

**MANUAL DE COSECHA Y PROCESAMIENTO DEL GRANO DE PIÑÓN  
(*Jatropha curcas* L.) PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE**

Estación Experimental Portoviejo, Programa de Agroenergía  
Manual N°113

MANUAL DE COSECHA Y PROCESAMIENTO DEL GRANO DE PIÑÓN (*Jatropha curcas L.*)  
PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE

## **CRÉDITOS**

Lenin Boltaire Moreno Garcés, Lic.  
**PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

Xavier Lazo Guerrero, Ing.  
**MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.**

Dora Isabel Murillo Hernández, M. Sc.  
**DIRECTORA EJECUTIVA DEL INIAP**

Eddie Ely Zambrano Zambrano, M. Sc.  
**DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO**

### **Cita de esta publicación:**

Ponce, W.; Viteri, A.; Limongi, R.; Pincay, J.; Avellán, B.; y Moreira, P. (2020). MANUAL DE COSECHA Y PROCESAMIENTO DEL GRANO DE PIÑÓN (*Jatropha curcas L.*) PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo. Manabí-Ecuador. ISBN : 978-9942-22-484-2

### **Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)**

Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito - Ecuador

Teléfono: 593-2 256 7645

Correo electrónico: [iniap@iniap.gob.ec](mailto:iniap@iniap.gob.ec)

[www.iniap.gob.ec](http://www.iniap.gob.ec)

### **IICA Ecuador**

Av. 12 de Octubre N24-584 y Francisco Salazar (esq.), edif. Torre Sol Verde, piso 2

Correo postal: Apartado 17-03-00201 Quito, Ecuador

Teléfono: (593-2) 290-9002 / 290-9003 / 290-9004 / Cel.: 099-736-802

Fax: (593-2) 256-8012

### **REVISORES TÉCNICOS:**

COMITÉ DE PUBLICACIONES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO DEL INIAP.

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DEL INIAP.

DIRECCIÓN DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DEL INIAP.

### **IMPRESO EN ECUADOR**

Todos los derechos reservados

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

# PRESENTACIÓN

## INSTITUCIONAL

El piñón (*Jatropha curcas L.*) es un arbusto perenne perteneciente a la Familia Euforbiaceae. En Ecuador, la planta es usada tradicionalmente como cerca viva y sus granos para la fabricación de jabones caseros.

La especie se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta cerca de los 1500 metros de altitud, desarrollándose en zonas secas, tiene la capacidad de soportar largos periodos de sequía, está adaptada a suelos degradados y de baja fertilidad que no son apropiados para el desarrollo agrícola de otros cultivos; sin embargo, en áreas de humedad y terrenos fértiles pueden lograrse mayores rendimientos.

Los granos de piñón contienen altos porcentajes de aceite (entre 35 y 40%) que puede ser usado como biocombustible, solos o transformados en biodiesel y como aditivos en la industria cosmética; por su importancia agroenergética y la adaptación a condiciones extremas de clima y suelo, se lo considera como una alternativa de cultivo en la agricultura familiar de zonas marginales secas del Ecuador.

En la domesticación de esta especie, el INIAP trabaja en un amplio programa de investigación para obtener germoplasma y tecnologías adecuadas para la producción primaria, procesamiento e industrialización del aceite, cáscara y torta.

Esta publicación describe la tecnología de manejo de procesos de cosecha y post-cosecha que contribuyen para obtener un aceite de buena calidad, para ello ha tenido apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), a través de estudios de mercado interno y de exportación, intercambio de experiencias y fortalecimiento de los procesos socio económico y organizativo.

**Mg. Sc. Eddie Ely Zambrano Zambrano.**  
**Director de La Estación Experimental Portoviejo**

## RESUMEN

---

La calidad del aceite de piñón para uso como combustible, está dado por el manejo durante la cosecha y post-cosecha de los frutos. En este contexto, es pertinente seguir un protocolo para la recolección, descascarado, secado, almacenamiento, extracción y filtrado, que contribuirá a minimizar en el aceite el índice de acidez, reducir el contenido de impurezas y la disminución de la cantidad de fosfátidos (fósforo), además de otros factores como el contenido de humedad, viscosidad en el aceite de piñón, aspectos que influyen mucho en el funcionamiento de un motor; también, la calidad del aceite de piñón va asociada a la conservación inicial (estabilidad) para evitar un incremento de oxidación que se mide mediante el índice de peróxido, el número de insaturación de ácidos grasos (índice de iodo) y el comportamiento de la masa sobre el volumen en diferentes grados de temperaturas (densidad relativa), son factores que influyen en la propiedades de los biocombustibles que contribuyen al desarrollo del Proyecto Piñón de Manabí para Galápagos.

