosen to carry out the process of distillation of essential oil of *Lippia alba*.

A distillation plant of essential oil by steam stripping comprises a boiler (Figure 2), an extraction tank (Figure 3), a heat exchanger and a fuel feed zone, in this case liquefied petroleum gas (LPG) as a heat source, and a storage tank for cooling water and temperature and pressure controls.

Imagen 2. Tanque de extracción. "Manual de Operación y manejo para planta de destilación y extracción de aceites esenciales" - Extraction tank. "Operation and management handbook for plant of distillation and extraction of essential oils" J.M. Estrada.



1 - Abrió la Tapa cónica

esenciales por arrastre de vapor consta de un calderín (Imagen 2), un tanque de extracción (Imagen 3), un intercambiador de calor así como una zona de alimentación de combustible, en este caso gas licuado de petróleo (GLP) como fuente de calor, y un tanque de almacenamiento de agua para la refrigeración y controles de presión y temperatura. El vapor va en el calderín del destilador donde es regulado con el agua para llevar a cabo su proceso de destilación. Esta parte de ebullición del agua a vapor es el complemento para que se efectuó con éxito el proceso de destilación de aceites esenciales de *Lippia alba* junto a sus subproductos, como el hidrolato, el cual contiene la misma agua que se decanta para obtener el aceite puro. El filtrado que se hace al aceite esencial obtenido de la *Lippia alba* se realiza con el fin de sacar todo tipo de impurezas que queden en su interior. Este proceso se lleva a cabo cuando se está separando el aceite del hidrolato, para lo cual se utiliza un filtro, un embudo de separación, una probeta para medir el aceite que se va separando y un embudo de vidrio para una mejor manipulación e higiene del producto.

Cuando el aceite ya va quedando limpio y separado del hidrolato es envasado en

The steam goes in the boiler of distiller where it is regulated with water to carry out the distillation process. This part from boiling water to steam gas is the complement to let the distillation takes place successfully the process of distilling essential oils of *Lippia alba* with their subproducts, such as hydrolate, which is content in the same water that goes to decant to obtain pure oil.

Filtering carried out on the essential oil obtained from *Lippia alba* is performed in order to remove all kinds of impurities remaining inside. This process is performed when

oil is being isolated from hydrolate, for which a filter, a separatory funnel, and a test tube are used to measure the oil to be separated and a glass funnel for better handling and hygiene of the product.

When oil is getting clean and separated from hydrolate it is packaged in dark color amber bottles of 500 ml to avoid losing their properties. This oil must remain in such bottles until it is sold. Do not forget that as long as the oil remains in the bottles these should be kept covered in dark places, especially when the product is fresh out or days before marketing.

Imagen 3. Tanque extractor de la planta ubicada en el municipio del Socorro, Santander - Extraction tank of the plant located in the municipality of Socorro, Santander (Uribe, 2014).



frascos ámbar de 500 ml color oscuro para que no pierdan sus propiedades. Este aceite debe permanecer en este tipo de frascos hasta que sea comercializado. No olvidar que en el tiempo que el aceite permanece en los frascos estos deben mantenerse tapados y en lugares oscuros, sobre todo cuando el producto está recién salido o días previos a su comercialización. El aceite esencial de *Lippia alba* puede llegar a tener un valor comercial alto después de su almacenamiento ya que están en un nivel de pureza y conservación con la que el mercado la requiere para los diferentes usos, incrementando su precio de venta a alrededor de 800 mil a un millón de pesos por litro de aceite esencial de *Lippia alba*.

Subproductos de la extracción de aceite esencial de *Lippia alba*

Como ya se ha encontrado en diferentes partes, acerca de la destilación, para extraer aceite esencial de *Lippia alba*, queda mencionar dos subproductos los cuales son los siguientes:

Hidrolato

Es la sustancia líquida que queda después de un proceso de destilación, es un agua aromatizada donde quedan flotando los residuos de aceite y por medio de la separación y decantación estos quedan separados uno del otro, teniendo diversos usos para la agroindustria.

Material orgánico

Después del proceso de destilación para la extracción de los aceites esenciales

The essential oil of *Lippia alba* may reach a commercial value higher after storage as they have the level of purity and conservation that market requires for different uses, increasing its sales price to around 800 thousand to one million pesos per liter of essential oil of *Lippia alba*.

Subproducts of the extraction of essential oil of *Lippia alba*

As already found in different parts, about distillation, to extract essential oil of *Lippia alba*, is added to mention two subproducts as follow:

Hydrolate

Is the liquid substance remaining after a distillation process, it is a flavored water where oil waste remains floating and by separation and decantation these are separated from each other, having many uses in the industry.

Organic material

After distillation process for extraction of essential oils organic matter from plant is obtained as subproduct, this matter or waste is composted in order to be used as organic fertilizer afterwards.

The amount of this organic fertilizer that remains from distillation process varies depending on the amount of dry material used for distillation, it weighed like the material before distilling to know how much organic material is left.



también se obtiene como subproducto la materia orgánica de la planta, esta materia o residuos son compostados para luego ser utilizados como abono orgánico. La cantidad de este abono que resta del proceso de destilación varía según la cantidad de material seco que se ha dispuesto para destilar, este es pesado igual que el material antes de destilarlo para saber qué cantidad de material orgánico ha quedado.

Materiales y Métodos

El proyecto fue montado en la finca "Cimarrón", ubicada a 1510 msnm en las coordenadas N: 06° 26.473' y W: 73° 15.505' de la Vereda "La Culebra", municipio del Socorro (Santander), donde se estableció un cultivo de *Lippia alba* en un área de 2.000 m² para un total de 7.800 plantas (Imagen 4).

La técnica de secado que se aplicó para todo el material vegetal fue a la sombra, bajo condiciones naturales a temperatura ambiente, con volteo diario del material puesto en lona verde para que la humedad no entrara directamente al material vegetal y así evitar contaminación. El material se dispuso en capas no mayores a 20 cm. para evitar el calentamiento, necrosis del material vegetal y posterior pérdida del producto (Imagen 5).

Materials and Methods

The project was set up at farm "Cimarron", located on 1510 meters above sea level at coordinates N: 06° 26,473' and W: 73° 15,505' of Vereda "La Culebra", municipality of Socorro (Santander), where a culture of *Lippia*

alba was established dawn in an area of 2,000 m² for a total of 7800 plants (Figure 4).

