

# Desarrollo de microeconomías regionales en la producción de aceites esenciales cosechados en suelos mineros (ANT/RF-16110-RG)

## Producto 20 - Obtención a escala piloto de los aceites esenciales

Dra. Mónica Bellozas Reinhard

Dra. Marisol Minig

Dr. Carlos Moldes

Lic. Victoria Manso



Año 2021



**FONTAGRO**



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento elaborado por la Dra. Mónica Bellozas, Dra. Marisol Minig, Dr. Carlos Moldes y Lic. Victoria Manso.

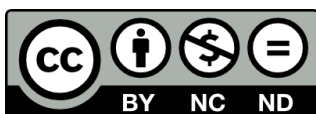
Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

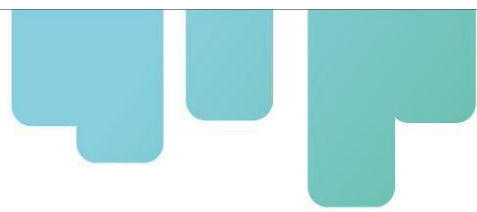
Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>Introducción</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos</b>	<b>7</b>
<b>Metodología</b>	<b>9</b>
<b>Resultados</b>	<b>12</b>
<b>Discusión</b>	<b>26</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>28</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>29</b>
<b>Instituciones participantes</b>	<b>32</b>



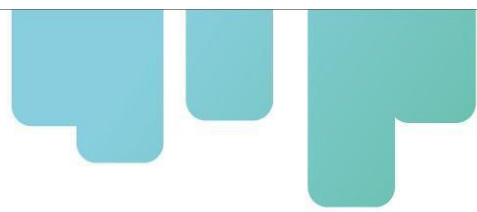
## Resumen / Abstract

Los equipos de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, aunque son muy utilizados, sus métodos requieren ajustar y protocolizar distintos parámetros críticos del proceso, para asegurar los mejores rendimientos y calidad del producto. Realizar experimentaciones en una escala reducida (laboratorio y piloto) es una táctica que permite estimar con eficiencia el proceso a un nivel industrial. De esta manera se logra obtener el desarrollo de un proceso a escala industrial con costos relativamente bajos, comparados con el desarrollo de las experimentaciones a un nivel industrial. El objetivo del presente trabajo fue crear las bases del estudio de escalado en la obtención de aceites esenciales por destilación por arrastre de vapor a distintos niveles (laboratorio y piloto), con el propósito de dar apoyo y asesoramiento a productores locales. En este sentido, se ha realizado el estudio de la logística de transporte y almacenamiento de diferentes materiales vegetales. Se obtuvieron aceites esenciales a escala piloto de especies nativas e introducidas, y se seleccionó la especie *Rosmarinus officinalis* como modelo de estudio para evaluar y optimizar parámetros de la escala piloto. Los parámetros que pudieron ser optimizados en el equipo de destilación de escala piloto fueron la cantidad de material vegetal, el tiempo de destilación y la potencia de las velas calefactoras. Los resultados obtenidos, sentaron base para la generación de un protocolo para el asesoramiento técnico-productivo por parte de la Universidad Nacional de La Pampa hacia la comunidad, más específicamente con destino a productores de la región.

**Palabras Clave:** aceites esenciales, escala laboratorio, escala piloto, *Rosmarinus officinalis*

The equipment for the extraction of essential oils by means of steam dragging, although they are widely used, their methods require adjusting and protocolizing different critical parameters of the process, to ensure the best performance and quality of the product. Performing experiments on a reduced scale (laboratory and pilot) is a tactic that allows the process to be estimated efficiently at an industrial level. In this way, it is possible to obtain the development of a process on an industrial scale with relatively low costs, compared to the development of experiments at an industrial level. The objective of this work was to create the basis for the scaling study in obtaining essential oils by steam distillation at different levels (laboratory and industrial), in order to provide support and advice to local producers. In this sense, the study of the transport and storage logistics of different plant materials has been carried out. Essential oils were obtained on a pilot scale from native and introduced species, and the *Rosmarinus officinalis* species was selected as a study model to evaluate and optimize parameters of the pilot scale. The parameters that could be optimized in the pilot scale distillation equipment were the amount of plant material, the distillation time and the power of the heating candles. The results obtained laid the basis for the generation of a protocol for technical-productive advice by the University towards the community, more specifically for producers in the region.

**Key Words:** essential oils, laboratory scale, pilot scale, *Rosmarinus officinalis*



## Introducción

La producción y el comercio mundial de aceites esenciales es difícil de estimar, debido a que muchos países no registran estadísticas de comercio o son incluidos dentro de un conjunto de productos. Sin embargo, esas estimaciones indican que desde 1990 hasta la actualidad los aceites esenciales se han incrementado tanto en volumen producido como comercializado (Barbieri *et al.*, 2018). El mercado mundial de aceites esenciales genera una continua actualización en las tecnologías y optimización de sus procesos de elaboración, en pos de optimizar la producción en calidad y cantidad (Palacios y Castillo, 2015). Estos productos se pueden obtener mediante varios métodos, entre los que se encuentran la destilación por arrastre de vapor (Patiño *et al.*, 2014), destilación molecular (Pramparo *et al.*, 2008), extracción con disolventes, por fluidos supercríticos y uso de microondas (Peredo-Luna *et al.*, 2009). Además, el impacto de estos procesos es mínimo en el medio ambiente (Cerpa, 2007; Véliz-Jaime y González-Días, 2017). El uso de cada método es importante ya que puede estar asociado con la composición del aceite esencial, siendo el arrastre de vapor el procedimiento industrial más utilizado para la producción comercial de aceites esenciales, pero no siempre el más eficiente (Sevillano *et al.*, 2019).

Los equipos de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, aunque son muy utilizados, sus métodos requieren ajustar y protocolizar distintos parámetros críticos del proceso, para asegurar los mejores rendimientos y calidad del producto (León *et al.*, 2015). Por lo tanto, es necesario involucrarse en experimentaciones realizadas a nivel de laboratorio y de planta piloto, para conocer y determinar las variables de proceso que se deben controlar en una extracción de este tipo. Realizar experimentaciones en una escala reducida (laboratorio y piloto) es una táctica que permite estimar con eficiencia el proceso a un nivel industrial. De esta manera se logra obtener el desarrollo de un proceso a escala industrial con costos relativamente bajos, comparados con el desarrollo de las experimentaciones a un nivel industrial. Además, son procesos por lotes los cuales son flexibles, versátiles y permiten operar con pequeños volúmenes, realizando pruebas antes de su transformación a gran escala (Bandoni, 2002).

Las condiciones de operación deben ser similares a las de la escala industrial, para evitar distorsiones en el rendimiento esperado y disminuir la incertidumbre. La necesidad de establecer una metodología para disponer de un conjunto de pruebas experimentales confiables y reproducibles, es prioritaria y determina la real eficiencia y eficacia de la destilación por arrastre de vapor para obtener un aceite esencial de una potencial planta aromática a industrializar (Cerpa, 2007).

Entre las variables que se deben estudiar para la optimización de distintas escalas de destilación, se debe considerar el procesamiento del material, el tiempo de extracción y la tasa de vaporización, en virtud de lograr el mayor rendimiento de aceite esencial.



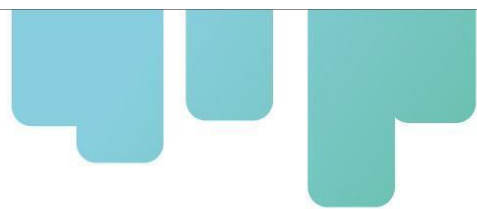
# Objetivos

## Objetivo General

Crear las bases del estudio de escalado en la obtención de aceites esenciales por destilación por arrastre de vapor a distintos niveles (laboratorio - industrial), con el propósito de dar apoyo y asesoramiento a productores locales.

## Objetivos específicos:

- Obtener aceites esenciales de diferentes especies vegetales con un destilador de escala piloto.
- Optimizar los parámetros del equipo de destilación para el proceso de obtención de aceites esenciales.
- Comparar y optimizar los parámetros de escala laboratorio y piloto.
- Realizar estudios aplicados a escala piloto para determinar los distintos rendimientos de aceites esenciales de diferentes materiales vegetales.



## Metodología

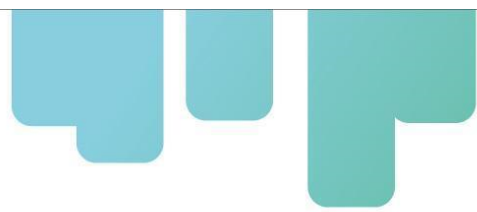
### Material vegetal

Para los ensayos iniciales de obtención de aceites esenciales, se seleccionaron varias especies vegetales aromáticas disponibles en cantidad suficiente para realizar los estudios a escala piloto. Las especies seleccionadas fueron, las que se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1. Especies vegetales seleccionadas para estudio de planta piloto**

Espece vegetal	Parte del vegetal destilado
<i>Schinus molle</i>	Drupa (fruto)
<i>Helianthus petiolaris</i>	Parte aérea (tallo-hoja-flor)
<i>Baccharis spartioides</i>	Parte aérea (tallo-hoja-flor)
<i>Lavandula hybrida</i>	Flor
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Parte aérea (Hoja)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Parte aérea (tallo-hoja)

De las especies anteriormente mencionadas, se utilizó *R. officinalis* (romero) como modelo para la optimización de la colecta, procesado del material vegetal y los parámetros del proceso de destilación. Esta especie tuvo menos requerimientos en el transporte y procesado, pudiéndose también obtener en cantidades suficientes para realizar un estudio a escala de planta piloto. El material vegetal fue recolectado en la finca del Sr. Gabriel Arleti, quien cuenta con un área de 150 m<sup>2</sup> con plantas de entre 3 y 8 años. La finca está ubicada en la localidad de Anguil, a 27 km de la ciudad de Santa Rosa (La Pampa) (36° 31' 27,05"S; 64° 1'6,44"O).