## ABSTRACT

---

The quality of the pinion oil for use as fuel is given by the handling during the harvest and post-harvest of the fruits. In this context, it is pertinent to follow a protocol for the collection, shelling, drying, storage, extraction and filtration, which will help to minimize the acid number in the oil, reduce the impurity content and decrease the amount of phosphatides (phosphorus), in addition to other factors such as moisture content, viscosity in pinion oil, aspects that greatly influence the operation of an engine; also, the quality of the pinion oil is associated with the initial conservation (stability) to avoid an increase in oxidation that is measured by the peroxide index, the number of unsaturation of fatty acids (iodine index) and the behavior of the mass on the volume in different degrees of temperatures (relative density), they are factors that influence the properties of biofuels and are supportive of the Manabí Piñón Project for Galapagos.

## AGRADECIMIENTO

---

Los autores quieren expresar sus agradecimientos a las diferentes personas e instituciones que hicieron posible las investigaciones en el rubro piñón, cuyos resultados son plasmados en esta publicación.

Al INIAP, a través del Director de la Estación Experimental Portoviejo, Eddie Zambrano, M. Sc.

Una gratitud enorme al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) que colaboran constantemente para el desarrollo de nuevas tecnologías en esta especie.

A los Ings. José Mendoza, Julio López, Nelly Mejía, Luis Cedeño, Freddy Zambrano, Ph. D. que participaron en investigaciones iniciales dentro del Programa de Agroenergía, también a los Ings. Luis Castro y Nanci Meza, por contribuir en la obtención de datos de donde se partió las primeras investigaciones.

Un noble agradecimiento, a los Sres. Colón Navarrete, Orlando Macías, Pedro Villafuerte, Cecilio Parraga y Sergio Cevallos, por su apoyo invaluable en el desarrollo de las investigaciones en campo.

A la Ing. Gloria Cobeña Ruiz, Responsable del Programa Yuca-Camote, que aportó con ideas para la elaboración de este documento.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

Pag.

**PRESENTACIÓN**

1

**RESUMEN**

2

**INTRODUCCIÓN**

7

**COSECHA**

8

**PROCESO DE EXTRACCIÓN  
DEL ACEITE DE PIÑON**

11

**MANEJO POSTCOSECHA**

12

▶ **MÓDULO 1**    **DESPULPADO O DESCASCARADO DEL GRANO**

12

▶ **MÓDULO 2**    **SECADO**

13

▶ **MÓDULO 3**    **ALMACENAMIENTO DE GRANOS**

14

▶ **MÓDULO 4**    **EXTRACCIÓN DE ACEITE**

15

▶ **MÓDULO 5**    **FILTRACION DEL ACEITE**

19

▶ **MÓDULO 6**    **ALMACENAMIENTO DEL ACEITE**

20

▶ **MÓDULO 7**    **ANÁLISIS DE LABORATORIO**

21

**USOS DEL ACEITE Y SUBPRODUCOS DEL PIÑON**

30

**MÓDULO 1**

**MÓDULO 2**

**MÓDULO 3**

**MÓDULO 4**

**MÓDULO 5**

**MÓDULO 6**

**MÓDULO 7**



# INTRODUCCIÓN

EL INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

*Lenín*



## INTRODUCCIÓN

La innovación y búsqueda de energías alternativas que puedan sustituir a los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas, etc.) y su concebida afectación al ambiente tanto en la extracción como en sus procesos de explotación del recurso (Badii et al., 2016). En este contexto existen fuentes de energía renovables como por ejemplo, biomásica, hidroeléctrica, eólica, solar (térmica y fotovoltaica), geotérmica, marina y compuestos de hidrógeno; que sin duda desempeñarán un papel importante como energía limpia (Demirbas, 2008).