The drying technique applied to the whole plant material was in the shade, under natural conditions at room temperature, with daily rolling of the material placed in green canvas so moisture will not enter directly into plant material to avoid contamination. The

material was layered no more than 20 cm. to avoid heating, necrosis of plant material and subsequent loss of the product (Figure 5).

Imagen 4. Parcela demostrativa de cultivo de *Lippia alba* establecida a 1400 msnm en la finca "El Cimarrón", Vda. "La Culebra" (Socorro, Santander) - Cultivation demonstration plot of *Lippia alba* established on 1400 debris left floating in the farm "El Cimarron" Vda. "La Culebra" (Socorro, Santander) (Uribe, 2014).



Cada pesaje de la materia prima que se llevó al destilador tuvo el mismo protocolo con la diferencia de días de secado siempre con la misma técnica para conocer con mayor certeza la cantidad de producto que se iba obteniendo por cada procedimiento de destilación, esto en cuanto al cultivo se refiere.

Imagen 5. Material vegetal de Lippia alba cortado y dispuesto para proceso de secado natural bajo sombra - Plant material of Lippia alba cut and ready for natural drying process under shade (Uribe, 2014).



La planta industrial destiladora adquirida por el SENA para la ejecución de este proyecto fue automatizada para optimizar el proceso. Con la automatización electrónica de la planta se facilitó de manera notoria el trabajo y así se pudo llevar control de cada destilación que se realizó. Se puede decir que la automatización fue relevante en este proyecto porque permitió optimizar el proceso de manejo de la planta y poder analizar las variables dependientes e independientes.

Pasos del proceso

- Recepción del material vegetal
- Pretratamiento de la materia prima
- Aplicación del método de secado
- Reducción de tamaño (Picado)
- Extracción por arrastre de vapor
- Condensación
- Separación del aceite
- Envasado y almacenamiento

Each weighing raw material brought to the distiller had the same protocol with the difference of days of drying always with the same technique in order to know with more certainty the amount of product that was obtained for each distillation process, this regards the culture refers.

The industrial distillation plant acquired by SENA for development of this project was automated to optimize the process. With the electronic automation of the plant the tasks turned easier and so it was possible take control of each distillation performed. One can say that automation was relevant in this project because it allowed optimize the management of the plant and to analyze the dependent and independent variables.

Process steps

- Reception of plant material
- Pretreatment of raw material
- Application of the drying method
- Reduction in size (chopping)
- Steam stripping
- Condensation
- Oil separation
- Packaging and storage



Para desarrollar el estudio de comparación de cantidad de aceite esencial que se puede llegar a obtener del material vegetal de *Lippia alba* en cuanto a un solo secado bajo unas mismas condiciones se realizó el control de las variables: cantidad de material vegetal a destilar, tiempo de destilación, presión de vapor, temperatura de extracción, y flujo de vapor de la destilación.

Cantidad de material vegetal a destilar

Para llevar el proceso de extracción de aceite esencial de *Lippia alba* se necesitó de una maquina industrial llamada destilador (Imagen 6). Esta, es una planta móvil de destilación de aceites esenciales por arrastre de vapor con una capacidad de almacenamiento de 30 kg de material vegetal. En total, para la elaboración de extracción de aceites esenciales de *Lippia alba* se adquirieron 20 toneladas de material vegetal cultivado por productores de la región.

Tiempo de destilación

El tiempo que lleva a cabo el proceso de destilación es diferente de acuerdo al tipo de planta que se vaya procesar. En este caso, se ha encontrado que para

To develop the study comparing the amount of essential oil that can be obtained from plant material of *Lippia alba* in terms of a single drying under similar conditions the control variables was performed, vapor pressure, extraction temperature, and steam flow of the distillation.

Amount of plant material to distill

To carry out the process of extraction of essential oil of *Lippia alba* an industrial machine called distiller was required (Figure 6). This is a mobile plant for essential oil distillation by steam stripping with storage capacity of 30 kg of plant material. In total, for the development of extraction of essential oils of *Lippia alba* 20 tons of plant material grown by producers in the region were acquired.

Imagen 6. Planta de destilación extractora de aceites esenciales ubicada en el municipio del Socorro, Santander - Extraction plant for distillation of essential oils located in the municipality of Socorro, Santander (Uribe, 2014).



Distillation time

The time that distillation process takes is different depending on the type of plant to be processed. In this case, it has been found that for *Lippia alba* this process takes about 3 hours depending on how long the plant material was drying, for the longest time in which the material was distilled was 79 days drying and

Lippia alba este proceso toma alrededor de 3 horas dependiendo del tiempo que el material vegetal lleve de secado, pues el tiempo más largo en el que se destiló el material fue de 79 días de secado y el mínimo de tiempo fue de 2 días de secado. Cabe mencionar que inicialmente la planta destiladora se operó para este trabajo con una temperatura inicial de 30 °C, subiendo hasta alcanzar la indicada de los 100 °C, en el pasar de las horas y con el control y manejo de apertura y cierre de válvulas ubicadas en el destilador. Todas estas destilaciones se hicieron repetitivamente, realizándose alrededor de 4 destilaciones diarias ya que la planta así lo permite.

Presión de vapor

La presión medida fue la presión que se hallaba y emergía del tanque de extracción internamente durante el proceso, la cual se reflejaba en la medición mostrada por un manómetro inicialmente (antes de la automatización) y por el tablero de control posteriormente (después de la automatización).

Esta presión está dada en unidades de PSI y se manifiesta hasta los 10 PSI iniciando en cero hasta que va subiendo, puesto que inicialmente un operador debía estar pendiente constantemente para que no se sobrepresionara la planta. Después de la regulación automatizada, la destiladora incrementó su presión de los 0 PSI y los mantuvo casi de forma permanente en 10 PSI, alterándose por la orden del control de mando a medida que abre o cierra las válvulas de acceso y descarga de vapor en el tanque de extracción. Dicha presión de 10 PSI permite que el proceso sea

minimum time was 2 days drying. It should be mentioned that initially the distilling plant was operated for the project with an initial temperature of 30 °C, rising to achieve the specified 100 °C, in the passing of the hours and the control and management of opening and closing valves located in the distiller. All these distillations were made repeatedly, performing about 4 distillations daily as the plant allows it.

Vapour pressure

The measured pressure was the pressure that was found and emerging from the extraction tank internally during the process, which was reflected in the measurement shown by a manometer initially (before automation) and subsequently the control board (after automation).