## Colecta, tratamiento del material vegetal y almacenamiento

La colecta de las especies *S. molle*, *Helianthus petiolaris* y *B. spartioides* se realizaron en locaciones de crecimiento natural en forma manual. La especie *L. hybrida* fue recolectada de forma manual en la finca del Sr. Gabriel Arleti anteriormente mencionada.

La colecta de *R. officinalis* se llevó a cabo de forma semi-manual, con una máquina cortacerco NIWA HNW-23 obteniendo hojas y ramas de los últimos 3 tres períodos de elongación de la ramificación. El material colectado fue acondicionado en sacos de capacidad de 50 Kg de material y transportado a las instalaciones del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

El secado del material se llevó a cabo al abrigo del sol y en ambiente ventilado. El proceso de secado se monitorea a partir de muestras representativas del material vegetal que se separan e individualizan para medir su peso hasta lograr peso constante.

El material vegetal seco de romero se sometió a dos procesos diferentes: (1) tallo+hoja: el material original seco se procesó en una trituradora; (2) Hoja: las hojas de material vegetal original fueron separadas del tallo por agitación manual del material seco.

Los distintos materiales vegetales fueron almacenados en ambiente seco y protegido de la luz hasta su destilación.

## Destiladores a escala de laboratorio y planta piloto

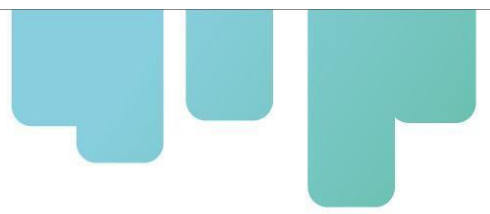
La obtención de aceites esenciales fue realizada en un destilador Figmay escala laboratorio con capacidad de carga de 6 L y un destilador Figmay escala planta piloto con capacidad de carga de 20 L. Las características de los equipamientos están detalladas en la página <https://figmay.com/extractor-de-aceites-esenciales/>.

Dado que el destilador de escala planta piloto requiere grandes cantidades de agua en su circuito de refrigeración del condensador y caldera, se adaptó un sistema externo de recirculación que minimizó el gasto de agua del equipo.

## Protocolo de extracción de aceites esenciales a escala de laboratorio y planta piloto

Denominamos protocolo inicial, al primer protocolo utilizado para evaluar la extracción de aceites esenciales de varias especies aromáticas bajo las mismas condiciones operacionales. Se evaluó en escala de laboratorio, el rendimiento de las especies seleccionadas a partir de 0,5 a 2 Kg de material vegetal seco en un proceso en batch. El tiempo de destilación fue de 40 minutos, y se aplicó una potencia de trabajo a las velas calefactoras de 700 watts. También se obtuvo el rendimiento de aceite esencial con la colecta de varios procesos batch para considerar la producción de mayores pesos de material vegetal seco.





El protocolo inicial a escala de planta piloto consistió también de un proceso en batch en el cual se utilizó entre 2 y 4 Kg de material vegetal seco, en un tiempo de destilación de 110 minutos a una potencia de 1500 watt.

A partir de este protocolo inicial, las variables tiempo de destilación y potencia eléctrica aplicada a las velas calefactoras del destilador (generador de vapor de agua), se modificaron gradualmente para la optimización del proceso de destilación.

## Parámetros de producción y comparativos de escalado

Se llevaron a cabo los cálculos de parámetros de producción y comparativos entre escalas según descrito por Ozek (2012) utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rendimiento (\%): } Y = \frac{V}{m} \cdot 100$$

$$\text{Tasa de productividad (mL Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{): } R = \frac{V}{m \cdot t}$$

$$\text{Rendimiento relativo general: } Y_o = \frac{Y_p}{Y_l}$$

$$\text{Tasa de vaporización (L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{): } TV = \frac{V_{hid}}{m \cdot t}$$

Siendo,

V: volumen de aceite esencial (mL)

V<sub>hid</sub>: volumen de hidrolato (L)

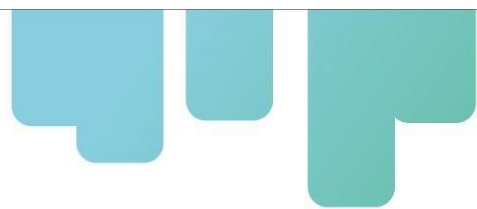
m: masa de material vegetal (Kg)

t: tiempo (h)

Y<sub>p</sub>: rendimiento porcentual a escala de planta piloto

Y<sub>l</sub>: rendimiento porcentual a escala de laboratorio

TV: tasa de vaporización



## Resultados

### Efecto del procesamiento del material vegetal en la obtención de aceites esenciales a escala de laboratorio y planta piloto

Los rendimientos porcentuales de aceite esenciales obtenidos con el protocolo inicial de destilación a escala laboratorio y piloto, se muestran en la tabla 2. En general, se puede observar que en la mayoría de las especies, el rendimiento con el protocolo inicial fue mayor en la escala de laboratorio que en la escala de planta piloto.

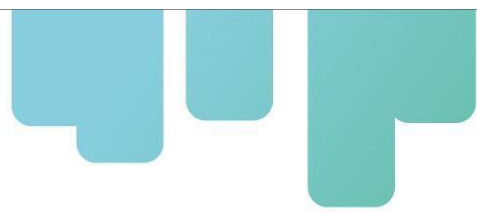
**Tabla 2. Rendimiento de aceites esenciales con protocolo inicial de destilación.**

Especie	Y (%)	Y (%)
	Escala laboratorio	Escala piloto
<i>S. molle</i>	2,30	1,97
<i>H. petiolaris</i>	0,20	0,14
<i>R. eriocalix</i>	NE	0,67
<i>L. hybrida</i>	2,00	1,72
<i>R. officinalis</i>	1,48	1,51

NE: no ensayado

*S. molle* en general tiene una producción de drupas por planta significativa lo que nos permitió obtener material vegetal en cantidad adecuada para realizar ensayos en planta piloto. El material de escala de laboratorio y el de escala piloto pertenecieron a la misma colecta. El proceso de obtención de aceites esenciales de la especie *S. molle*, requirió un tratamiento previo del material vegetal recomendado por bibliografía, el cual consistía en la quebradura de las drupas para liberar el aceite esencial del compartimento intermedio. La rotura de la drupa, también generó la liberación de resinas que dificultaron los procedimientos posteriores de destilación. Tanto el procesado del fruto y la liberación de resinas, contribuyen a la reducción del rendimiento de aceites esenciales (Llanos Arpa, 2012).

*H. petiolaris* sólo requirió como tratamiento previo el secado del material vegetal. Al ser una planta silvestre requiere una logística compleja para la colecta y el traslado hasta la ubicación del destilador. El material utilizado en la escala de laboratorio fue conectado en febrero/marzo



de 2017 mientras que el material procesado y destilado en escala piloto fue colectado en febrero/marzo de 2018. Con el uso del protocolo inicial de destilación, el rendimiento de esta planta resultó ser bajo (tabla 2) y por lo tanto, no se considera que existan diferencias significativas en el rendimiento de aceite esencial entre una colecta y otra.

*L. hybrida*, *R. officinalis* y *R. eriocalix*, resultaron tener una mejor performance en cuanto a la logística, cantidad, tratamiento previo del material vegetal, y rendimiento de aceite esencial. Estas especies se colectaron en la finca del señor Arleti, el transporte del material al laboratorio fue factible, el material vegetal fue fácilmente procesable y los rendimientos de aceites esenciales fueron adecuados para realizar los estudios de escala piloto. La colecta del material vegetal de *L. hybrida*, se realizó en forma totalmente manual, mientras que *R. officinalis* y *R. eriocalix* permitió una operación semi-manual de colecta. Esto fue el determinante para seleccionar *R. officinalis* como especie modelo en el estudio de parámetros para la obtención de aceites esenciales en escala de planta piloto.

## Optimización de parámetros en escala de laboratorio y piloto

En el presente estudio se utilizó para ambas escalas, material vegetal de *R. officinalis* conformados por hojas sin tallo. Los parámetros a evaluar fueron cantidad de biomasa, tiempo de destilado y potencia aplicada a las velas calefactoras. La curva de regresión lineal (figura 1 y 2) indica una correlación casi directa, entre la cantidad de biomasa y el volumen de aceite esencial que puede ser extraído. Por lo tanto, se puede afirmar que la cantidad de biomasa utilizada no tiene influencia en la cantidad de aceite esencial obtenido en el proceso. De éste modo se utilizó la máxima capacidad del canasto contenedor del material vegetal del destilador para cada proceso en batch.

