

Optimización de la extracción de aceite esencial de *Cymbopogon citratus* por arrastre de vapor

Optimization of essential oil extraction from Cymbopogon citratus by steam distillation

Pedro Briceño*, **Adriana Urdaneta**, **Rony López**, **Wilmellys Segovia**, **Darcys Rodríguez**,
María Hidalgo, **Karina Tablante**, **Jorge Escárte**, **Edwin Escárte**

Instituto Nacional de Nutrición. Caracas – Venezuela.

Artículo de investigación

***Autor de correspondencia:** macuaranp1@gmail.com

Recibido: 05/05/2025

Recibido en forma revisada: 20/05/2025

Aceptado: 15/07/2025

Resumen

La optimización se refiere a la mejora continua y sistemática de los procesos, para aumentar la eficiencia, reducir costos, ajustar la calidad y el uso de los recursos. Implica el análisis y la modificación de los procesos existentes para eliminar desperdicios,

automatizar tareas repetitivas y asegurar que los procesos cumplan con los objetivos propuestos. El presente estudio tiene como objetivo la optimización de las condiciones del proceso, basada en el análisis estadístico bajo el modelo de “Efectos Principales”, en el que se espera que el efecto combinado de

Pedro Briceño ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8405-8258>. Licenciado en Seguridad Alimentaria y Cultura Nutricional (Universidad Bolivariana de Venezuela). MSc. en Ingeniería Agroindustrial (UNELLEZ). Coordinador Central de la Gerencia de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

Adriana Urdaneta. Licenciada en Nutrición (Universidad del Zulia), MSc. en Nutrición y Alimentación Funcional (Universidad del Sur de Urales, Rusia). Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Nutrición.

Rony López. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1212-1020>. Licenciado en Biología, mención Ecología (Universidad Central de Venezuela). Gerente de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

Wilmellys Segovia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3351-1817>. Ingeniera en Agroalimentación, (Universidad Politécnica Territorial de los Llanos Juana Ramírez). Asistente de la Gerencia de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

Darcys Rodríguez. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2110-7717>. Ingeniera en Agroalimentación (Universidad Politécnica Territorial de Paria Luis Mariano Rivera). Coordinadora Central de la Gerencia de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

María Hidalgo. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6767-5859>. Licenciada en Seguridad Alimentaria y Cultura Nutricional. (Universidad Bolivariana de Venezuela). Analista Investigadora del área de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

Karina Tablante. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8649-1984>. Ingeniera Agrónoma de Producción, mención Producción Vegetal (Universidad Experimental de los Llanos Centrales "Rómulo Gallegos"). Analista Investigador de la Gerencia de Formulación y Desarrollo de Alimentos. Sede Central.

Jorge Escárte. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8748-0272>. Licenciado en Biología, mención en Biología Celular. Analista Investigador en el área de Formulación y Desarrollo de Alimentos.

Edwin Escárte. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8473-1025>. Estudiante de Análisis y Diseño de Sistemas de la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada. Auxiliar de Laboratorio del área de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

cambiar todos los factores sea la suma de los efectos de cambiar cada factor de forma individual. Se persigue realizar una estimación de todos los efectos de los factores a partir de los datos obtenidos del estudio de las variables densidad de carga, tiempo de extracción y temperatura de calentamiento con relación al rendimiento. El estudio determinó que la variable densidad de carga es el único factor significativo en términos estadísticos, que incide con mayor peso en la optimización del proceso, por lo tanto, un aporte de esta investigación es la determinación de esta variable como fundamental en la mejora de procesos destinados a la extracción de aceite esencial de *Cymbopogon citratus*. Por otro lado, el rendimiento obtenido es de 0,26%; dicho valor es superior al reportado en la bibliografía consultada. El modelo optimizado obtenido determinó las condiciones de trabajo mejoradas a 95 °C, con una densidad de 1500 gramos y un tiempo de 60 minutos.

Palabras Clave: *Cymbopogon citratus*, arrastre de vapor, aceites esenciales, optimización.