This pressure is given in units of PSI and manifests to 10 PSI starting at zero until it rises, since initially an operator all the time had to be aware that the plant is not overpressured. After the automated regulation, the distiller increased its pressure 0 PSI and remained almost permanently in 10 PSI, altered by the PLC control as opening or closing valves and steam discharge access in extraction tank. This pressure of 10 PSI allows the process more optimal because at higher pressure it is easier to extract the oil particles from the leaves of plant material, considering that a constant pressure higher than constant pressure (10 PSI) the risk of an overpressure is high.



más óptimo puesto que a mayor presión es más fácil extraer las partículas de aceite de las hojas del material vegetal, teniendo en cuenta que a mayor presión que la constante (10 PSI) el riesgo de una sobrepresión es elevado.

Temperatura de extracción

La temperatura inicial con la que se trabajó fue de 30 °C, de igual manera la presión de 0 psi (condiciones de arranque). El valor máximo de temperatura que se manejó fue de 112-120 °C (dependiendo el tiempo que se mantenga el vapor en el tanque de extracción) y la presión de 10 psi de manera constante casi siempre. En este proceso se regularon estas temperaturas por medio del control de las válvulas de acceso y salida de vapor tanto en la caldera como en el tanque de extracción.

Flujo de vapor de la destilación

Para este trabajo se recomienda que el nivel de agua en la caldera deben estar en un mínimo de un 30% y un máximo de 50%, ya que si el nivel es inferior al 30% es muy riesgoso para la el tiempo de vida del calderín debido al aumento de capacidad calorífica que tiene que soportar el recubrimiento interno que posee el calderín.

De los productos mencionados anteriormente, igual que con el aceite esencial, se llevó un control y registro ya que son empleados para diversos usos de adquisición humana. Por ejemplo, el hidrato que se obtiene después de cada destilación se puede utilizar para la

Extraction temperature

The initial temperature at which the project worked was 30 °C, just as pressure of 0 PSI (starting conditions). The maximum temperature value handled was 112-120 °C (depending on the time the steam is maintained in the extraction tank) and 10 PSI usually constant. In this process, these temperatures were regulated by control valves and steam outlet access both the boiler and in the extraction tank.

Vapor flow distillation

For this work it is recommended that the water level in the boiler must be at least 30% and up to 50%, because if the level is below 30% it is very risky for the lifetime of the boiler due to increased heat capacity that has to support the lining of the boiler.

Of the products listed above, as with the essential oil, monitoring and recording was done as they are used for several human uses of acquisition. For example, the hydrate obtained after each distillation can be used for making products like clean floors, clean glasses, flavoring, liquid soaps and other cleaning products. On the other hand, it is also used to control cattle ticks, as well as cats and dogs in their normal bath helping to keep them free of these pests. These various uses of oil subproducts both in the area of cleaning implements and implementing organic control of ticks on animals will be subject to further research.

elaboración de subproductos como limpia pisos, limpia vidrios, aromatizantes, jabones líquidos y demás productos de limpieza. Por otro lado, también es utilizado para el control de garrapatas en ganadería, así como en felinos y caninos en su baño normal que se le haga al animal pueda ayudar a que sean limpios de esas plagas. Estos usos diversos del aceite en subproductos tanto en el área de implementos de aseo como en la implementación en control orgánico de garrapatas en animales serán sujetos a próximas investigaciones.

Adecuación y automatización de la planta móvil de destilación

Se realizó la programación controlador lógico programable (PLC)

- Sensor de presión electrónico de 4-20 ma (2 unidades).
- Controlador lógico programable (PLC) gama baja no expandible con entradas análogas, 12-24Vdc, 6 análogas 0-10V dc, 8 relevos – 10A, incluido, programación bloques fdb, array (1 unidad).
- Sensor de nivel on/off (1 unidad).
- Sensor de temperatura 4-20mA (2 unidades).
- Válvulas solenoides para vapor 2 vías acero inoxidable 110Vac, 1/2" npt/17 mm, normalmente cerrada, hasta 183°C (vapor saturado), 10 - 150psi, airtac. (1 unidad).
- Válvulas solenoides para vapor 2 vías acero inoxidable 110Vac, 1" npt/22mm, normalmente cerrada, -5 a 185 °C, 7,4-150 psi, 100x134x48mm, (1 unidad).

Adaptation and automation of mobile distillation plant

Programation of the programmable logic controller (PLC) was performed

- Electronic pressure sensor 4-20 mA (2 units).
- Programmable Logic Controller (PLC) low-end non-expanding analog inputs, 12-24Vdc, 6 analog 0-10V dc 8 relay - 10A, including, FDB programming blocks, array (1 unit).
- Level sensor on / off (1 unit).
- Temperature sensor 4-20mA (2 units).
- Solenoid valves for steam 110Vac 2-way stainless steel, 1/2 " npt / 17 mm, normally closed, to 183 ° C (saturated vapor), 10 - 150 psi, Airtac. (1 unit).
- Solenoid valves for steam 110Vac stainless steel 2-way, 1 "NPT / 22mm, normally closed, -5 to 185 ° C, 7.4 to 150 psi, 100x134x48mm, (1 unit).
- Gas solenoid valve 2-way normally closed 110Vac, 3/8 " NPT / 15mm, bronze, -5 to 80 ° C, 0-103 psi, 70x100x50mm, (2 units).
- Thermocouple ref: type k (1 unit).

To start this research work maintenance and spare parts inclusion for mobile distillation plant of essential oils was performed, as shown by the images of the initial state of the mobile plant (Pictures 7-15)



- Válvula solenoide para gas 2 vías normalmente cerrada 110Vac, 3/8" npt/15mm, bronce, -5 a 80 °C, 0-103 psi, 70x100x50mm, (2 unidades).

- Termocupla ref: type k (1 unidad).