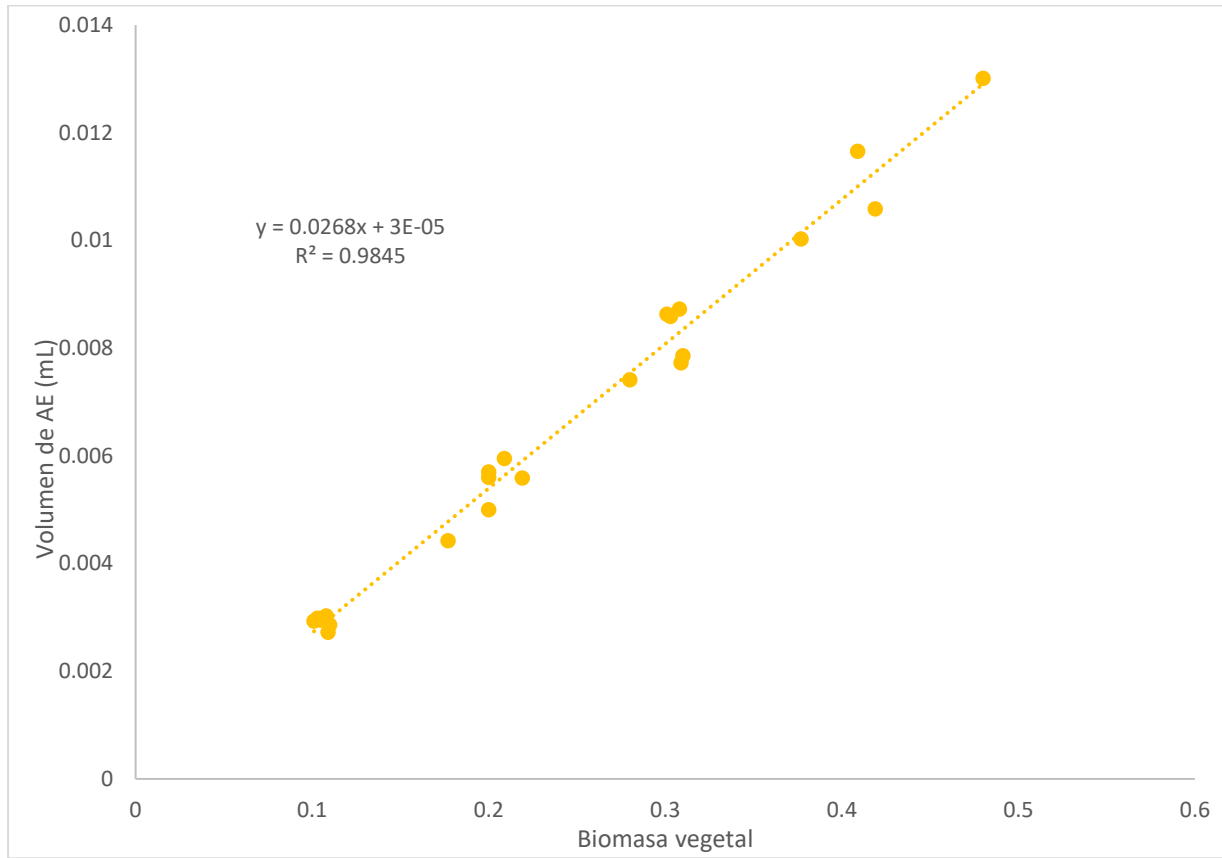


Figura 1. Relación de biomasa (hojas) con volumen de aceites esenciales en escala de laboratorio.

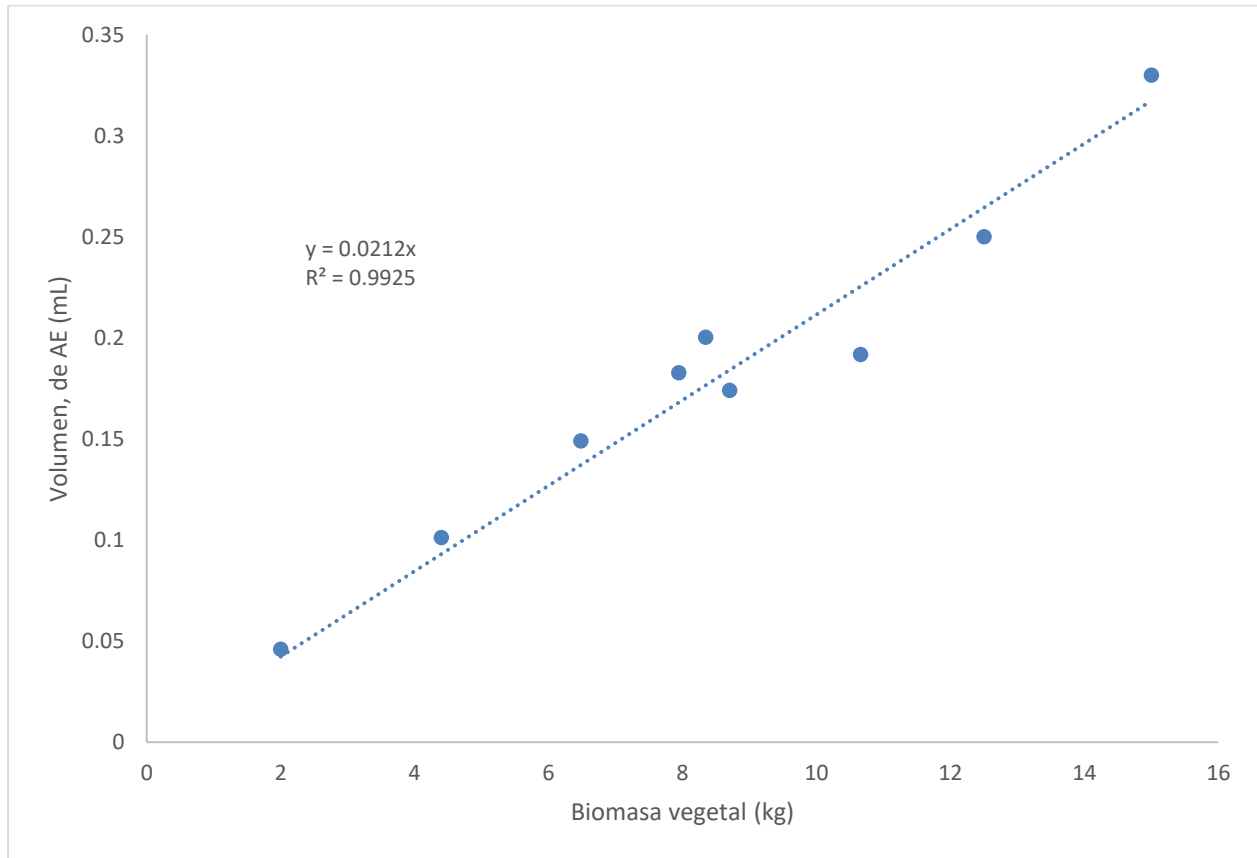


Figura 2. Relación de biomasa (hojas) con volumen de aceites esenciales en escala de planta piloto.

A raíz de este resultado, se determinó el rendimiento de aceites esenciales para la optimización del tiempo de destilado de cada proceso batch. Para ello fueron evaluados 3 tiempos de destilado: 40, 50, y 60 minutos utilizando hoja de romero como material vegetal. La tasa de rendimiento de aceite esencial puede verse en la figura 3. La gráfica muestra que, tanto a escala de laboratorio como a escala de planta piloto, el rendimiento en aceite esencial no varía más allá de los 50 minutos de proceso batch.

