



## Rendimiento de aceite esencial a partir de madera de *Bursera graveolens*: Aprovechamiento de astillas, viruta y aserrín

### Yield of essential oil from *Bursera graveolens* wood: Utilization of chips, shavings and sawdust

Miguel Puentesca<sup>1,\*</sup>; Eber Herrera<sup>1</sup>; José Moscol<sup>1</sup>; José Solís<sup>2</sup>

1 Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

2 Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

\* Autor corresponsal: [mpuescasc@untumbes.edu.pe](mailto:mpuescasc@untumbes.edu.pe) (M. Puentesca).

ID ORCID de los autores

M. Puentesca:  <http://orcid.org/0000-0003-1979-9572>

E. Herrera:  <http://orcid.org/0000-0002-7255-9087>

J. Moscol:  <http://orcid.org/0000-0001-7898-7122>

J. Solís:  <http://orcid.org/0000-0001-5560-9241>

#### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el rendimiento de aceite esencial a partir de la madera seca de la especie forestal palo santo *Bursera graveolens*. La madera se obtuvo del área de la concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes. Mediante la utilización de herramientas manuales y mecánicas se transformó en aserrín, viruta y astillas que consideramos dimensiones de 2 cm, 1 cm y 0,5 cm. Para la extracción se empleó el método de arrastre por vapor para la extracción del aceite esencial a través el equipo destilador Dual con capacidad de 20 L de agua. Los resultados determinaron que del total de madera seca recolectada y posterior a su transformación sólo el 66,24% se encontraba en óptimas condiciones para el estudio, perdiéndose un 33,76% debido a impurezas externas e internas y a la técnica artesanal empleada en su transformación. Asimismo, el contenido de humedad promedio fue de 13,89%. Finalmente, de las cinco muestras el mayor rendimiento en aceite esencial fue para la viruta y aserrín con 13,76 y 14,53 mL/kg, respectivamente. Se concluye que al existir mayor superficie expuesta de la madera seca de palo santo al vapor permite acarrear mayor aceite esencial e influyendo directamente en el rendimiento.

**Palabras clave:** aceite esencial; destilación; astillas; viruta; aserrín.

#### ABSTRACT

The aim of this research was to determine the yield of essential oil from dry wood of the Palo Santo Forest species *Bursera graveolens*. The dry wood was obtained from the forest concession area of the Universidad Nacional de Tumbes. Sawdust, shavings, and chips (2x2 cm, 1x1 cm, and 0.5x0.5 cm) were obtained using manual and mechanical tools. The steam dragging method was used to extract the essential oil using the Dual Distiller equipment with a capacity of 20 L. The results determined that of the total of dry wood collected and after its transformation only 66.24% was in optimal conditions for the study, losing 33.76% due to external and internal impurities and the artisan technique used in the transformation. Likewise, the average moisture content was 13.89%. Finally, of the five samples, the highest yield in essential oil was for shavings and sawdust with 13.76 and 14.53 mL/kg, respectively. It is concluded that the greater surface area exposed to the steam of dry Palo Santo wood allows it to carry more essential oil and directly influences the yield.

**Keywords:** essential oil; distillation; wood chip; wood shaving; sawdust.

Recibido: 25-04-2022.

Aceptado: 17-06-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

El árbol palo santo, es una bondad que nos oferta la naturaleza (Monzote et al., 2012) y se desarrolla en los bosques xerofíticos de la costa norte del Perú y sur del Ecuador (Santana et al., 2017). Ecosistemas áridos que han sufrido y siguen siendo reducidos por la alta presión antrópica, trayendo consecuencia no solo a la pérdida de bosques naturales, sino a los cambios radicales que se sienten hoy en día respecto a la crisis ambiental mundial, desertificación y sequía, cambio climático, efecto invernadero, extinción de especies y otros (Puescas, 2014). Esta especie tiene un potencial único y posee un aroma agradable que nos hará competitivos si proyectamos el desarrollo forestal sostenible y responsable.