Abstract

Optimization refers to the continuous and systematic improvement of processes to increase efficiency, reduce costs, and adjust

quality and resource utilization. It involves the analysis and modification of existing processes to eliminate waste, automate repetitive tasks, and ensure that processes meet proposed objectives. The objective of this study is to optimize process conditions based on statistical analysis under the "Principal Effects" model, in which the combined effect of changing all factors is expected to be the sum of the effects of changing each factor individually. The objective is to estimate all the effects of the factors based on data obtained from the study of the variables charge density, extraction time, and heating temperature in relation to yield. The study determined that charge density is the only statistically significant factor with the greatest impact on process optimization. Therefore, a fundamental contribution of this research is the determination of this variable as fundamental to the improvement of processes for the extraction of *Cymbopogon citratus* essential oil. On the other hand, the yield obtained was 0.26%, a value higher than that reported in the literature. The optimized model obtained determined improved working conditions at 95°C, with a density of 1,500 grams and a time of 60 minutes.

Keywords: *Cymbopogon citratus*, vapor entrainment, essential oils, optimization.

1. Introducción

Históricamente, los aceites esenciales han sido muy apreciados por sus propiedades terapéuticas, aromáticas, cosméticas y alimenticias. Con el devenir del tiempo, la continua transformación de las distintas revoluciones industriales y el avance tecnológico que en consecuencia se ha producido, se ha logrado ampliar el conocimiento sobre estas sustancias y perfeccionar los métodos existentes para su producción a gran escala.

A su vez, esta evolución, incentiva la optimización de los equipos usados diariamente, para aumentar su rentabilidad y eficiencia. El proceso de arrastre de vapor, para obtener aceites esenciales, usado desde la antigüedad hasta el presente, del mismo modo, ha demostrado su cualidad de ser amigo del medio ambiente: gracias al mínimo impacto generado; también ha contribuido a cerrar el ciclo de producción-consumo de materiales renovables en nuestro planeta y por el uso del agua, como insumo del proceso (Palacios y Castillo, 2015, p.15). El arrastre de vapor es el procedimiento industrial más utilizado para la producción comercial de aceites esenciales, pero puede influir en la variación de la composición de los aceites esenciales (Sadeh, Nitzan,

Chaimovitsh, Shachter y Ghanim, 2019, p. 2).

Existe un amplio conocimiento del proceso para obtener aceites esenciales usando el agua como agente de extracción. Sin embargo, sólo en algunas materias primas se ha realizado modificaciones para controlar y optimizar el proceso de extracción (Sevillano, Siche, Castillo, y Silva, 2019, p.54). Esta optimización es importante porque permite formular modelados matemáticos descriptivos de esos fenómenos, determinar cuál es el impacto de las variables de operación en el rendimiento y calidad de los productos, dimensionar equipos a una escala superior, y simular el proceso. Así se evita la necesidad de construir una planta industrial o de realizar pruebas onerosas y numerosas a escala piloto, las cuales sólo sirven para una materia prima, determinadas condiciones de operación y escala de producción (Sevillano *et. al., ob cit.*).

El malojillo (*Cymbopogon citratus*) se utiliza en medicina tradicional como expectorante y antigripal, y sus preparados se utilizan por sus efectos ansiolíticos, hipnóticos, analgésicos y diuréticos (Antolinez, de Colmenares, Usubillaga, Darghan y Linares, 2008). Dentro de sus usos y beneficios reconocidos están sus

propiedades antimutagénicas, anticancerígenas y antioxidantes por sus principales compuestos como el citral, β -mirceno y geraniol; combate la bacteria *Helicobacter pylori* dado los compuestos antimicrobianos que posee; incluye acciones antiinflamatorias y antioxidantes, además de sus propiedades relajantes y para aromaterapia (Durán, 2021). El citral que puede ser aislado de *Cymbopogon citratus* se utiliza para la síntesis de iononas, materia prima para la obtención de la vitamina A (Stashenko, 2009).

El presente estudio tiene como objetivo la optimización de las condiciones del proceso, basada en el análisis estadístico bajo el modelo de “Efectos Principales”, en el que se espera que el efecto combinado de cambiar todos los factores sea la suma de los efectos de cambiar cada factor de forma individual. Se persigue realizar una estimación de todos los efectos de los factores a partir de los datos obtenidos del estudio de las variables densidad de carga, tiempo de extracción y temperatura de calentamiento con relación al rendimiento.

Se optimizaron los parámetros de funcionamiento del equipo en función de la materia prima a utilizar para extraer su aceite esencial, de cada ensayo se determinará el rendimiento y se compararán con datos

bibliográficos. Con esos datos, se obtendrán los respectivos análisis de resultados con soporte estadístico, bajo el diseño experimental previamente establecido.