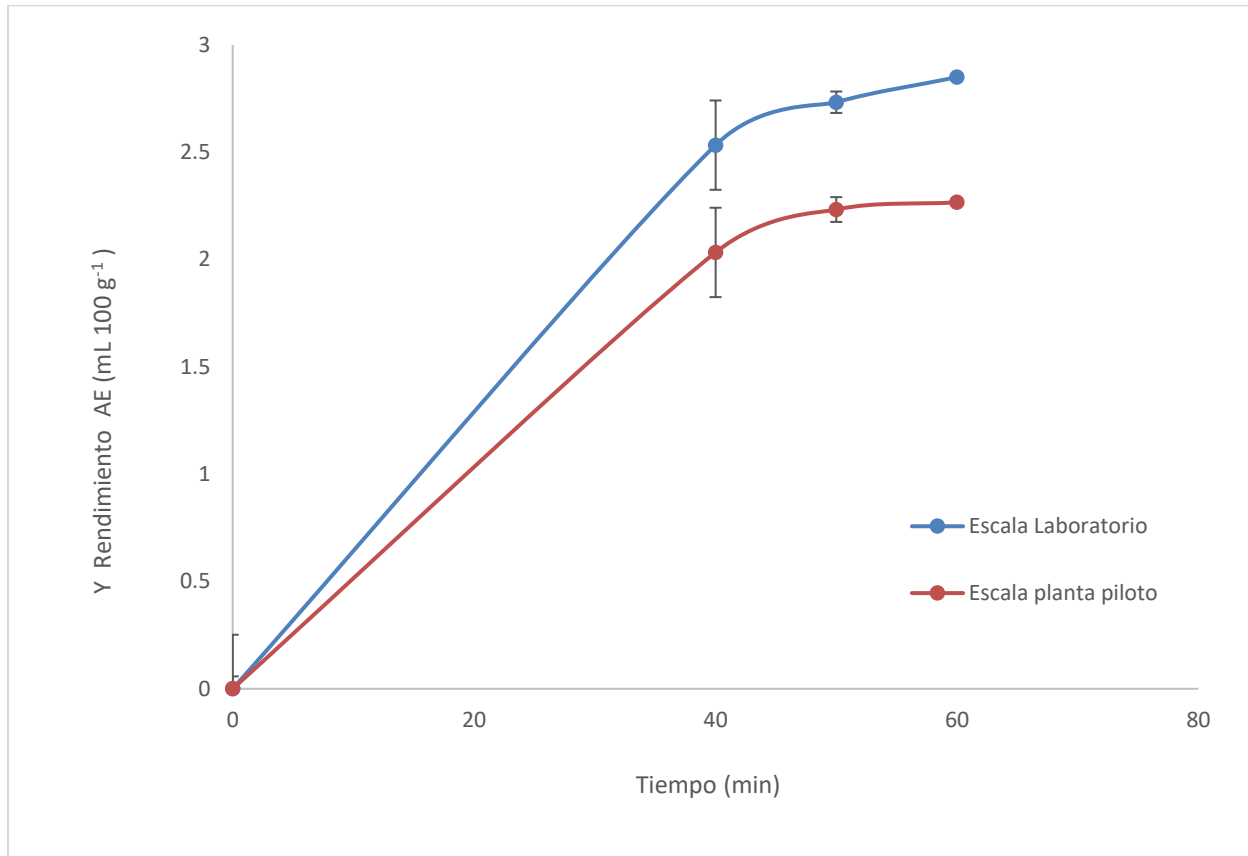


Figura 3. Comparativa de la tasa de rendimiento de aceites esenciales de romero en escala de laboratorio y planta piloto a diferentes tiempos de destilación.

Esta gráfica indicaría que el proceso tendría un tiempo óptimo de 40-50 minutos ya que más allá de ese, la cantidad de aceite esencial obtenido no varía significativamente. Esto puede ser corroborado en la figura 4 donde se muestra que la tasa de productividad, expresada como la cantidad de aceite esencial producido por Kg de biomasa y por tiempo, indica una tasa de productividad cercana a  $0,04 \text{ mL Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  de a los 40 minutos.

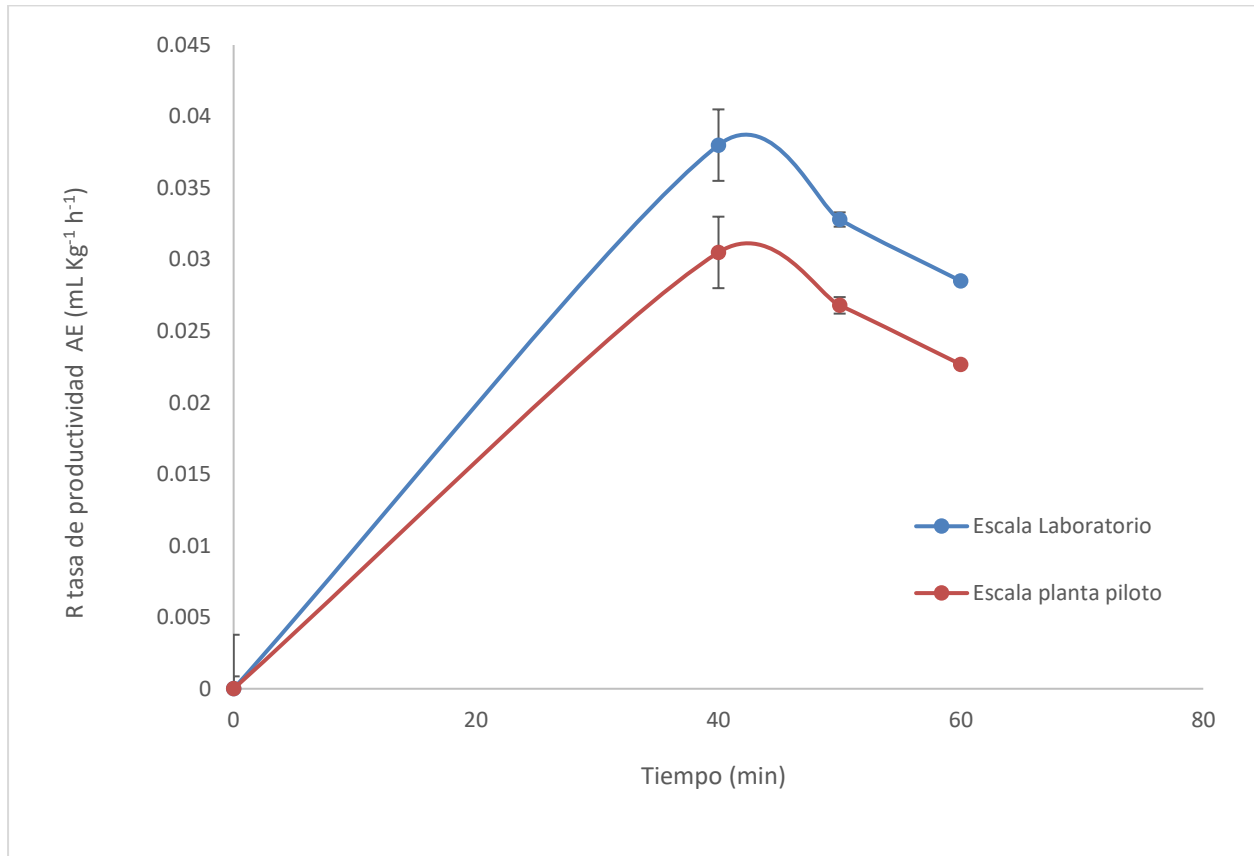


Figura 4. Comparativa de tasa de productividad a escala de laboratorio y escala piloto.

La determinación del volumen de hidrolato obtenido dio lugar al cálculo de la tasa de vaporización, un parámetro que considera la cantidad de agua vaporizada por el generador de vapor del destilador y que tiene estrecha relación con la potencia aplicada a las velas en el proceso de destilado (figura 5). Esto se debe a que, a mayor potencia eléctrica aplicada, se genera de manera proporcional, mayor cantidad de agua vapor que atraviesa el material vegetal.

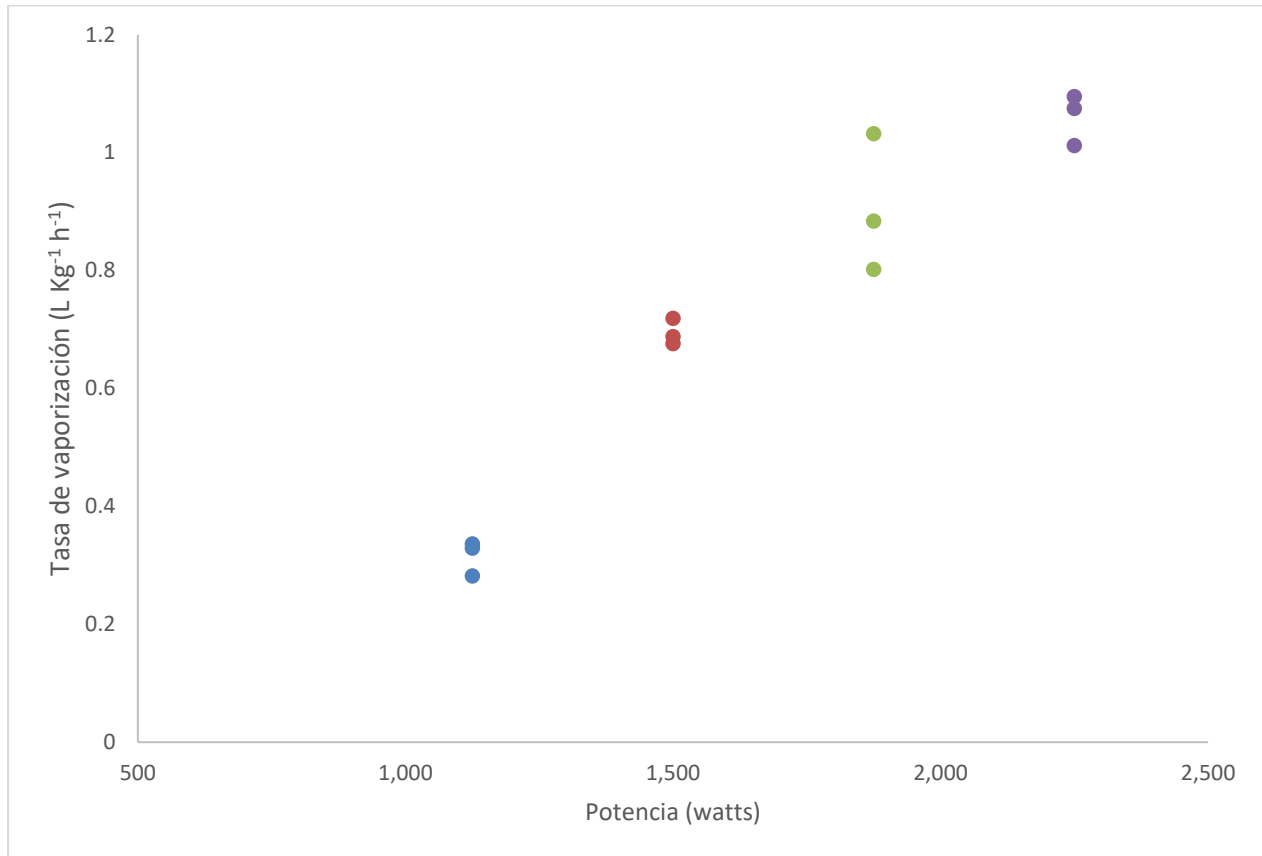


Figura 5. Relación de potencia aplicada y tasa de vaporización.