La biomasa es la energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, producto de organismos vivos, como las plantas, animales, insectos, etc., este tipo de energía también es originaria a partir de residuos agrícolas y forestales, así como de cultivos energéticos que desarrollan biocombustibles líquidos, sólidos y gaseosos (Damien, 2010). Los biocombustibles líquidos, en su mayoría son derivados de los aceites vegetales, dando énfasis a los que no intervienen en la seguridad alimentaria, en este caso la higuera (Ricin *communis L.*) y piñón (*Jatropha curcas L.*) (Moreira, 2012). El aceite vegetal puro de piñón, a diferencia de otros biocombustibles líquidos, aporta con criterios ambientales, sociales y económico, generando un importante equilibrio en estos tres componentes (Gruber, 2014).

La planta de piñón es usada tradicionalmente como cerca viva para delimitar propiedades o diversos sistemas de uso de la tierra en la mayoría de fincas del Litoral y parte de la Sierra ecuatoriana; con sus granos se elaboran los tradicionales jabones caseros conocidos como jabón prieto (Mendoza et al., 2011a, 2015b). Además, presenta un potencial en la industria, pues sus granos generan un aceite comparado al diésel, este combustible es considerado ecológico y biodegradable, sumado a que los gases que se generan son menos tóxicos para el ambiente (Rousset, 2008; Sarin, 2012).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través del Programa de Agro energía y el Laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo ha generado diversas tecnologías alrededor del cultivo, alternativas que promueven un adecuado manejo agronómico, técnicas de almacenamiento, secado, procesamiento y transformación a partir de la extracción del aceite de piñón cumpliendo las normas nacionales e internacionales vigentes y otros subproductos que son desarrollados en el presente documento.

## COSECHA

Es un proceso que los productores lo realizan de forma manual, el piñón es cosechado con diferentes grados de maduración, debido a la heterogeneidad entre la floración y formación de frutos, encontrándose al mismo tiempo flores y frutos en diferentes estados de desarrollo y maduración. (Fig. 1 y Fig. 2).

El fruto de esta planta es climatérica, por lo que después de ser cosechados maduran con mayor rapidez, la responsable de esta acción es la hormona etileno (Echeverría et al. 2013).



**Figura 1. Flores y frutos en diferentes estados de desarrollo.**



**Figura 2. Cosecha manual en el campo, donde se presentan frutos con diferentes grados de maduración.**

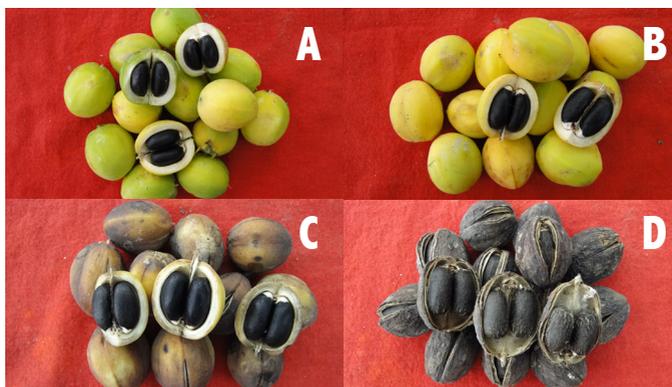
A partir de la madurez fisiológica hasta el secado los frutos pueden agruparse en las siguientes categorías (fig. 3):

a) Frutos pintones: Se identifican por ser de color verde amarillento, en esta etapa el fruto ha llegado a su madurez fisiológica o temprana. Por lo general, no se recomienda cosechar frutos pintones, ya que el rendimiento de aceite es extremadamente bajo (27%) (Tabla 1).

b) Frutos maduros: La cualidad específica de ésta fase, es por ser de color amarillo y algunos empiezan a formar mancha café, esta etapa es considerada como de madurez fisiológica media.

c) Frutos sobremaduros: Se caracterizan porque su cáscara es blanda, de color café y los frutos presentan una madurez fisiológica final.

d) Frutos Secos: Estos rasgos se determinan por ser de color negro, de consistencia seca, contienen menos del 10 % de humedad, menor índice de acidez, mayor contenido de aceite y pueden ser almacenados directamente en esas condiciones en los centros de acopio, para someterlas al proceso de extracción de aceite.