A partir del 2008, la UNTumbes ha impulsado, a nivel local y nacional, las primeras acciones para la conservación de esta especie dada sus características de uso cultural por nuestros ancestros en rituales y ceremonias religiosas; así como por su aroma e incienso aromático que desprende su madera seca. Asimismo, ésta especie se ha promovido internacionalmente teniendo como aliado a Plante et Planète, organización francesa con quien se tiene un convenio de colaboración mutua, para la investigación de las potencialidades de esta especie forestal, considerando el aspecto social como ente del desarrollo forestal sostenible, especialmente de familias rurales.

Con ese enfoque, obtuvo mediante Resolución Directoral N° 154-2012/GOB.REG.TUMBES-DRAT-D, un área cedida que comprende 127,6284 hectáreas por un periodo de 30 años renovables, para establecer estrategias a mediano y largo plazo con visión de desarrollo de investigación, conservación y manejo del bosque, la fauna silvestre, el ecoturismo, servicios ambientales, manejo de cuencas y suelos, extensión y divulgación, entre otros. Permitiendo además la formación académico y profesional.

Esta área se encuentra en las zonas de vida matorral desértico Premontano Tropical (md-PT/md-T), transicional a bosque seco tropical (bs-T) y la zona de vida matorral desértico (md) (MINAG 2000), área de donde se recolectó la muestra para el estudio.

Cabe indicar que en nuestra región Tumbes, la especie palo santo se le puede encontrar en 231 955,12 ha y asociada a otras especies como el algarrobo (*Prosopis* spp.), charán (*Caesalpinea pai pai*), ceibo (*Ceiba trischistandra*), hualtaco (*Loxopterygium huasango*), guayacanes (*Handroanthus chrysanthus* y *Handroanthus billbergii*), porotillo (*Erythrina smithiana*), barbasco

negro (*Dyctiolomam peruvianum*), zapote (*Colicodendrum scabridum*) y otras (Puescas, 2012). El desarrollo de este árbol está en función de la calidad de sitio y los diferentes factores ambientales que interactúan sobre él y el medio físico, debiendo tener condiciones favorables para alcanzar alturas hasta de 15 m, y copa de 12 m de diámetro. En el periodo de foliación se torna un color verde claro. Asumimos que estos factores influyen en el rendimiento del aceite esencial que nos oferta.

Este aceite es refinado y de alta calidad, de un color amarillo brillante y aroma agradable que al inhalarlo nos da la sensación relajante y antiestrés, sintiéndonos emotivos, su suavidad al frotar en la piel y poner en contacto con las yemas de los dedos y aplicar suavemente nos elimina las tensiones y estrés, así como los dolores musculares.

Con el aceite esencial de palo santo se puede elaborar una serie de productos entre ellos: repelente, usados contra insectos y zancudos; lociones y cremas, para higiene y aseo facial y corporal, ungüentos, en terapia para dolores musculares y articulares; jabones para aseo de manos y corporal; velitas para aromatizar nuestras viviendas y venerar nuestros santos (Flor et al., 2019).

A partir de estos productos se ha desarrollado una serie de aplicaciones en ferias y eventos académicos con la participación de docentes y estudiantes. Las aplicaciones del aceite esencial son diversas tanto en la salud (Sánchez-Recillas et al., 2020; Sotelo et al., 2017), alimentación (Fernández-Ruiz et al., 2018) y belleza (Hidalgo & Romero, 2016).

En los últimos años se han realizado investigaciones para la obtención de aceite esencial de palo santo proveniente de hojas (Cañarte-Vélez & Ponce-Párraga, 2021), ramas (Rama et al., 2016) (Vásquez & Villena, 2008), frutos (Carrión-Paladines, et al. 2016) y madera seca (Sotelo et al., 2017) aplicando distintas técnicas (AGUILAR, 2019); así por ejemplo (Almeida & Cedeño, 2019) menciona que el aceite medicinal de Palo Santo de Illari se obtiene mediante oxigenación asistida en la maceración de pequeños trozos de madera de Palo Santo a 60 °C, con aceite mineral de origen vegetal (esteroles). Obteniendo diferentes resultados y rendimientos. Sin embargo, no se ha encontrado suficientes datos respecto al tema de rendimientos de aceite esencial de la madera seca mediante la modalidad de astilla, viruta y aserrín aseverando a priori que a partir de estos datos se planificará el desarrollo sostenible e integral del bosque.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo cuantitativo-descriptivo y se realizó entre enero y octubre 2020. Se han establecido 2 etapas: comprendidas, etapa en campo y etapa en laboratorio (Figura 1).