Para iniciar este trabajo de investigación se realizó el mantenimiento e inclusión de repuestos para la planta móvil de destilación de aceites esenciales, como lo muestran las imágenes de estado inicial de la planta móvil (Imágenes 7 – 15)

Imagen 7. Vista general de la planta sin mantenimiento - Overview of the plant without maintenance



Imagen 8. Vista general de la planta sin dispositivos electrónicos - Overview of the plant without electronic devices



Imagen 9. Condensador con problemas de fuga de agua - Condenser with water leakage problems



Imagen 10. Elementos de la planta sin mantenimiento - Elements of the plant without maintenance



Imagen 11. Elementos de la planta sin mantenimiento y falta de dispositivos electrónicos - Elements of the plant without maintenance and lack of electronic devices



Imagen 12. Elementos de la planta con necesidades de automatización - Elements of plant with automation needs



Imagen 13. Válvula manual - falta de mantenimiento y con requerimientos de ser automatizados - Manual valve - lack of maintenance and automation needs



Imagen 14. Tubo conductor de vapor con problemas de fuga – necesidades de mantenimiento y soldadura - Driver steam pipe leakage problems - maintenance and welding needs



Imagen 15. Tubo conductor de vapor con necesidades de mantenimiento y automatización - Driver steam pipe with maintenance and automation needs



Planta móvil con adecuaciones

Imagen 16. Instalación de caja eléctrica y de control de la planta - Installing electrical control box

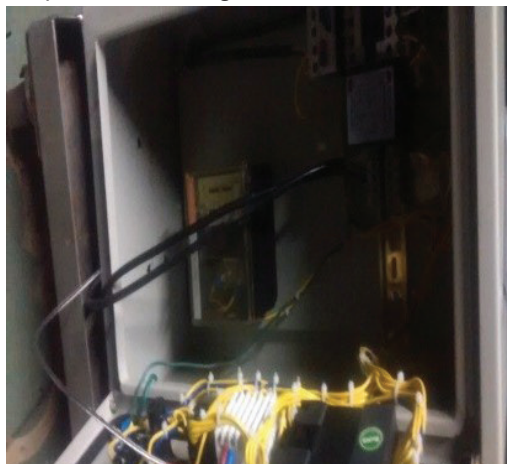
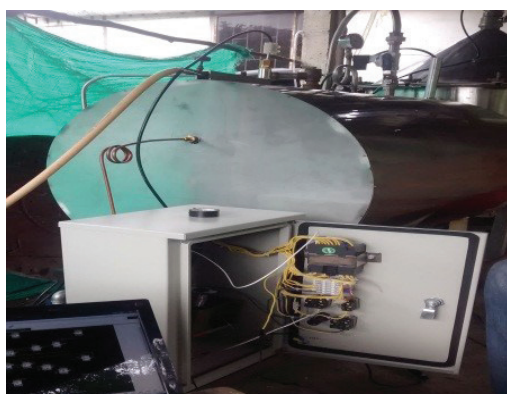


Imagen 18. Vista de planta con dispositivos electrónicos de medición y control - View of the plant with electronic devices of measurement and control



Imagen 20. Programación del controlador (PLC) - Programming the controller (PLC)



Mobile plant with adjustments

Imagen 17. Instalación de electrobomba para el llenado automático - Installing electric plant for the automatic filling



Imagen 19. Dispositivos electrónicos de medición y control - Electronic devices image measurement and control



Imagen 21. Pruebas y ajustes de todo el sistema -Testing and system-wide settings



Extracción de aceites esenciales

Según las diferentes clasificaciones de los aceites esenciales el aceite esencial producido en este proyecto es natural y se denomina así por el tipo de material que se usa para su fabricación siendo en este caso la *Lippia alba*, cuyo origen de planta aromática aporta beneficios para los fines que lo vayan a aplicar, sin ningún ingrediente adicional al ser en su totalidad un aceite puro.

Se determinó el rendimiento de mililitros aceite esencial por cada 100 gramos de material vegetal destilable seco así como el rendimiento de hidrolato basado en la Fórmula 1:

$$\text{Rendimiento de Ae (ml/100 gr)} = \frac{\text{Aceite esencial ml}}{\text{Material Vegetal Destilable Seco (100 gr)}}$$

$$\text{Yield (ml/100 gr)} = \frac{\text{Essential oil ml}}{\text{Ditillable Dry Plant Material (100 gr)}}$$

Resultados y discusión

Durante las diferentes destilaciones que se realizaron para la extracción de aceite esencial de *Lippia alba* se obtuvieron un total de 10 litros de aceite puro y en hidrolato un total de 40 litros de subproducto.

Para la ejecución del proyecto se recibieron 20 toneladas (20.003 Kg) de material vegetal fresco de *Lippia alba*, en 20 diferentes lotes que variaron entre 908 Kg y 1.096 Kg, como lo muestra la Tabla 1. De esta cantidad de material de vegetal fresco se descartó en promedio el 55% (de 51% a 62% entre lotes) como

Extraction of essential oils

According to the different classifications of essential oils, essential oil produced in this project is natural and is named like that because of the type of material used for its manufacturing, being in this case the *Lippia alba*, whose aromatic plant origin brings benefits for purposes that will be applied without any additional ingredient because it is fully a pure oil.

The yield of essential oil in milliliters, such as hydrolate, per 100 grams of ditillable dry plant material was determined based on Formula 1:

Results and discussion

During the different distillations were performed for extracting *Lippia alba* essential oil a total of 10 liters of pure oil were obtained and a total of 40 liters of hydrolate as subproduct.

For the project implementation 20 tons (20.003 kg) of fresh plant material *Lippia alba* were received in 20 different batches ranging between 908 kg and 1,096 kg, as shown in Table 1. This amount of fresh plant material was discarded on average 55% (51% to 62% between batches) as no distillable plant material (NDPM), a total amount of 11,098 Kg. Also, the



material vegetal no destilable (MVND), un total de 11.098 Kg. Así mismo, del material vegetal destilable en fresco (MVDF) entre 38% y 72% se obtuvo como material vegetal destilable seco (MVDS), con un promedio de 50% (4.449 Kg de PS de 8.904,5 Kg de MVDF). Paralelo a esto, cada uno de los lotes tuvo una determinada cantidad de MVDF, las cuales variaron entre 7 y 14 para un total de 179 destilaciones realizadas, es decir, en promedio se realizaron 9 destilaciones por lote.

distillable fresh plant material (DFPM) between 38% and 72% was obtained as distillable dried plant material (DDPM) with an average of 50% (4.449 Kg of DDPM from 8904.5 Kg of DFPM). Parallel to this, each batch had a certain amount of DFPM, which varied between 7 and 14 for a total of 179 distillations performed, that is, an average of 9 distillations carried out per batch.