A tal efecto, la investigación explora bajo un diseño experimental simulado con el programa JMP.

La población muestral contempla la adquisición de plantas de *Cymbopogon citratus* originarias de cultivos ubicados en la parroquia el Junquito, Km 16, Caracas, Venezuela, bajo las condiciones de siembra siguientes: separación entre plantas de 70 cm y 70 cm de separación entre hileras, con un primer corte a los dos meses de edad, sembrados en el período de lluvia, contemplado entre mayo y julio de 2024, ubicado en las inmediaciones de una parcela a 1710 m.s.n.m.

Auccapiña, Champi y Lino (2017), obtuvieron un rendimiento promedio de 0,36 % en un estudio de extracción de aceite esencial de *Cymbopogon Citratus*, por arrastre de vapor, para su respectiva evaluación en actividad antibacteriana. Otros investigadores como Aguilar y Torres (2023), obtuvieron un rango de rendimiento entre 0,15 y 0,25%.

Por su parte, Durán, Quintero y Durán (2017), obtuvieron rendimientos promedios del 0,35% para la extracción de aceite

esencial de *Cymbopogon citratus* por arrastre de vapor.

Interrogantes de la investigación

La investigación se enmarcó en la búsqueda de respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Verdaderamente puede la destilación por arrastre de vapor afectar el rendimiento de aceite esencial de *Cymbopogon citratus*? De ser afirmativa la respuesta anterior, ¿qué factores afectan y en qué grado intervienen en la destilación?

2. Metodología

El modelo que se plantea a partir de la teorización de los resultados de la medición de las variables densidad de carga, la temperatura de calentamiento y el tiempo de extracción en el rendimiento del aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, llevado a cabo mediante el uso y puesta a punto de un montaje en corriente de vapor a escala de laboratorio, se enmarcó dentro del paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, diseño de campo y de carácter experimental, bajo el modelo programado de efectos principales, dado por el programa JMP 18, en el cual se espera que el efecto combinado de cambiar todos los factores sea la suma de los efectos de cambiar cada factor de forma individual. En este sentido, se espera que los factores de los efectos sean aditivos, con lo cual se

quiere realizar una estimación de todos los efectos a partir de los datos.

Las mismas fueron trasladadas al Laboratorio de Formulación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición, ubicado en la Parroquia San Juan, Avenida Baralt, Esquina El Carmen, Quinta Crespo, Caracas. Una vez, trasladadas, se pesaron, se clasificaron y se trocearon con un tamaño promedio de 1 cm, sin deshidratar ni secar. Posteriormente, se sometieron a un tratamiento previo de selección de hojas y ramas, para luego volver a pesarlas y así poder calcular su porcentaje de rendimiento crudo. Luego se dividieron en muestras de 1500 gramos.

Cada porción fue introducida en el destilador, previa carga de 10 litros de agua destilada que era aislada a través de un separador, de tal manera que la muestra no tuvo contacto con el agua. Se cierra el equipo y se ajusta la temperatura de calentamiento a 95 °C. A partir de la primera gota de condensado, se ajusta el tiempo en un temporizador de tal modo que, al cumplirse el plazo, el equipo se apaga automáticamente.

La Tabla 1 señala las variables dependientes e independientes que fueron sometidas a estudio, cómo se definen y las unidades en las cuales fueron medidas.

Tabla 1. Variables dependientes independientes evaluadas

Variables		Definición	Unidades
Independiente	Densidad de carga	Cantidad de masa de materia prima contenida en el equipo.	g/10 litros
	Temperatura de calentamiento	Energía térmica que ingresa al sistema, medida a través de un termómetro.	°C
	Tiempo del proceso de extracción	Tiempo necesario para obtener el aceite esencial.	Minutos
Dependiente	Rendimiento de la operación	Cantidad de producto obtenido por cada 100 gramos de materia prima	%

3. Resultados y Discusión

Los resultados de esta experimentación quedan reportados en un informe emitido por

el software JMP 18, en el cual se obtienen los siguientes datos, señalados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados del diseño experimental aplicado