**Figura 3. Frutos de piñón con diferentes grados de maduración.**

Cuando los frutos son cosechados en los estados b (maduro) y c (sobremaduro), deben ser tamizados mediante máquina descascaradora diseñadas para esta modalidad, y cuyos granos son sometidos al proceso de secado, con el objetivo de reducir los porcentajes de humedad del 34 y 31% hasta menos del 10%, un mayor contenido de humedad, dificultaría el proceso de extracción de aceite.

En la Tabla 1 se detalla el análisis físico de los grados maduración mencionado.

## **TABLA 1 .**

**Análisis físico de frutos de diferentes grados de maduración de Piñón (*Jatropha curcas L.*)  
E.E. Portoviejo (2013).**

<b>Tipo de frutos</b>	<b>Cáscara %</b>	<b>Semilla %</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Contenido de aceite %</b>
<b>Pintón</b>	<b>77,25</b>	<b>22,75</b>	<b>40,70</b>	<b>26,99</b>
<b>Maduro</b>	<b>73,19</b>	<b>26,81</b>	<b>33,52</b>	<b>33,31</b>
<b>Sobremaduro</b>	<b>57,89</b>	<b>42,11</b>	<b>30,89</b>	<b>36,72</b>
<b>Seco</b>	<b>38,72</b>	<b>61,28</b>	<b>5,08</b>	<b>39,54</b>

## PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PIÑÓN

### 1. DESPULPADO O DESCASCARADO DEL PIÑÓN



## MANEJO POSTCOSECHA

### 1. DESPULPADO O DESCASCARADO DEL PIÑÓN

El objetivo de este proceso es separar el grano o almendra de la cáscara, y se lo realiza preferentemente con los frutos secos. El procedimiento puede ser manual, es decir, retirando la semilla con la mano o mecánico utilizando descascaradora (Fig. 4). La diferencia entre ambos procesos (manual y mecánico) es el tiempo de producción, el despulpado manual que lo realiza un productor promedio no termina de descascarar un quintal (45,45 kilogramos) por día, mientras tanto, las descascaradoras mecánicas, según sus especificaciones, sobrepasan los 1000 kilogramos por hora y es el método más utilizado en la agroindustria.

El descascarado de frutos maduros y sobremaduros se debe emplear con despulpadoras diseñadas para este tipo de frutos, las cuales presentan en el rodillo con dientes pronunciados que le permiten separar la cáscara del grano (Fig. 5).



**Figura 4. Equipo para el descascarado de frutos secos de piñón.**



**Figura 5. Equipo para el descascarado de semillas de piñón en estado maduro y sobremaduros.**

## 2. SECADO

Este proceso consiste en eliminar la humedad del grano mediante calentamiento. En nuestro medio, se opta por el secado utilizando los rayos solares, para el efecto se colocan los granos sobre un plástico de polipropileno y piso de cemento, donde el calor emitido por los rayos solares y las corrientes de aire ayudan a disminuir la humedad del grano hasta un 6 a 8% en alrededor de uno a dos días, sin embargo, esto puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas (EcuRed, s.f.), (Fig. 6). Con el secado se evita la germinación del grano y la aparición de hongos que deterioran su calidad física y química (Fig. 8).



**Figura 6. Secado mediante energía solar.**

### 3. ALMACENAMIENTO DE GRANOS

El almacenamiento del grano puede hacerse al granel o en sacos de polipropileno (Fig. 7), en un lugar despejado, seco y fresco, para evitar el incremento de la humedad (inferior al 10%), con monitoreo constantemente por períodos cortos para así evitar problemas referentes a las condiciones de conservación (hongos, plagas, etc.).



**Figura 7. Almacenamiento de granos de piñón.**



**Figura 8. Semilla germinada por prolongado período de almacenamiento y sin secado.**

## 4. EXTRACCIÓN DE ACEITE

Para la extracción del aceite hay dos alternativas; la extracción mecánica y la química.

### 4.1. EXTRACCIÓN MECÁNICA

La extracción mecánica normalmente es utilizado en procesos cuando la materia prima posee un elevado contenido de aceite (superior a 30% p/p).

%p/p= Porcentaje Peso a peso.

En la extracción mecánica existen dos principales tipos de prensado:

- Prensado Continúo.
- Prensado Discontinuo.