Si bien la cantidad de hidrolato producido es una medida indirecta de la tasa de evaporación de agua, es posible relacionarla con la potencia aplicada a las velas del equipo. Este parámetro se puede utilizar para optimizar las condiciones de funcionamiento del destilador y obtener aceites esenciales con menor gasto energético. En este sentido, se puede observar en la figura 6 que la tasa de productividad de aceites esenciales aumenta a medida que se incrementa la tasa de evaporación de agua. No obstante, en la práctica, una mayor potencia aplicada a los generadores de vapor también se tradujo en un aumento de la temperatura del agua de salida del destilador, y en consecuencia, el calentamiento del agua del recirculador. En consecuencia, se debió refrigerar el agua del recirculador para evitar que éste proveyera con agua caliente al destilador. Cuando el agua del recirculador no fue refrigerada, se observó una disminución del volumen de aceite esencial obtenido debido a la baja eficiencia del condensador (datos no mostrados); en algunos procesos batch llegaron a activarse los mecanismos de seguridad (corte) del equipo. Finalmente, se determinó que una potencia mayor a 1500 watts requería de la instalación de un sistema de refrigeración adecuado para el recirculador.

En los procesos de destilación en los que la refrigeración del recirculador fue eficiente, pudo determinarse que la tasa de producción de aceites esenciales aumentó conforme a la tasa de vaporización (o la potencia aplicada) observándose un incremento proporcional (figura 6).



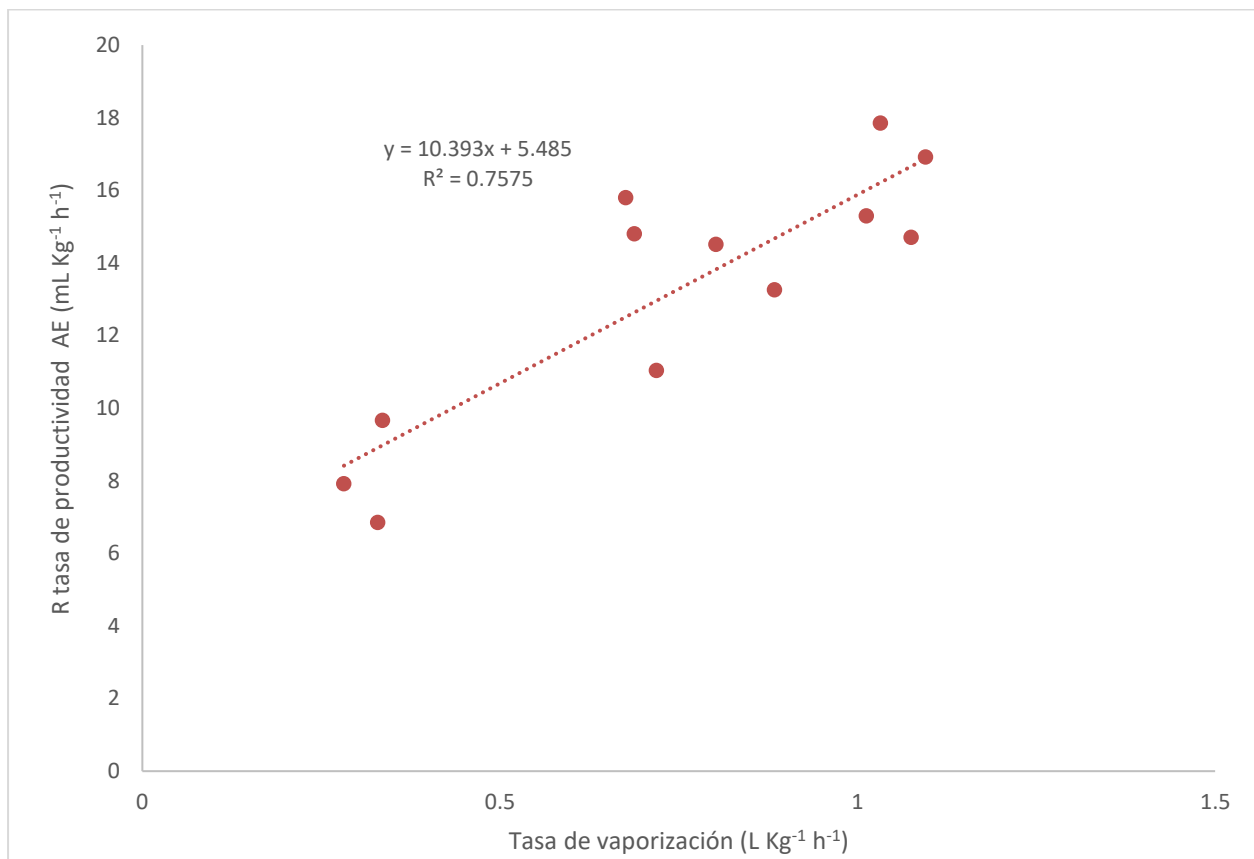


Figura 6. Relación de la tasa de vaporización con la tasa de productividad.

Sin embargo, el rendimiento de aceites esenciales no tiene un comportamiento lineal, sino que tiene un comportamiento asintótico a medida que aumenta la tasa de evaporación (figura 7). Esto está relacionado con el límite que impone la cantidad total de aceite esencial contenida en el material vegetal. Considerando las figuras 6 y 7, podemos observar que la tasa de evaporación óptima para el proceso se encuentra entre 0,75- 1 L Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

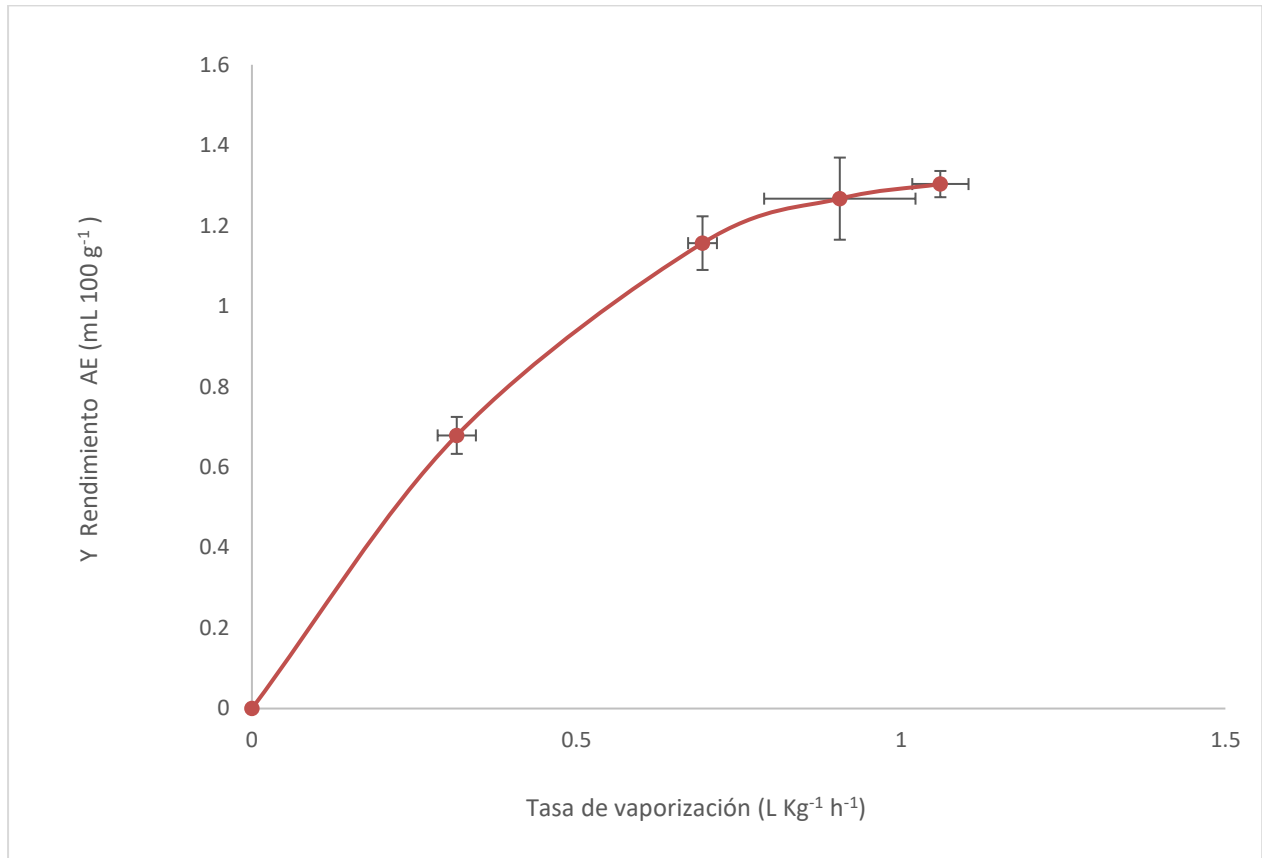
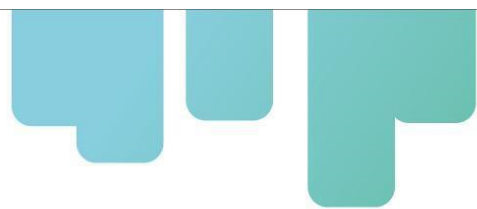


Figura 7. Relación de rendimiento de aceites esenciales con la tasa de vaporización.