### **Etapas 1: En campo**

Mediante un recorrido por el vértice B dentro de la concesión forestal de la Untumbes, denominado: Taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre en el ecosistema bosque seco ecuatorial, ubicado en la margen derecha del río Tumbes, sector

Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen jurisdicción de la provincia de Tumbes, Perú, se encontró cuatro muestras de madera seca a la intemperie, en estado natural.

Para evidenciar que las muestras de madera seca eran de palo santo se procedió a identificar mediante sus características organolépticas, esto debido a su peculiar aroma y color. Posterior a la identificación se georreferenció la ubicación haciendo uso de un equipo GPS Garmin 64S.

Finalmente, se colocaron las muestras en bolsas de papel y sacos de polietileno para su conservación y transporte al laboratorio de Dendrología de la Escuela de ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la universidad nacional de Tumbes.

**Etapa 2: En laboratorio**

Las actividades se desarrollaron en el Laboratorio de Dendrología, de la Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para tal efecto, se realizó:

- a) **Determinación del rendimiento de madera seca para destilación:** Una vez en el laboratorio se procedió al pesado de la muestra, para lo cual se empleó una balanza electrónica digital. Continuando con la limpieza externa de la madera seca, eliminando restos de vegetales y arena, así como partes que se encontraban en descomposición; pesando una vez más las muestras de madera para determinar la pérdida de peso por impurezas. Finalmente, se procedió a conservar las muestras en un área cerrada y/o ambiente oscuro, siendo empacadas con papel Kraft, bolsas de papel y sacos de polietileno.
- b) **Transformación física de la madera:** Las muestras de madera seca almacenadas en el laboratorio debían ser transformadas. Ésta se hizo de forma artesanal y mecánica; es decir, se utilizó herramientas domésticas como: cuchillo, machete para el picado de la madera seca y la obtención de astillas de 2 cm, 1 cm y 0,5 cm aproximadamente; y para el caso del aserrín y viruta se utilizó sierra circular, garlopa y cepillo. Posterior a la transformación física de la madera seca, se pesaron las muestras para determinar el porcentaje de pérdida de madera de palo santo por acción de la técnica empleada y/o impurezas y/o descomposición al interior de la muestra de madera seca.
- c) **Determinación del Contenido de Humedad (CH%):** Fue necesario determinar el CH% de la madera dado que influye en el rendimiento tanto en la madera como en el aceite esencial. Para lo cual se tomó una muestra y se colocó en una estufa a ± 103 °C, realizando pesos sucesivos en intervalos de 24

horas hasta obtener un peso constante de la muestra. Para ello se utilizó la fórmula (ITINTEC, 1971):

$$CH = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100(\%)$$

Donde: CH = Contenido de Humedad en %; Ph = Peso de la madera en estado húmedo (g); Psh = Peso de la madera en estado anhidra (g).

d) **Destilación del aceite:** El proceso para la destilación fue a través de la técnica de arrastre por vapor; que consiste en colocar agua en la parte inferior del recipiente y en la parte superior la muestra de madera seca, para que posteriormente el vapor generado por la ebullición del agua arrastre el aceite esencial y sea enfriado mediante un condensador por acción de un flujo de agua inverso. Para el presente caso se utilizó el Destilador Dual que tiene una capacidad de 20 L (agua), con quemador infrarrojo. En total se hicieron cinco destilaciones, correspondientes a las muestras de madera seca: astillas (2, 1 y 0,5 cm), aserrín y viruta con un promedio de destilación de 2 horas por muestra. Cada una de las muestras con un peso de 2,9 kg. Cabe indicar que esta actividad se llevó a cabo durante la última semana del mes de agosto y primera semana del mes de setiembre del 2020.

e) **Medición del aceite esencial:** Para la medición del aceite esencial durante el proceso de destilado se utilizó un vaso Erlenmeyer de 500 mL, para colectar el agua y el aceite esencial procedente de la destilación. Posteriormente, se vierte a una pera de decantación, se espera un momento para que se separe completamente el aceite y el agua; procediéndose con la separación de los dos líquidos. El aceite esencial se coloca en una probeta de 250 mL para medir el volumen de aceite esencial obtenido.

f) **Conservación del aceite esencial:** Debido a su sensibilidad y volatilidad del aceite esencial de palo santo, se usó envases de vidrio oscuros con tapa esmerilada y se envolvió en papel metal. Conservándose en refrigeración de manera permanente. Técnica aplicada al proceso, en campo y laboratorio.