Variables independientes			Variable dependiente	
Densidad de carga (g)	Temperatura de extracción (°C)	Tiempo de extracción (minutos)	Masa del aceite esencial obtenido (g)	Rendimiento (%)
500	95	60	0,79	0,16
1000	85	30	2,09	0,21
1000	90	60	2,56	0,26
500	85	45	0,73	0,15
1500	95	30	2,99	0,20
1000	95	45	1,2	0,12
500	85	60	0,72	0,14
1500	90	45	3,73	0,25
500	90	30	1,43	0,29

Las estimaciones finales de los parámetros para los términos restantes después de la selección del modelo se presentan en la Figura 1, en la misma se indica el término introducido trazado en la gráfica con la línea continua de color verde, señalando que el término “Densidad de Carga” es significativo al proceso. No se encontraron referencias bibliográficas que reporten el estudio de esta variable como parte del proceso de extracción de aceite esencial de *Cymbopogon Citratus* por arrastre de vapor. Para evitar el fenómeno de la casualidad estadística, conocido como error

tipo I, que puede llevar a sacar conclusiones incorrectas, se aplicó la corrección de Bonferroni, que es un método de ajuste estadístico utilizado para abordar el problema de las comparaciones múltiples.

Dicha corrección de Bonferroni tiene como objetivo mitigar este riesgo ajustando el umbral de significancia, garantizando así que la tasa de error general permanezca controlada.

Este ajuste hace que sea más difícil lograr significación estadística, lo que reduce la probabilidad de falsos positivos en los resultados.

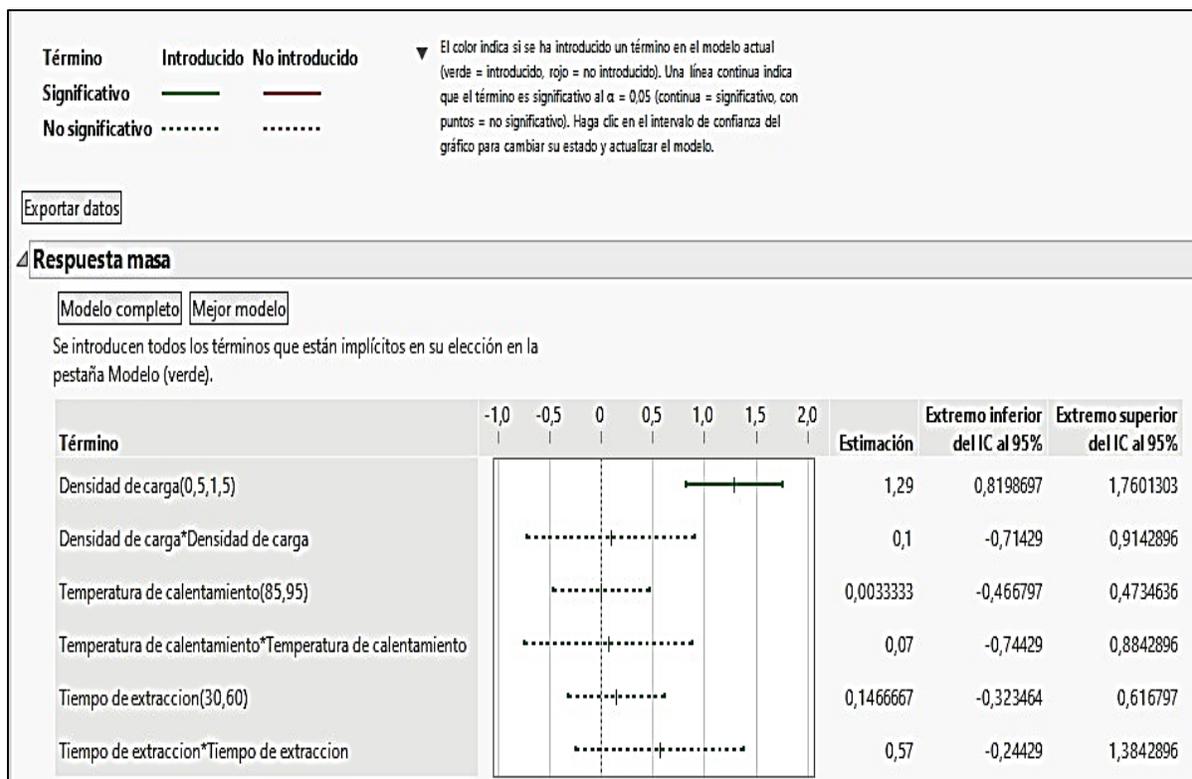


Figura 1. Estimación final de parámetros.