#### 4.1.1. PRENSADO CONTINUO

Los granos ingresan por uno de los extremos de la prensa y es empujado por una rosca, comprimiéndolos contra las paredes del cilindro, de esta manera se extrae entre 26 y 30% de aceite de piñón crudo, es decir, en un quintal de grano de piñón (45.45 Kg), se obtiene entre 11 y 14 litros de aceite (Fig. 9).



**Figura 9. Máquina extractora continua de aceite de piñón.**

### 4.1.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PRENSADO CONTINUO

#### Ventajas:

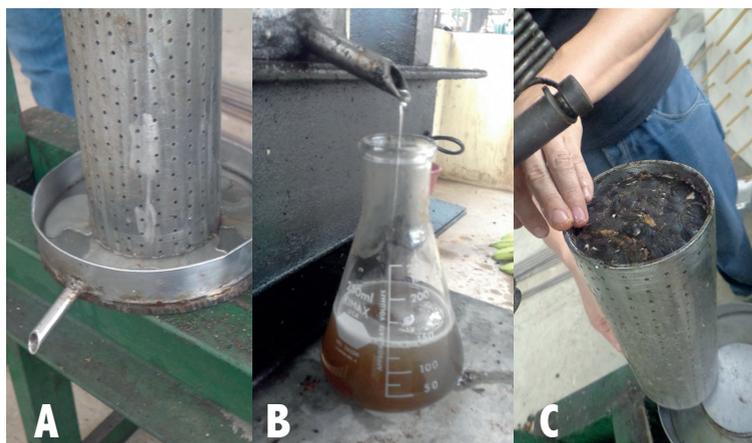
- Rápida y eficiente extracción de aceite.
- La torta producto después del proceso de extracción contiene menos del 18% de aceite, existen extractoras cuya eficiencia hace que la torta tenga menos del 10%.

#### Desventajas:

- Costo periódico por mantenimiento mecánico y eléctrico.
- Requiere instalación eléctrica, alterna trifásica 220V para operar el equipo.
- El aceite producto de la extracción, emite mayor contenido de gomas (Fosfátidos) e índice de acidez.

### 4.1.2. PRENSADO DISCONTINUO

Los granos ingresan por uno de los extremos de la prensa y es empujado por una rosca, comprimiéndolos contra las paredes del cilindro, de esta manera se extrae entre 26 y 30% de aceite de piñón crudo, es decir, en un quintal de grano de piñón (45.45 Kg), se obtiene entre 11 y 14 litros de aceite (Fig. 9).



**Figura 10. Prensa de extracción manual de aceite de piñón (a). Salida de aceite por acción de la fuerza de empuje (b). Aceite producto de la presión ejercida (c).Torta obtenida después del proceso de extracción.**

### 4.1.2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PENSADO DISCONTINUO

#### Ventajas:

- Una sola persona puede operar el equipo y realiza su mantenimiento, lo que representa menos gastos.
- El aceite producto de la extracción, emite menor contenido de gomas.
- La operación es manual, sin embargo, se puede implementar con energía eléctrica para suplir el uso de mano de obra.

#### Desventajas:

- La producción de aceite es baja en comparación a los otros sistemas de extracción.
- La torta producto de la extracción contiene un 15 a 20% de aceite (Fig. 11), es decir, es de bajo rendimiento, salvo el caso, de que haya un sistema implementado de extracción mediante solvente.
- La operación es lenta, debido al sistema de alimentación de la canasta con materia prima, la extracción y prensado lleva mucho tiempo al igual que la limpieza de residuos (torta).



**Figura 11. Torta obtenida después del proceso de extracción manual de aceite de piñón.**

## 4.2. EXTRACCIÓN QUÍMICA

En países como Brasil, para en la extracción química del aceite de piñón se utilizan solventes tales como n-hexano y éter de petróleo (CEFET PR, s.f.); el mecanismo consiste en realizar un pre-prensado, para obtener aceite y una torta oleosa, después se lava con disolvente, quedando el material triturado entre 0.5 y 1% de extracto etéreo. Luego se separa la mezcla producto del lavado mediante destilación, quedando aceite y solvente, este último puede reutilizarse. Este tipo de prensado extrae entre 33 y 40 %, dependiendo del contenido de aceite del grano independiente de la localidad que provenga. Uno de los equipos más utilizados es el tipo Rotocel (Fig. 12).