Figura 1. Procedimiento experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Rendimiento: madera seca

Las cuatro muestras de madera seca de palo santo encontradas a la intemperie en la concesión forestal de la Untumbes fueron halladas en la coordenada UTM 563 444,1504 (E), 9 602 055,1340 (N), Datum PSDA 1956, zona 17.

En la tabla 1 se muestra los resultados de los pesos iniciales de las muestras de madera obteniendo un peso total de 23,22 kg, es decir las muestras madera seca de palo santo en bruto (tal como se encontró en el bosque). Sin

embargo, debido a la presencia de impurezas (restos vegetales y arena) y a un estado de descomposición en algunas partes de la madera este valor se reduce a 17,62 kg.

Por consiguiente, solo el 75,89% de la madera seca inicial es apta para la operación de transformación física de la madera en astillas de 2 cm, 1 cm, 0,5 cm, viruta y aserrín. No obstante, la estimación del porcentaje de pérdida de material (madera seca) toma relevancia para la planificación en el aprovechamiento de este insumo natural.

**Tabla 1**

Rendimiento de madera apta para su transformación física

Muestra	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	R%	Observación
1	7,253	5,525	76,175	24,11% de la madera presenta un estado de descomposición, ello se debe a factores ecológicos y antrópicos.
2	5,224	4,117	78,809	
3	5,021	3,756	74,805	
4	5,723	4,223	73,789	
$\Sigma$ Total	23,22	17,62	75,89	

### 2. Rendimiento de madera seca posterior al astillado, viruta y aserrín

De la madera apta para ser transformada en pequeñas astillas, virutas y aserrín, es necesario indicar que existe una depreciación de 12,71%, valor que se pierde debido a la operación que se aplicó en el momento del uso de las herramientas como cuchillo y machete, así como la sierra circular, garlopa y cepillo (herramientas de

carpintería). Datos que influyen al final del proceso para obtener el aceite esencial y se deben tomar en cuenta. En el estudio obtuvimos un peso final de 15,36 kg, equivalente al 87,29%. Este valor obtenido puede variar si se cambia o mejora la técnica de transformación física de la madera y/o las condiciones del estado natural en campo son favorables o desfavorables.

**Tabla 2**

Rendimiento en proceso de astillado, viruta y aserrín, apta para extracción de aceite

Muestra	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	R%	Observación
1	5,525	4,739	85,774	12,71% de madera se pierde al momento de ser transformada en astillas, viruta y aserrín, debido a la técnica de transformación y a las impurezas interiores.
2	4,117	3,691	89,652	
3	3,756	3,234	86,102	
4	4,223	3,700	87,615	
$\Sigma$ Total	17,62	15,36	87,29	

### 3. Contenido de Humedad de la muestra (CH%)

Los valores del contenido de humedad en la muestra, está basado en la cantidad de agua que contiene la madera seca; ésta se puede encontrar en las paredes celulares, así como ocupando las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares. El contenido de humedad que presento la muestra fue de equilibrio porque la madera se encontró al estado natural. Fue necesario determinar el CH% de la madera utilizada, debido a que también influye en el rendimiento, tanto en el peso de la madera como

en la obtención del aceite esencial (Tabla 3). Después de tres pesos se obtuvo el peso constante y con ello se determinó un contenido de humedad promedio de 13,89%.

Cabe indicar que el contenido de humedad puede variar dependiendo de la estación del año y las condiciones meteorológicas puesto que la madera es un material higroscópico, es decir, como material poroso puede ganar o perder agua de acuerdo a las condiciones del medio.