## Producción de aceites esenciales de diversas fuentes en planta piloto

La destilación de las especies aromáticas, se realizó con el protocolo inicial para la obtención de aceites esenciales. Se evaluaron aspectos prácticos del proceso como logística, complejidad del acondicionamiento del material vegetal y rendimiento del aceite esencial. En la tabla 2 se detallan las cantidades procesadas de los distintos materiales vegetales que se destilaron con el equipo de planta piloto.



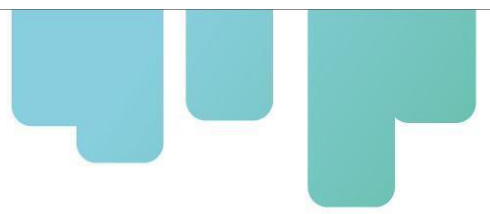
**Tabla 2. Especies vegetales seleccionadas para la evaluación de la escala piloto.**

Espece vegetal	Año de colecta	Material vegetal seco (Kg)	Vol de aceite esencial obtenido (mL)
<i>L. hybrida</i>	2018	17,00	400
<i>H. petiolaris</i>	2018	47,00	35
<i>S. molle</i>	2019	57,20	1125
<i>H. petiolaris</i>	2019	7,25	10
<i>R. officinalis</i>	2019	73,00	1000
<i>R. eriocalix</i>	2020	21,89	148
<i>L. hybrida</i>	2021	8,26	192,9
<i>R. officinalis</i>	2020-2021	228,62	2355

### Estudios aplicados

#### Efecto de la época de colecta en el rendimiento de aceites esenciales de *R. officinalis*

Se utilizó *R. officinalis* como material vegetal modelo para el estudio de productividad, en distintas colectas de la planta. Para ellos se realizaron tres colectas del mismo sitio (Finca del Sr. Arleti) en los meses de noviembre y diciembre de 2020 y febrero de 2021. El material utilizado fue hojas con tallos *R. officinalis* en las siguientes condiciones de destilación: tiempo 50 minutos; potencia 1500 watts (tasa de vaporización  $\sim 0,8 \text{ L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Si bien no parece haber



diferencias significativas en el rendimiento, se puede observar en la figura 8 que la colecta de noviembre (primavera) se obtiene el mayor rendimiento de aceite esencial, mientras que la colecta de diciembre (inicio de verano) se observa una merma en el rendimiento. En febrero (final de verano) se vuelve a observar un leve incremento en el rendimiento. El rendimiento estaría en relación a la abundancia de la floración los cuales se dan en primavera y finales de verano-otoño.

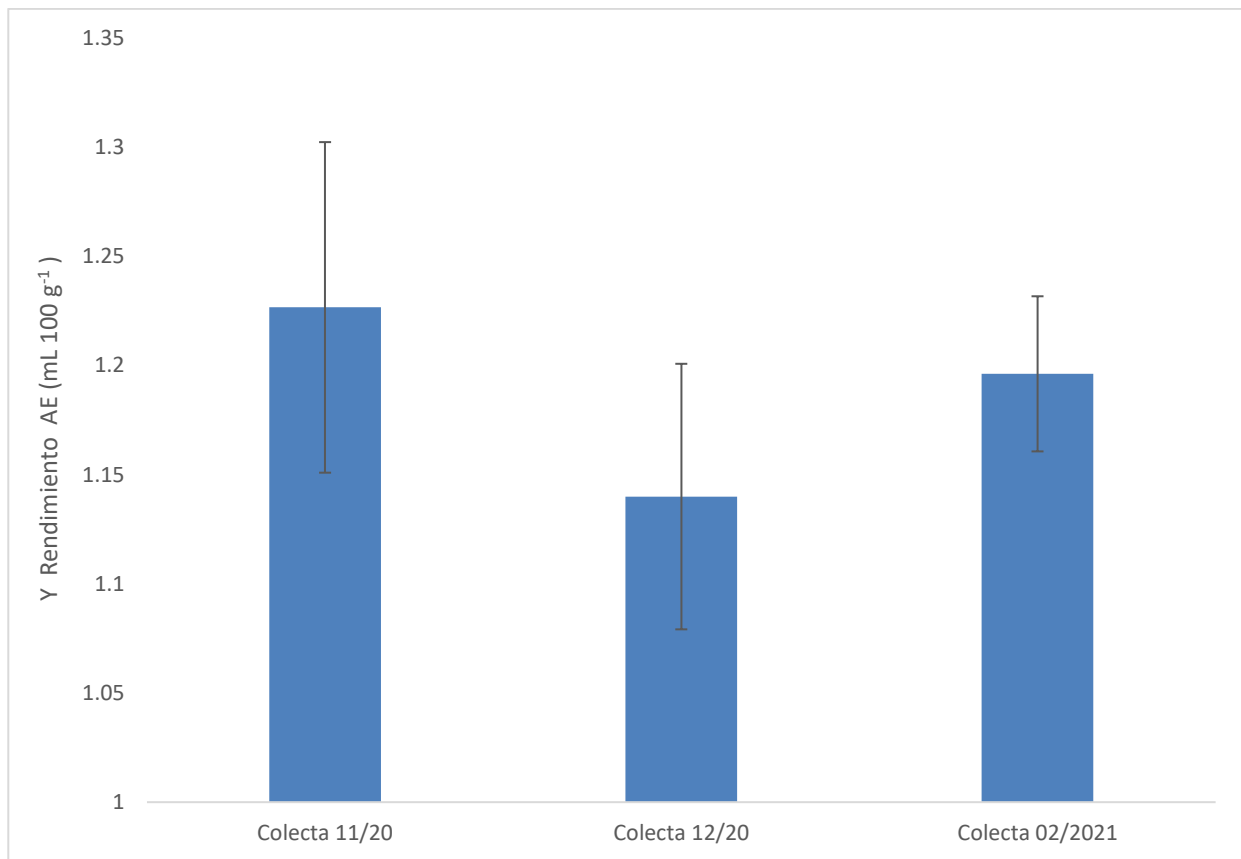


Figura 8. Rendimiento de aceite esencial de romero en tres épocas de colecta.

### Rendimiento de los tipos de material vegetal de *R. officinalis*

En el presente estudio se utilizó material vegetal de *R. officinalis* conformados por hojas sin tallo y con tallo. La relación de biomasa y volumen de aceite esencial obtenido se obtuvo por destilación del material a una potencia de 1500 watts para las velas calefactoras durante 40 minutos. De la misma manera que fue observado en el estudio de escalado de destilación (figuras 1 y 2), los volúmenes de aceite esencial de hoja con tallo y hoja sin tallo tuvieron un comportamiento lineal (figura 9). Por lo tanto, también se puede afirmar que la cantidad de biomasa utilizada no tiene influencia en la cantidad de aceite esencial obtenido en el proceso.