Tabla 1. Relación de peso por lote, fecha de entrega y fecha de corte

L	D	MT (Kg)	MVND (Kg)	MVDF (Kg)	MVDS (Kg)
1	13	1096	602,44	493,56	319,69
2	11	950	498,71	451,29	270,34
3	10	986	508,84	477,16	249,33
4	9	1045	592,99	452,01	227,95
5	9	1083	633,40	449,60	226,60
6	7	947	568,19	378,81	176,71
7	7	982	605,14	376,86	177,76
8	8	1096	664,59	431,41	201,28
9	14	1073	590,61	482,39	344,51
10	9	967	523,31	443,69	229,57
11	10	1054	578,53	475,47	241,93
12	8	1022	545,51	476,49	195,87
13	9	1057	543,17	513,83	220,97
14	12	938	511,78	426,22	305,79
15	8	1003	537,55	465,45	196,94
16	7	908	487,08	420,92	175,97
17	7	922	489,83	432,48	176,03
18	8	964	501,63	462,37	199,32
19	7	945	513,58	431,42	175,57
20	6	965	601,65	363,35	137,48
Total	179	20.003	11.098,5	8.904,5	4.449,6

L= Número de lote

D= Cantidad de destilaciones por lote

MT= Material vegetal total en fresco

MVND= Material vegetal en fresco no destilable

MVDF= Peso fresco de material vegetal destilable

MVDS= Peso seco de material vegetal destilable

Respecto a los días de secado, los 20 diferentes lotes de material vegetal destilado se sometieron a 53 diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente bajo sombra, con períodos que variaron desde 2 hasta 79 días, con el fin de determinar el mejor rango de tiempo de secado para la destilación de aceites esenciales de la *Lippia alba*, como lo muestra el Anexo 1.

Con el fin de determinar la variabilidad de los datos obtenidos de las diferentes destilaciones en cada uno de los 53 diferentes períodos de secado se calculó la desviación estándar (desvest.) del peso fresco (desvest. media de 1,1), peso seco (Kg) (desvest. media de 0,28), aceite esencial (ml) (desvest. media de 2,18) y del hidrolato (ml) (desvest. media de 0,17). Se determinó el porcentaje de Peso Seco (PS) restante del Peso Fresco (PF) del material vegetal destilable en función de los días de secado, de acuerdo a los períodos mencionados en el párrafo anterior. Se confirmó que el porcentaje de peso seco es inversamente proporcional al aumento del tiempo de secado del material vegetal (Gráfica 1.) En la Gráfica 2. se presenta la variación del peso seco, en términos de porcentaje en función del tiempo de secado en semanas. Siendo la *Lippia alba* una planta semiarbustiva, más de la mitad del material vegetal es descartado como material destilable, lo cual proporciona un bajo rendimiento en producción de follaje, parte de la planta de donde se obtienen los aceites esenciales por proceso de destilación.

Paralelo a la pérdida de peso de material vegetal directamente proporcional a los días de secado, el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba* presenta una disminución inversamente proporcional a los días de secado. El rendimiento de aceite esencial (ml/100 gr) presentó el mismo comportamiento que exhibió el peso seco del material vegetal destilable en función de los días de secado

Regarding to days of drying, the 20 different batches of distilled plant material were subjected to 53 different drying times at room temperature in the shade, with periods ranging from 2 to 79 days, in order to determine the best drying time range for distilling essential oils of *Lippia alba*, as shown in Annex 1.

To determine the variability of the data obtained from the different distillations in each of the 53 different drying periods it was calculated the standard deviation (stdev.) of fresh weight (average stdev. 1.1), dry weight (average stdev. of 0.28), essential oil (average stdev. 2.18) and hydrolate (average stdev. 0.17).

The percentage of Dry Weight (DW) remaining from Fresh Weight (FW) of distillable plant material was determined according to the days of drying, taking into account the periods mentioned in the previous paragraph. It was confirmed that the percentage of dry weight is inversely proportional to the increased drying time of plant material (Graphics 1.)

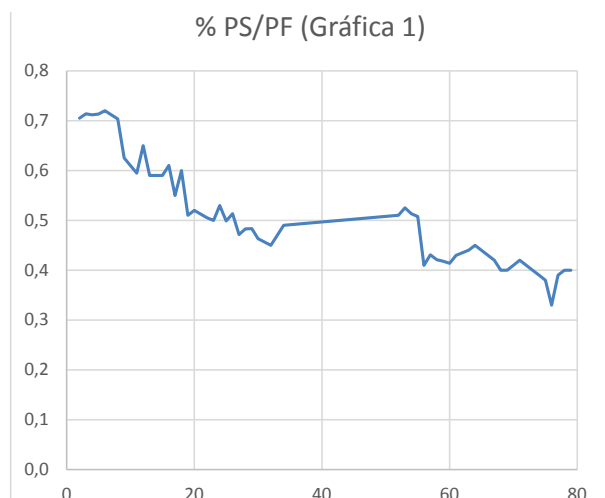
In Graphics 2 dry weight variation occurs in terms of percentage as a function of drying time in weeks.

Being *Lippia alba* a shrubby plant, over half of the plant material was discarded as distillable material, which provides a low yield in production of foliage of the plant from which the essential oils are obtained by distillation process.

Parallel to the weight loss directly proportional to the drying days of plant material, the yield of *Lippia alba* essential oil has an inversely proportional to the decrease drying days. The yield of

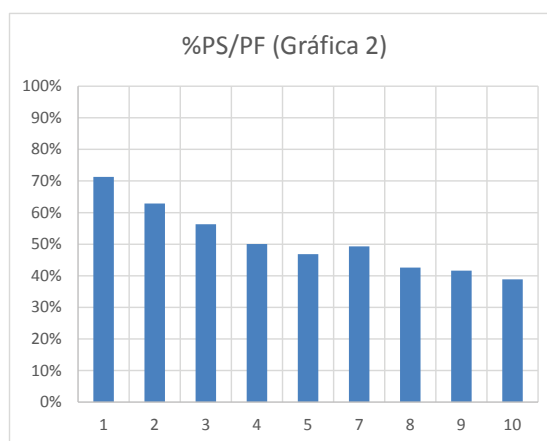


Gráfica 1. Porcentaje de Peso Seco de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado en días de exposición. - Percentage of Dry Weight of Distillable Plant Material (PDWDPM) depending on the time of drying at room temperature under shade, in days of exposure