En la Figura 2, se muestra el gráfico residual del modelo final, junto con una estimación del error estándar residual. El gráfico identificado, señala los residuos

estudentizados externamente con límites simultáneos al 95 % (Bonferroni) en rojo y límites individuales en verde.

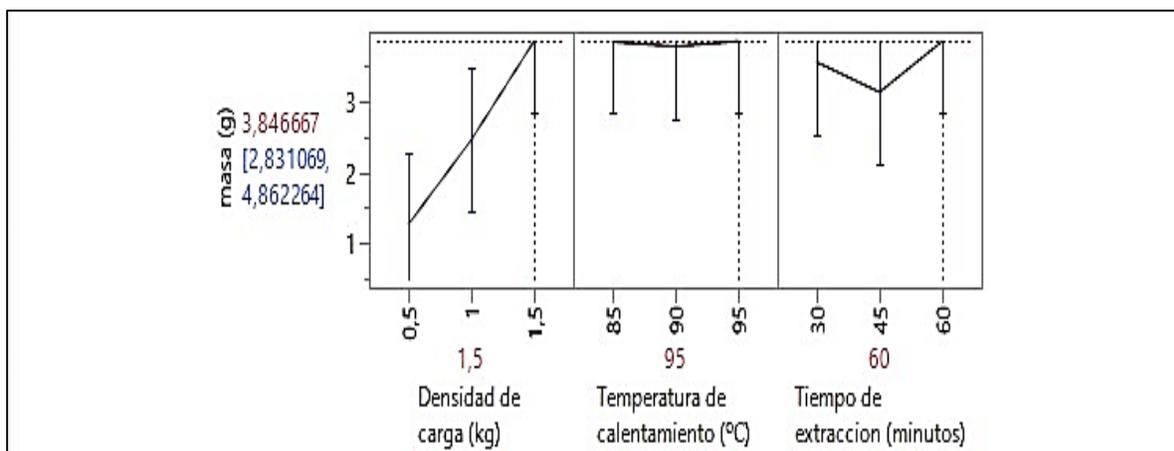


Figura 2. Gráfico residual del modelo final

En la Figura 3, se muestra un perfilador que muestra la relación entre cada factor y la respuesta bajo el modelo optimizado. Para la máxima cantidad de materia prima contenida, el valor de temperatura de calentamiento óptima es de 95 °C, con un tiempo de proceso de 1 hora, para obtener un valor promedio de 3,846667 gramos de aceite esencial, que representa un 0,26 % de rendimiento. Al comparar los resultados obtenidos por Auccapiña y colaboradores (Auccapiña *et al.*, *ob. cit.*) con los obtenidos por este estudio, se observa que el rendimiento obtenido por este estudio es menor, se deduce que un factor no incluido, la presión de vapor, puede resultar como un factor no controlado que pudo afectar el rendimiento obtenido.

Por su parte, Duran *et al.*, (*ob. cit.*), reportan un rendimiento del 0,35% promedio, pero no detallan ni los tiempos de extracción ni la densidad de carga del equipo, por lo tanto, el estudio aquí reportado aporta el detalle de estas variables que dan una mejor certeza de las condiciones de estudio. Aguilar y Torres (*ob cit*), reportan valores cercanos a los obtenidos por este estudio, sin embargo, lo obtenido por este estudio supera el promedio del rango reportado por estos autores, posiblemente influenciado por el tamaño de la partícula. En todo caso, en todos los autores consultados, reportan temperaturas de calentamiento iguales o superiores a 100 °C.