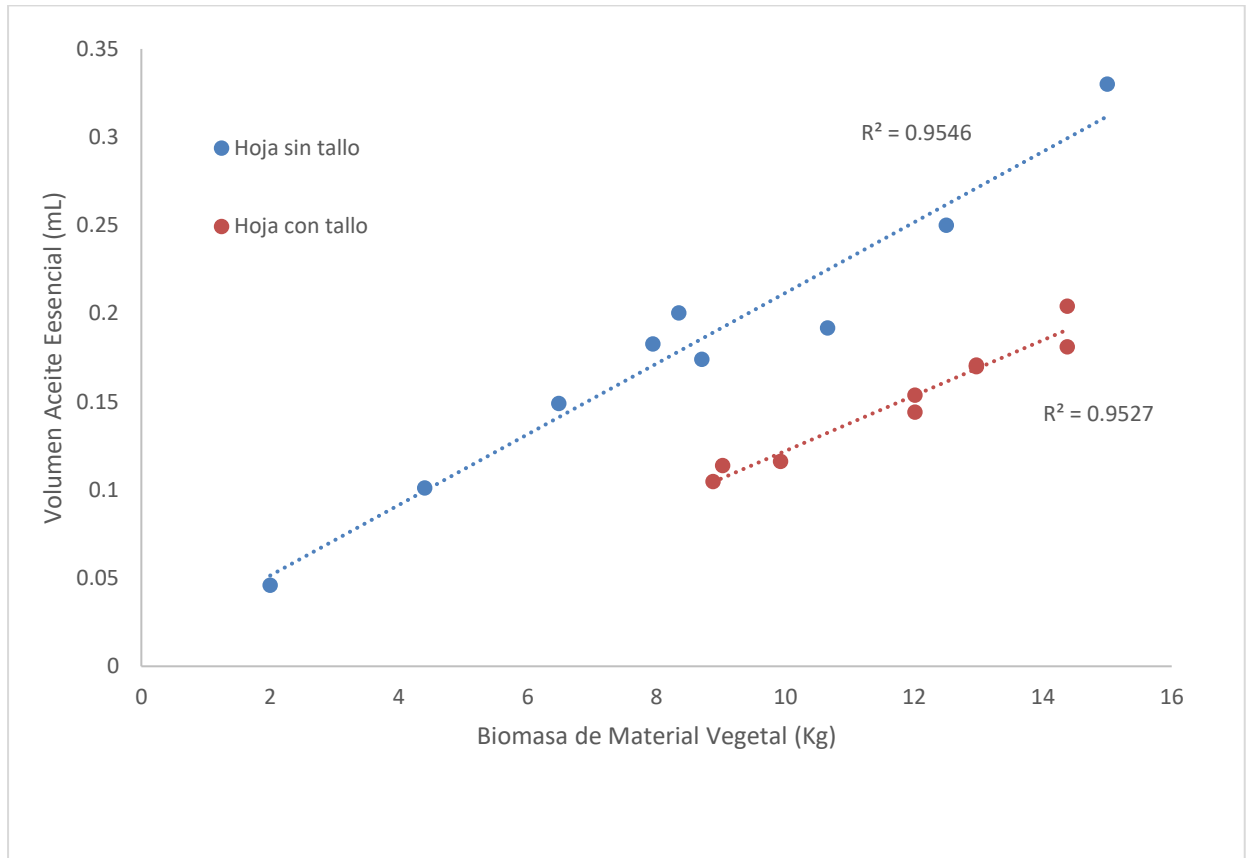


Figura 9. Relación de biomasa con volumen de aceites esenciales en escala de planta piloto para hoja sin tallo y hoja con tallo de *R. officinalis*.

El rendimiento (figura 10) y la tasa de productividad (figura 11) se incrementaron en aproximadamente un 42% cuando el material vegetal era hoja sin tallo. En estas condiciones de operación, la mayor tasa de productividad se encuentra entre los 40 y 50 minutos de destilación. Con estos resultados se puede estimar el gasto máximo de tiempo y energía que puede tener el procesado del material vegetal, para que éste no influya en el balance de costo/beneficio de la producción de aceites esenciales.

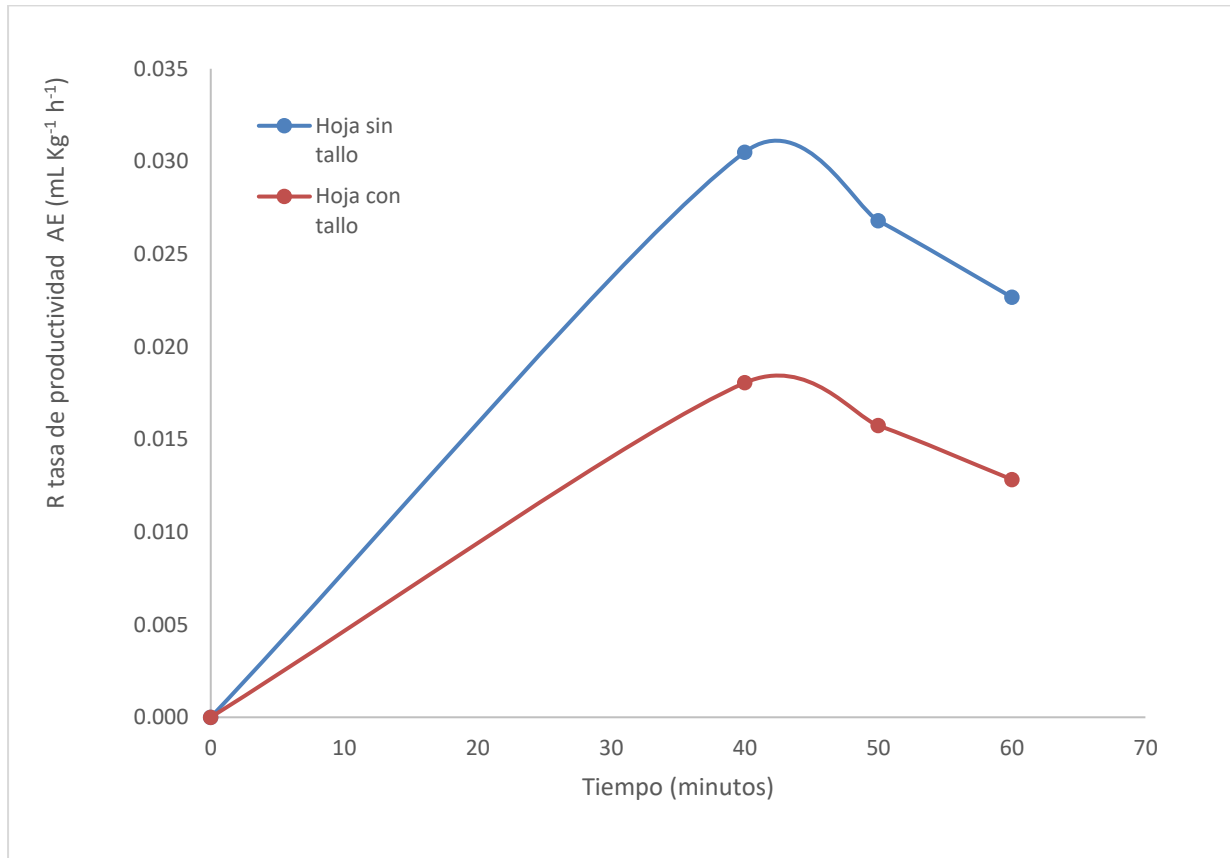


Figura 10. Rendimiento de hoja y hoja con tallo de *R. officinalis*.

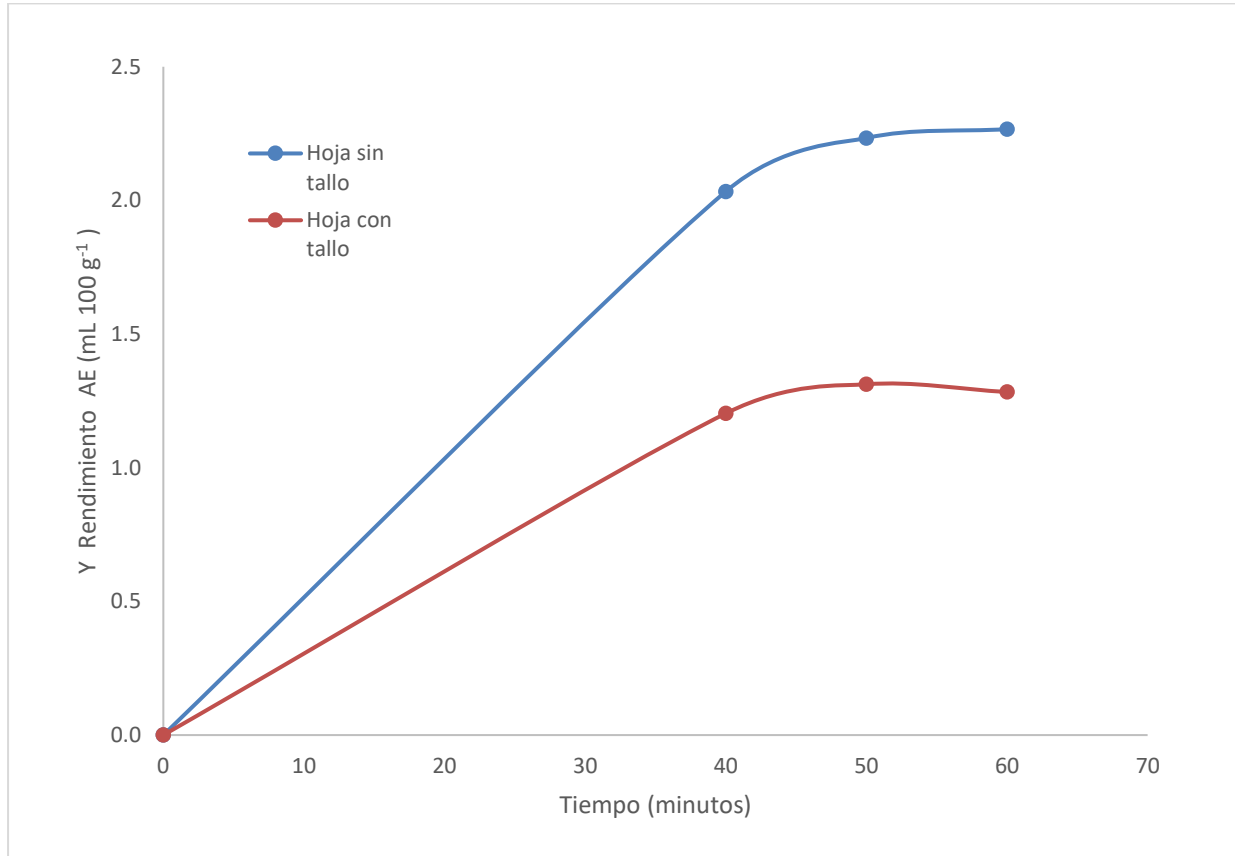
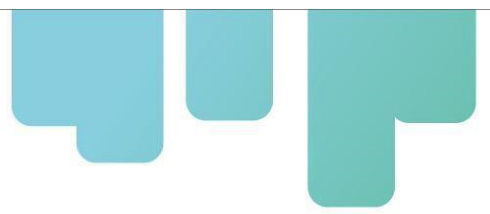


Figura 11. Tasa de productividad de hoja y hoja + tallo de *R. officinalis*.