**Tabla 3**

Porcentaje de humedad por tipo de muestra

MUESTRA	TIPO	PH (G)	PSH (G)	CH%
1	ASTILLAS DE 2 CM	39,840	34,931	14,053
2	ASTILLAS DE 1 CM	41,001	35,97	13,987
3	ASTILLAS DE 0,5 CM	40,967	35,865	14,226
4	VIRUTA	34,428	30,299	13,628
5	ASERRÍN	31,244	27,518	13,540
	PROMEDIO	37,496	32,917	13,89



**Figura 2.** Actividad relacionada al (CH%): A) muestras de madera transformada, B) Peso de las muestras, C) secado de muestras en estufa - Laboratorio de Dendrología.

#### 4. Rendimiento de aceite esencial de palo santo

La que destiló menor cantidad de aceite esencial fue la que tenía dimensiones de 2 cm (Tabla 4), obteniéndose solo 26,0 mL, mientras que la muestra con astillas de 0,5 cm, destiló 36,15 mL. A menor tamaño existe un mayor rendimiento, debido a que el vapor de agua no logra ingresar a las cavidades interiores de las astillas con mayor tamaño. Motivo por el cual la muestra de aserrín es la que reportó

mayor cantidad obteniendo 42,13 mL de aceite esencial de palo santo. Para la viruta reportó un 39,90 mL de aceite esencial, esto podría explicarse debido a que el espesor de la viruta no es lo suficientemente fino como para permitir la penetración del vapor en el interior de la misma. El contenido de humedad de las muestras puede ser un factor determinante en su rendimiento.

**Tabla 4**

Rendimiento de aceite esencial en mL/kg

Muestra	Tipo	Peso kg	Aceite mL	R% (mL/kg)
1	Astillas de 2 cm	2,90	26,00	8,97
2	Astillas de 1 cm	2,90	35,05	12,09
3	Astillas de 0,5 cm	2,90	36,15	12,47
4	Viruta	2,90	39,90	13,76
5	Aserrín	2,90	42,13	14,53
Σ Total		14,50	179,23	
CV		2,90	35,85	12,36

La muestra de aserrín presentó mayor rendimiento de aceite esencial (Tabla 4, 14,53 mL/kg), Por su parte Cañarte-Vélez & Ponce-Párraga (2021) obtuvieron 0,880 mL/kg de aceite esencial proveniente de madera seca hecha viruta; resultados muy inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Según Pinela (2018) se obtiene 0,750 L de aceite esencial por cada 15 kg de aserrín de palo santo durante un periodo de tiempo

variado (6 a 8 horas). Estas diferencias pueden deberse al estado verde de la madera, al sitio y condiciones climáticas. (Mora, 2014) concluye que la extracción de aceite esencial de palo santo presentó un rendimiento de 2,77% cuando se trabajó con la madera de forma de astillas, mientras que en forma de viruta alcanzó un 3,49%, Estos resultados reafirman que la madera seca de palo santo en forma de viruta es superior a la astilla-



**Figura 3.** Actividad relacionada al proceso de destilación-aceite esencial: A) preparación del equipo con muestra-viruta B) Equipo de destilación, dual de 20 L, C) Materiales de laboratorio utilizados en el proceso, D) Decantación con pera de vidrio, E) Medición del aceite esencial final, F) aceite esencial final obtenido.

## CONCLUSIONES

El rendimiento respecto a la madera seca de la especie *Bursera graveolens* presenta depreciación respecto a su peso, considerando que es material orgánico y se encuentra expuesto a los factores climáticos que lo van a degradar, sin embargo, se debe considerar que existe una merma de 35% que se obtendrá de madera apta para la destilación de aceite esencial. En la investigación se ha generado información técnica de la capacidad productiva respecto al rendimiento de aceite esencial de madera seca de *Bursera graveolens*, aplicando el arrastre por vapor, con destilador dual de capacidad

20 L, material residual procedente de zona de vida matorral desértico correspondiente al área de la concesión forestal de la UNTumbes. Los rendimientos del aceite esencial a partir de la madera seca de la especie palo santo está en función de las variables: calidad de sitio, contenido de humedad y superficie de contacto con el vapor de agua. Finalmente, la información generada en el presente estudio permitirá contribuir en la planificación de actividades de aprovechamiento forestal sostenible.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de la Universidad Nacional de Tumbes, Laboratorio de Dendrología, Escuela de Ingeniería Forestal y Medio