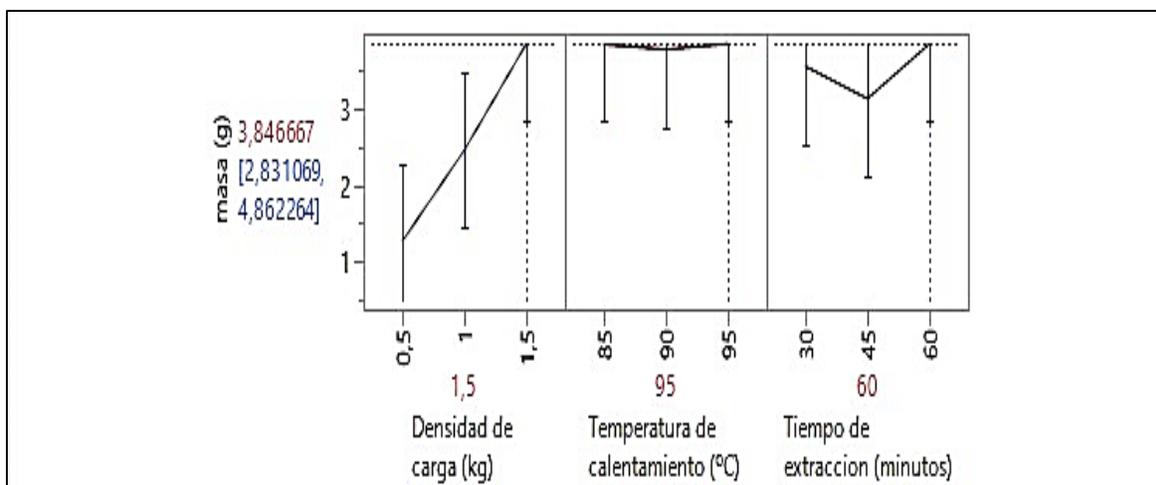


Figura 3. Relación respuesta vs modelado. Modelo optimizado.

4. Conclusiones

La optimización de las condiciones del proceso, basados en la temperatura de calentamiento, la superficie de contacto, expresado en esta investigación a través de la temperatura de calentamiento, el tiempo de destilación y la densidad de carga, establece la influencia de esta última sobre el proceso de extracción de aceite esencial de *Cymbopogon citratus* por arrastre de vapor, obteniendo un rendimiento optimizado de 0,26 %.

La densidad de carga es un factor significativo en términos estadísticos, que determina con mayor peso en la optimización del proceso, por lo tanto, un aporte fundamental de esta investigación es la determinación de estas dos variables como fundamentales en la formulación de proyectos destinados a la extracción de

aceite esencial de *Cymbopogon citratus*. Las variables tiempo de extracción y temperatura no resultaron significativas en el estudio, por lo tanto, no son relevantes a la hora de ajustar el proceso.

Determinadas las influencias de estas variables sobre los resultados obtenidos, se pone en evidencia lo estratégico de la ventaja ofrecida en la disminución de al menos cinco grados en la consideración energética, con el consecuente aporte en el tema de la disminución del gasto energético, que redundará en el cuidado en no aportar mayores factores a la crisis climática actual.

Una táctica que permite estimar con eficiencia el proceso a un nivel industrial consiste en ajustar y protocolizar distintos parámetros críticos del proceso en los equipos de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, que son muy

utilizados, en una escala reducida (laboratorio y piloto) para asegurar los mejores rendimientos y calidad del producto.

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.

Bibliografía

Aguilar J. y Torres L. (2023). Efecto del método de secado en las Características Fisicoquímicas, rendimiento y composición volátil del aceite esencial de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú.

Antolinez, J. C., de Colmenares, N. G., Usubillaga, A., Darghan, E., y Linares, S. (2008). Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de limonaria (*Cymbopogon Citratus* Stapf) para la producción de aceite esencial. *Interciencia*, 33(9): 693-699.

Auccapiña E., Champi F., Lino D. (2017). Caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de hierbaluisa, *Cymbopogon Citratus* (DC) Stapf obtenido por el

método de arrastre con vapor. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico. Universidad nacional del Callao. Callao. Perú.

Durán, Z., Quintero, O., y Durán, D. (2021). Características del Aceite Esencial de Limonaria (*Cymbopogon Citratus*) Producido. *Ingenio Magno*, 12(2): 62-70.

Palacios, A. y Castillo W.. (2015). Modelamiento de extracción del aceite esencial de *Aloysia citriodora* y *Schinus molle*. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 14-14.

Sadeh, D., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Shachter, A., Ghanim, M. y Dudai, N. (2019). Efectos interactivos del genotipo, la estacionalidad y el método de extracción en la composición química y el rendimiento del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis L.*). *Cultivos y Productos Industriales* pág 138.

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*, 16(1): 53-61.

Stashenko, E. (2009). Aceites esenciales.
Bucaramanga: Universidad Industrial
de Santander.