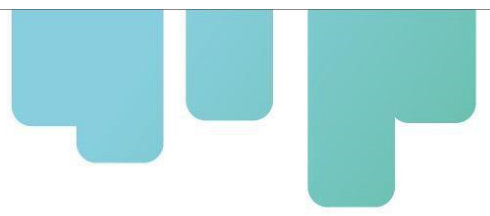
## Discusión

Según Bandoni (2000) las variables críticas que deben ajustarse para optimizar el proceso de extracción son: la presión y el tipo de vapor usado (saturado o sobrecalentado), el tiempo de extracción, el grado de compactación del material, y la temperatura de condensación empleada. El motivo más importante de la optimización de estos parámetros es, alcanzar la normalización de todo el procedimiento, de manera de conseguir siempre las mismas condiciones para obtener los mismos resultados.

La destilación por arrastre de vapor a escala piloto y de laboratorio, se realizó con dos equipos provenientes de un mismo fabricante (Figmay SRL). Estos equipamientos no son de gran complejidad técnica y sus parámetros para optimizar son la cantidad de material vegetal, la potencia de las velas calefactoras y el tiempo de destilado. Existen otros parámetros a evaluar en el proceso de obtención pero que no son inherentes al equipamiento. Entre ellos se puede mencionar el tratamiento previo del material vegetal y la época de colecta de la especie. También es posible manejar parámetros que tienen que ver con el sistema de reciclaje de agua, como la velocidad de circulación y temperatura del agua que a su vez permite el control de la temperatura de condensación. Para estudios detallados de estos parámetros, se está en proceso de diseño del sistema de refrigeración y control de temperatura, así como la instalación de un flujómetro. Por lo pronto, el control del sistema de reciclaje de agua se viene realizando manualmente ajustando los flujos y temperaturas, de manera que no se activen los sistemas de alarma y apagado del destilador.

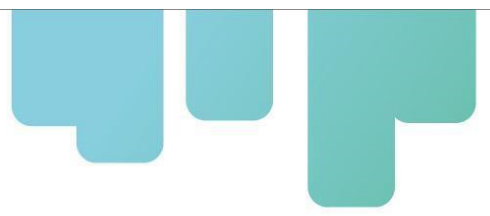
En los estudios que se realizaron para la obtención de aceites esenciales de *R. officinalis*, fueron monitoreados todos los parámetros medibles y se sentaron las bases para el servicio y asesoramiento técnico en la producción en gran escala de aceites esenciales. De esta manera se pudo establecer el siguiente protocolo de trabajo: (1) optimización de época de colecta; (2) optimización del tratamiento previo; (3) optimización de los biomasa destilada; (4) optimización del tiempo de destilación; (5) optimización de la potencia de las velas calefactoras y (6) determinación de la tasa de productividad para las diferentes condiciones evaluadas. Este protocolo permitirá evaluar la producción de aceites esenciales de otras especies, incluidas aquellas no comerciales pero con potencial biotecnológico como *H. petiolaris* y *B. spartioides*. Las especies *S. molle* y *H. petiolaris* fueron objeto del estudio inicial de la escala piloto. Son especies silvestres de amplia dispersión en la región. Desde el punto de vista conservacionista, estas especies tienen una población natural suficientemente amplia como para ser consideradas en un manejo sustentable del recurso, para la obtención de aceites esenciales. Sin embargo, se justifica la permanencia de una especie en este rubro, si su población natural existente es suficientemente amplia, como para permitir un manejo sustentable de su explotación (Bandoni, 2000). La domesticación sería requerida en tanto la demanda del aceite esencial de estas especies encuentren más utilidades y mercados. En el caso *H. petiolaris* y *B. spartioides*, son especies sin difusión en los mercados de aceites esenciales por lo que aún, la estrategia conservacionista no implica una domesticación o viverización de las especies. En el caso de *S.*





*molle*, el aceite esencial tiene aplicaciones industriales que justifican la viverización y la producción en gran escala de este cultivo (Díaz, 2018). Al igual que *S. molle*, los aceites esenciales de lavanda y romero tienen aplicaciones industriales que le dan un valor comercial importante. Estos cultivos se han domesticado a tal punto que es poca la relevancia de su dispersión silvestre y la obtención de aceites esenciales se da a partir de material vegetal obtenida en áreas de especialización de cultivos.

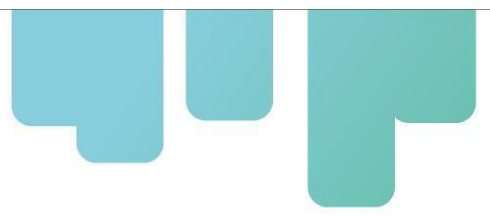
La obtención de los aceites esenciales de *L. hybrida* y *R. officinalis* requieren de equipamientos que puedan procesar gran cantidad de material vegetal para producir altos volúmenes de aceite esencial. Estos destiladores generalmente son diseñados para optimizar la relación costo/beneficio, con el propósito de obtener el mayor rendimiento de aceite esencial. De éste modo, se puede recopilar información experimental para poder ofrecer procesos ajustados al contexto local, como una alternativa regional para la extracción de aceites esenciales a partir de la biomasa vegetal aportada por productores. En este sentido, el desarrollo de métodos de extracción de aceites esenciales a escala piloto en el ámbito de la Universidad Nacional de La Pampa puede generar servicio y apoyo técnico para la instalación de emprendimientos que impliquen la obtención de aceites esenciales.



## Conclusiones

La adquisición de un equipo de destilación por arrastre de vapor de planta piloto, ha permitido generar protocolos para el estudio del escalado en la producción de aceites esenciales. Se pudo identificar los parámetros a evaluar y optimizar para cada especie vegetal estudiada en las distintas etapas de la producción de aceites esenciales. De ésta manera se determinaron así las características favorables y las dificultades de su producción, como la logística, el procesado del material y la obtención de aceites esenciales.

Los resultados obtenidos, sentaron base para la generación de un protocolo para el asesoramiento técnico-productivo por parte de la Universidad Nacional de La Pampa hacia la comunidad, más específicamente con destino a productores de la región. En tal sentido, se ha logrado la articulación de actividades con algunos productores que han provisto materiales vegetales para el estudio. Ellos continuarán en relación con la Universidad en la creación de nuevos protocolos y emprendimientos relacionados a la producción de aceites esenciales.



## Referencias Bibliográficas

- Bandoni, A (2002). “Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores”. Cyted Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, ISBN: 987-43-6072-0.
- Barbieri, C y Borsotto, P (2018). “Essential oils: market & legislation”. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77725>
- Cerpa Chávez, M (2007). “Hidrodestilacion de aceites esenciales: modelado Y caracterización”. (Tesis Doctoral). Universidad de Valladolid, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Valladolid.
- Díaz, B (2018). “Química industrial del molle (*Schinus molle* L.)”. Editorial: Autores de Argentina. ISBN 978-987-761-618-7.
- Llanos Arapa, K (2012). “Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.)”. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Jorge Basarre Grohmann, Tacna, Perú.
- Ozek, T (2012) Distillation Parameters for Pilot Plant Production of *Laurus nobilis* Essential oil. Records of Natural Products. Volume (6) pp. 135-143
- Palacios, L y Castillo, W (2015). “Modelamiento de extracción del aceite esencial de *Aloysia citriodora* y *Schinus molle*”. Revista Ingeniería. Volumen (2), pp. 14-24.
- Patiño, L Saavedra, A y Martínez, J (2014). “Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero”. Ciencias Tecnológicas y Agrarias Sucre. Pp. 14
- Peredo Luna, H Palou García, E y López Malo, A (2009). “Aceites esenciales: métodos de extracción”. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Recuperado de <https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3>.
- Pramparo, M Leone, I y Martinello, M (2008). “Simulation of deacidification process by molecular distillation of deodorizer distillate”. Latin American Applied Research. Volumen (38), pp. 299-304.
- Sevillano, R Siche, R Castillo, W y Silva E (2019). “Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales”. Manglar Revista de Investigaciones Científicas. Volumen (16), pp. 53-61.

## Instituciones participantes

**AREANDINA**  
Fundación Universitaria del Área Andina

**ciB** Corporación para  
Investigaciones  
Biológicas  
*La Ciencia al Servicio de la Vida*

**Corpoica**  
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

 UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA



**ASOPROKAM**  
Asociación de Productores Agro Ecológicos  
Indígenas Kankuamos de La Sierra Nevada de Santa Marta

  
**UNLPam**  
Universidad Nacional de La Pampa

**UPC** UNIVERSIDAD  
Popular del Cesar

**INTA**  
Instituto Nacional  
de Tecnología Agropecuaria

**CONICET**  
Consejo Nacional de Investigaciones  
Científicas y Técnicas

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)