(Gráficas 3 y 4). El rendimiento de hidrolato en términos de ml por cada 100 gr de material vegetal destilable seco no presentó mayor variación a lo largo del tiempo en función de los períodos de secado de las muestras destiladas de *Lippia alba* (Gráficas 5 y 6). La pérdida de peso del material vegetal destilable fresco en términos de porcentaje es inversamente proporcional al tiempo de secado del mismo a temperatura ambiente bajo sombra, como se realizó durante el proyecto (Gráfica 1). La cantidad de material vegetal seco destilable en promedio fue en promedio del 22% del total del material vegetal fresco de *Lippia alba* con el que se contaba. Pero, no se puede afirmar que una quinta parte del material vegetal fresco es una medida de referencia concluyente. Contrastante con los resultados arrojados por el rendimiento de volumen de aceite esencial de *Lippia alba* por peso de material vegetal, el rendimiento de hidrolato no se vio afectado, mostrando un comportamiento

Gráfica 2. Porcentaje de Peso Seco de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado semanas de exposición - Percentage of Dry Weight of Distillable Plant Material (PDWDPM) depending on the time of drying at room temperature under shade, expressed on weeks of exposure

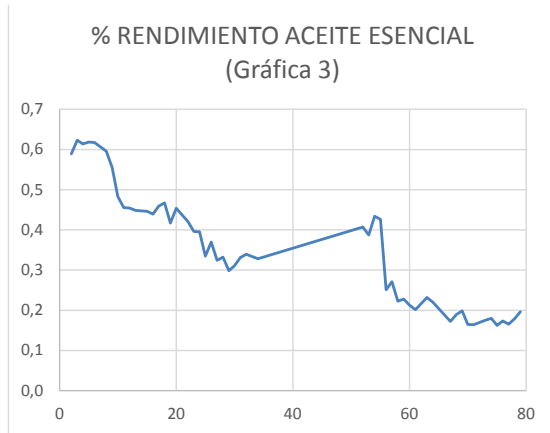


essential oil (ml / 100g) showed the same behavior that dry weight of distillable plant material exhibited according to the days of drying (Graphics 3 and 4).

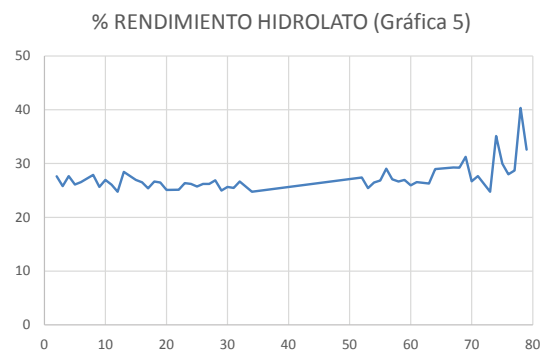
Hydrolate yield in terms of ml per 100 g of distillable dry plant material did not show greater variation over time depending on the drying periods from distilled samples of *Lippia alba* (Graphics 5 and 6).

Weight loss of distillable fresh plant material in terms of percentage is inversely proportional to the time of drying it at room temperature under shade, as was done during the project (Graphics 1). The amount of distillable dry plant material was 22% on average from the fresh plant material of *Lippia alba*. But you can not say that one fifth of the fresh plant material is a conclusively measure of reference.

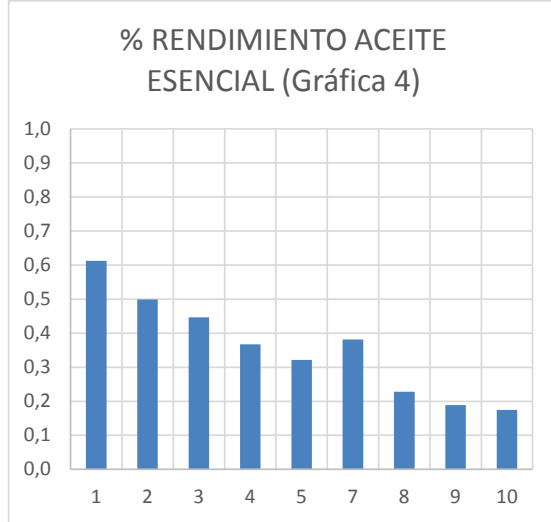
Gráfica 3. Rendimiento de aceite esencial (RACeS) en términos de ml por cada 100 gramos de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado en días de exposición.
 - Essential oil yield (EOY) in terms of ml per 100 grams of Distillable Plant Material (DPM) versus time of drying at room temperature under shade, expressed in days of exposure.



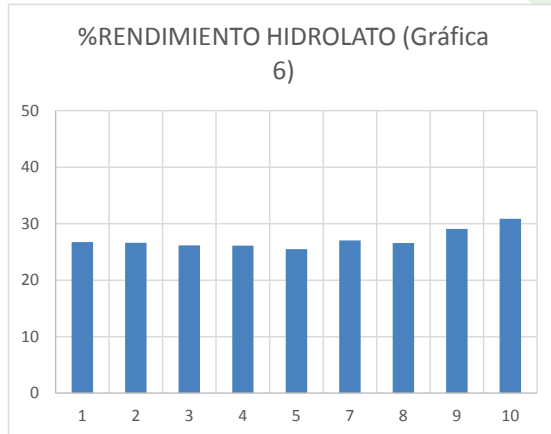
Gráfica 5. Rendimiento de hidrolato (RHdl) en términos de ml por cada 100 gramos de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado en días de exposición.
 - Hydrolate Yield (HY) in terms of ml per 100 grams of Distillable Dry Plant Material (DDPM) versus time of drying at room temperature under shade, expressed in days of exposure.



Gráfica 4. Rendimiento de aceite esencial (RACeS) en términos de ml por cada 100 gramos de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado en semanas de exposición.
 - Essential oil yield (EOY) in terms of ml per 100 grams of Distillable Plant Material (DPM) versus time of drying at room temperature under shade, expressed in weeks of exposure.



Gráfica 6. Rendimiento de hidrolato (RHdl) en términos de ml por cada 100 gramos de Material Vegetal Destilable (PSMVD) en función del tiempo de secado a temperatura ambiente bajo sombra, expresado en semanas de exposición.
 - Hydrolate Yield (HY) in terms of ml per 100 grams of Distillable Dry Plant Material (DDPM) versus time of drying at room temperature under shade, expressed in weeks of exposure.



estable en función del tiempo de secado que se dejó para el material vegetal. Lo cual muestra que el exceso de tiempo de deshidratación del material vegetal no afecta ostensiblemente la cantidad de sustancias destiladas sino su calidad, obteniéndose comparativamente mayores volúmenes de hidrolato, un subproducto del proceso, que de aceite esencial como producto objetivo del arrastre de vapor.