Ambiente y al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), Contrato N° 02-2018-FONDECYT-BM-IADT-MU.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. L., & Cedeño, D. C. (2019). Estudio comparativo de la composición química del aceite medicinal de Palo Santo de Illari vs la composición química del aceite esencial de Palo Santo. *Ciencia*, 37, 223-224.
- Alvarez, H., & Fernández, J. (1992). Fundamentos teóricos del secado de la madera, Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, España, 193 p.
- Cañarte-Vélez, C., & Ponce-Párraga, K. (2021). Viabilidad técnica en la extracción de aceites esenciales en la hoja de palo santo (*Bursera Graveolens*). *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 124-137.
- Carrion-Paladines, V., Fries, A., Gómez-Muñoz, B., & García-Ruiz, R. (2016). Agrochemical characterization of vermicomposts produced from residues of Palo Santo (*Bursera graveolens*) essential oil extraction. *Waste Management*, 58, 135-143.
- Fernández-Ruiz, M., Yepes-Fuentes, L., Tirado-Ballestas, I., & Orozco, M. (2018). Actividad Repelente del aceite esencial de *Bursera graveolens* Jacq, ex L., frente *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Anales de Biología*, 40, 87-93.
- Flor, M., Fon-Fay, J. A., Pino, I., Hernández, I. R., & Miguel, D. F. (2019). Chemical composition and antioxidant activity of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana et Planch essential oil from Manabí, Ecuador. *Journal of Essential Oil Research*, 31(3), 211-216.
- Hidalgo, G., & Romero, A. (2016). Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor, Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. Life zone ecology Rev, Ed, San José, Tropical Science Center, 206p.
- ITINTEC. (1971). Maderas - Método de determinación del contenido de humedad, Catálogo de Normas Técnicas Peruanas, NTP 251,010, Lima-Perú, 2p.
- MENDEZ, (1996), A Secagem da Madeira, Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA), Brasil, 38 p.
- Monzote, L., Hill, M., Cuellar, A., Scull, R., & Setzer, W. (2012). Chemical Composition and Anti-proliferative Properties of *Bursera graveolens* Essential Oil, Natural. *Product Communications*, 7(11), 1531-1534.
- Mora, G. (2014). Diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de Palo Santo (*Bursera graveolens*) mediante destilación por arrastre de vapor. Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 87p.
- ONU (1992). Principios sobre Bosques - Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de Bosques. <https://acortar.link/k2yxPX>
- Pinela, W. (2018). La comercialización del aceite e incienso del Palo Santo (*Bursera graveolens*) y su impacto económico en la comuna Quimis del cantón Jipijapa. Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador. 31 pp.
- PNUMA (2011). Hacia una economía verde, Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Francia.
- Puescas, M. (2012). Caracterización y tipificación de bosques según uso potencial, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Región Tumbes. Tesis Maestría, Universidad Nacional de Piura.
- Puescas, M. (2014). Actividades socioeconómicas en la cuenca hidrográfica Quebrada Seca, Canoas de Punta Sal. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tumbes.
- Rama, K., Chandrasekhara, M., Sandhya, S., & Pullaiah, T. (2016). Bioactive principles and biological properties of essential oils of Burseraceae: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(2), 247-258.
- Sánchez-Recillas, A., S, L., Aragón-Castillo, A. L., Arroyo-Herrera, J., Araujo-León, Ortiz-Andrade, R. (2020). Efecto espasmolítico y antibacteriano de la especie *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch. *Polibotánica*, 49, 135-147.
- Santana, P., Miranda, M., Gutiérrez, Y., García, G., Orellana, T., & Orellana, A. (2017). Antinflammatory effect and chemical composition of *Bursera graveolens* Triana & Planch, branch oil (palo santo) from Ecuador. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 14(3), 45-53.
- Sotelo, A. H., Figueroa, C. G., Césare, M. F., Alegría, M. C. (2017). Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oil of *Bursera graveolens* (Burseraceae) From Perú. *Indian J of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), S439-S436.