Conclusiones

Para los agricultores que no tienen medios ni equipos suficientes para realizar la deshidratación del material vegetal de *Lippia alba* para extracción de aceites esenciales, la forma más económica y adecuada es por medio del secado a temperatura ambiente bajo sombra.

Los días de secado de material vegetal de *Lippia alba* intervienen en forma directa en el rendimiento de volumen del aceite esencial por peso de material vegetal en forma inversamente proporcional, es decir, a mayor cantidad de días de secado menor será la obtención de aceite esencial.

El período de secado recomendado de material vegetal de *Lippia alba* a temperatura ambiente bajo sombra para la extracción de aceite esencial es de 2 a 6 días. Superado este período comienzan a presentarse pérdidas en los rendimientos de aceite esencial con el paso del tiempo.

El rendimiento de hidrolato de *Lippia alba* no se ve significativamente afectado por la variable tiempo de secado para la destilación de aceites esenciales bajo la técnica de arrastre de vapor.

Se recomienda el desarrollo de estudios dirigidos a la producción tecnificada de *Lippia alba* como cultivo comercial, especialmente

Contrasting with the results obtained by the volume yield of essential oil of *Lippia alba* by weight of plant material, hydrolate yield was not affected, showing a stable performance in terms of drying time for plant material. This shows that excess in drying time of plant material does not affect significantly the amount of substances distilled but its quality, obtaining comparatively higher volumes of hydrolate, a subproduct of the process, than essential oil as steam stripping objective product.

Conclusions

For farmers who have no means nor enough equipment for dehydration of plant material of *Lippia alba* for essential oil extraction the most economical and appropriate way is by drying at room temperature under shade.

Drying days of *Lippia alba* plant material intervenes directly on volume yield of essential oil per weight of plant material inversely, ie, a greater number of drying days less essential oil is obtained.

The drying period recommended for *Lippia alba* plant material at room temperature under shade for extraction of essential oil is from 2 to 6 days. Beyond this period losses in yields of essential oil begins as time goes.

Hydrolate yields of *Lippia alba* is not significantly affected by the variable drying time for the distillation of essential oils in the steam stripping technique.

The development of studies aimed at *Lippia alba* tech production as a crop, especially its nutritional management, in order to offer technical guides to the growers of this plants to help them achieve greater productivity of crops per area and higher yields of essential oils from distilled plant material.

su manejo nutricional, con el fin de ofrecerle a los productores de este material vegetal guías técnicas que les ayuden a lograr mayores productos de cultivo por área y de rendimientos de aceites esenciales por cantidad de material vegetal destilado.

Bibliografía / Bibliography

Bahl, Jr., et al (2000) Linalool – rich essential oil quality variants obtained from irradiated stem nodes in *Lippia alba*. In Flavour Frag J. N° 17. Pp 127

Cabaniss, Steve, Greg Madey, Patricia Maurice, Yingping Zhou, Laura Leff, Ola Olapade, Bob Wetzel, Jerry Leenheer, and Bob Wershaw, comps. Stochastic Synthesis of Natural Organic Matter. UNM, ND, KSU, UNC, USGS. 22 Apr. 2007.

Cho, Min, Hyenmi Chung, and Jeyong Yoon. "Disinfection of Water Containing Natural Organic Matter by Using Ozone-Initiated Radical Reactions." Abstract. Applied and Environmental Microbiology Vol. 69 No.4 (2003): 2284-2291.

Denatore, F., Rigano, D (2001) Essential oil of two *Lippia spp.* (Verbenaceae) growing wild in Guatemala. In: Flavour Frag. J N° 16 p. 169

Fortner, John D., Joseph B. Hughes, Jae-Hong Kim, and Hoon Hyung. "Natural Organic Matter Stabilizes Carbon Nanotubes in the Aqueous Phase." Abstract. Environmental

Gupta, p.m. 270 Plantas medicinales iberoamericanas. CYTED- SECAB, Editorial Presencia. Santafé de Bogotá, Colombia. 1995 p 559.

Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas. By Sistema de Biblioteca SENA P.3 y 11

Lorenzo, D., et al (2001) Composition of a new essential oil type of *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown from Uruguay. In: Flavour Frag J. N°. 16 pp. 356.

Martínez, J.V. VERNAL, H y, CACERES, A. (2000) Fundamentos de agro tecnología de cultivo de plantas medicinales iberoamericanas. Convenio Andrés Bello – CYTED Primera edición.

Ocampo S, R. A. y Valverde. (200). Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. Tomo. San José Costa Rica: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", Ministerio de Agricultura, pp. 97.

Pino A. J.A., et al (1997) Composición y propiedades antibacterianas del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown Provincia Habana Cuba Instituto de Investigaciones de la industria alimenticia pp. 10

Stashenko, E., Jaramillo B., Martinez R. J. (2003) Comparación de la composición química y actividad antioxidante in vitro de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia verbenaceae, Bucaramanga, Colombia: Laboratorio de Cromatografía, Centro de Investigación en Biomoléculas Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander.

Zoghbi, M. G. B. et al (1998) Essential oils of *Lippia alba* (Mill) N.E. Br. Grown wild in the Brazilian Amazon In Flavour Frag J.N°. 13 pp. 47

Anexo 1. Relación de porcentajes de peso seco de material vegetal y rendimientos de volúmenes de aceite esencial y de hidrolatos por peso de material vegetal en función de los períodos de secado



Anexo 1. Relación de porcentajes de peso seco de material vegetal y rendimientos de volúmenes de aceite esencial y de hidrolatos por peso de material vegetal en función de los períodos de secado

DÍAS DE SECADO	PESO FRESCO (Kg)		PESO SECO (Kg)		%PS/PFFr	ACEITE (ml)			HIDROLATO (L)		
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest		Promedio	Desvest	RTO (ml/100 gr)	Promedio	Desvest	RTO (ml/100 gr)
2	34,65	0,21	24,43	0,03	70,50%	144,00	1,00	0,59%	6,75	0,05	27,63%
3	34,44	1,26	24,59	1,15	71,38%	153,25	4,47	0,62%	6,39	0,37	25,98%
4	35,55	0,61	25,31	0,38	71,20%	155,40	3,88	0,61%	6,86	0,29	27,09%
5	35,22	1,18	25,11	0,62	71,33%	155,33	3,23	0,62%	6,56	0,42	26,11%
6	34,65	0,72	24,95	0,62	72,00%	154,00	3,46	0,62%	6,62	0,31	26,53%
8	34,87	1,18	24,51	0,28	70,33%	146,00	4,24	0,60%	6,83	0,09	27,88%
9	40,02	1,84	24,97	0,15	62,50%	138,50	0,50	0,55%	6,40	0,60	25,62%
10	40,94	0,65	24,97	0,20	61,00%	120,67	3,30	0,48%	6,73	0,17	26,97%
11	40,94	0,46	24,36	0,48	59,50%	111,00	1,00	0,46%	6,35	0,05	26,07%
12	37,26	0,00	24,22	0,00	65,00%	110,00	0,00	0,45%	6,00	0,00	24,77%
13	42,30	0,00	24,96	0,00	59,00%	112,00	0,00	0,45%	7,10	0,00	28,45%
15	40,86	0,91	24,10	0,53	59,00%	107,50	0,50	0,45%	6,50	0,10	26,97%
16	40,84	1,00	24,89	0,32	61,00%	109,33	0,47	0,44%	6,60	0,22	26,51%
17	44,37	0,00	24,40	0,00	55,00%	112,00	0,00	0,46%	6,20	0,00	25,41%
18	41,05	0,26	24,63	0,15	60,00%	115,00	4,32	0,47%	6,57	0,26	26,66%
19	49,68	1,84	25,32	0,44	51,00%	105,50	0,50	0,42%	6,70	0,10	26,47%
20	47,92	0,54	24,92	0,28	52,00%	113,00	1,00	0,45%	6,25	0,25	25,10%
22	49,68	1,84	25,08	0,68	50,50%	105,50	1,50	0,42%	6,30	0,10	25,13%
23	50,31	0,85	25,15	0,43	50,00%	99,67	1,70	0,40%	6,63	0,33	26,36%
24	47,33	3,36	24,98	0,45	53,00%	98,83	1,95	0,40%	6,55	0,36	26,23%
25	50,94	1,78	25,38	0,28	49,88%	84,88	10,31	0,33%	6,53	0,21	25,72%
26	48,93	2,07	25,07	0,26	51,33%	92,67	1,70	0,37%	6,57	0,25	26,20%
27	53,54	3,15	25,18	0,32	47,17%	81,67	7,41	0,32%	6,60	0,33	26,20%
28	52,01	1,96	25,07	0,41	48,29%	83,29	8,84	0,33%	6,74	0,40	26,91%
29	52,78	2,29	25,47	0,21	48,33%	76,00	1,63	0,30%	6,37	0,25	24,99%
30	54,86	2,99	25,33	0,18	46,33%	78,67	2,05	0,31%	6,50	0,22	25,66%
31	55,37	1,00	25,28	0,07	45,67%	83,67	3,40	0,33%	6,43	0,12	25,45%
32	54,99	0,00	24,75	0,00	45,00%	84,00	0,00	0,34%	6,60	0,00	26,67%
34	52,80	0,00	25,87	0,00	49,00%	85,00	0,00	0,33%	6,40	0,00	24,74%
52	50,07	1,60	25,53	0,16	51,03%	104,00	1,63	0,41%	7,00	0,08	27,42%
53	48,53	1,36	25,45	0,20	52,50%	98,50	1,12	0,39%	6,48	0,30	25,44%
54	47,93	1,47	24,60	0,88	51,33%	106,83	3,29	0,44%	6,52	0,32	26,50%
55	47,93	0,55	24,32	0,24	50,75%	103,75	3,34	0,43%	6,53	0,26	26,84%
56	58,80	0,24	24,11	0,10	41,00%	60,50	0,50	0,25%	7,00	0,30	29,03%
57	57,97	5,11	24,78	0,54	43,06%	67,19	16,83	0,27%	6,71	0,39	27,08%
58	59,41	2,30	25,01	0,61	42,13%	55,60	4,62	0,22%	6,67	0,34	26,68%
59	58,50	3,26	24,41	0,76	41,80%	55,60	4,54	0,23%	6,58	0,29	27,00%
60	60,03	2,49	24,81	0,51	41,40%	52,80	1,47	0,21%	6,44	0,48	25,98%
61	58,25	2,40	24,98	0,65	43,00%	50,33	1,25	0,20%	6,63	0,21	26,55%
63	54,51	2,99	23,95	0,77	44,00%	55,50	1,50	0,23%	6,30	0,10	26,31%
64	54,50	0,00	24,53	0,00	45,00%	54,00	0,00	0,22%	7,10	0,00	28,95%
67	59,40	0,00	24,95	0,00	42,00%	43,00	0,00	0,17%	7,30	0,00	29,26%
68	60,76	0,00	24,30	0,00	40,00%	46,00	0,00	0,19%	7,10	0,00	29,21%
69	61,60	0,00	24,64	0,00	40,00%	49,00	0,00	0,20%	7,70	0,00	31,25%
70	62,10	0,00	25,46	0,00	41,00%	42,00	0,00	0,16%	6,80	0,00	26,71%
71	59,40	0,00	24,95	0,00	42,00%	41,00	0,00	0,16%	6,90	0,00	27,66%
73	64,08	0,72	25,63	0,29	40,00%	45,00	3,00	0,18%	6,35	0,15	24,77%
74	56,98	0,00	22,22	0,00	39,00%	40,00	0,00	0,18%	7,80	0,00	35,10%
75	63,18	0,00	24,01	0,00	38,00%	39,00	0,00	0,16%	7,20	0,00	29,99%
76	76,83	0,00	25,35	0,00	33,00%	44,00	0,00	0,17%	7,10	0,00	28,00%
77	65,20	0,00	25,43	0,00	39,00%	42,00	0,00	0,17%	7,30	0,00	28,71%
78	48,96	0,00	19,58	0,00	40,00%	35,00	0,00	0,18%	7,90	0,00	40,34%
79	52,20	0,00	20,88	0,00	40,00%	41,00	0,00	0,20%	6,80	0,00	32,57%