**Figura 12. Equipo de extracción química de aceite de piñón de industria tipo Rotocel<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> <http://www.plantasaceiteras.com/planta-de-extraccion-por-solventes/extractor-de-aceite-de-semilla.html>

## 5. FILTRACIÓN DEL ACEITE

Es la etapa donde se realiza la extracción acuosa de compuestos hidrosolubles, como proteínas, hidratos de carbono, agua y fosfátidos, es decir, consiste en retener la parte indeseable del aceite para un uso predestinado. En el caso de aceites vegetales para biocombustibles, el proceso de filtración se realiza mediante un filtro- prensa (Fig. 13) que está compuesto de bandejas de retención de celulosa que en su interior contiene tierra filtrante, cuyo material más utilizado es la diatomita (tierra diatomeas) (Lozano-Sánchez et al., 2010), además está provisto de mangueras de recirculación, este equipo impide el paso de impurezas, entre ellas, los fosfátidos o fosfolípidos que provocan problemas en la calidad del aceite; además son muy sensibles a la oxidación y producen espuma en el manejo del producto terminado (Badui-Dergal, 2006). Después de la filtración, se realiza los respectivos análisis de control de calidad



**Figura 13. Filtro-prensa con sus respectivos platos de retención y mangueras de recirculación.**

## 6. ALMACENAMIENTO DEL ACEITE

Una vez filtrado el aceite, se agregan agentes antioxidantes, con el objetivo de conservar sus propiedades físicas y químicas. Luego el aceite es trasladado en contenedores de polietileno de una tonelada, conocidos como “tote” si se dispone de movilización, o si es estacionario, se almacena en tanques de 20 toneladas de acero inoxidable (Fig. 14).



**Figura 14. (a) Tanques de almacenamiento en “tote” y (b) tanque de acero inoxidable.**

## 7. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se realizan análisis de laboratorio durante el proceso de extracción del aceite vegetal puro de piñón de uso para biocombustible, en las etapas de recepción, extracción y producto terminado después de realizar la filtración.

### Recepción:

- Determinación de humedad.
- Determinación de extracto etéreo.
- Índice de Acidez.

### Extracción:

- Índice de Acidez.
- Determinación de fósforo.
- Determinación de humedad por pérdida por calentamiento.

### Producto terminado:

- Índice de Acidez.
- Determinación de fósforo.
- Determinación de humedad por pérdida por calentamiento.
- Índice de Yodo.
- Índice de Saponificación.
- Índice Peróxidos.
- Determinación de la densidad relativa (método del picnómetro).
- Viscosidad Cinemática.

### 7.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD FAO (MÉTODO DE LA ESTUFA)

El porcentaje de humedad se obtiene mediante la diferencia de la pérdida de peso por un período de 15 a 19 horas, en este método se recomienda el secado de granos a temperaturas comprendidas entre 101 a 105°C en una estufa (Fig. 15). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (en \%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde,

P<sub>i</sub> = peso de la muestra antes del secado.

P<sub>f</sub> = peso de la muestra después del secado.



**Figura 15. Determinación de humedad por el método de la estufa.**

## 7.2. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO, MÉTODO AOAC 920,39

Se utiliza una adaptación del Método AOAC 920,39 a las condiciones del laboratorio de bromatología y calidad de la Estación Experimental Portoviejo. Este método de extracción líquido-líquido y consiste inicialmente en reducir el tamaño del grano de piñón en un molino de discos sin llegar a pulverizarlos, para luego secarla en una estufa dentro de una funda permeable a base de papel filtro que contenga una muestra de aproximadamente 2 g. Los balones de vidrio de 250 mL son pesados y llenados con el n-Hexano (más del 80%) y colocados en el equipo Soxhlet (manta calentadora, sifón, refrigerantes, mangueras) tal como lo muestra la Figura 16. En el dispositivo de extracción (sifón) es colocado el cartucho, el calentamiento del dispositivo es a altas temperaturas mediante reflujos durante 4 a 6 horas. Al final de la técnica, se recupera el n-hexano, el balón se seca en una estufa y por ende se lleva a un desecador para adsorber la humedad presente, después de 15-30 minutos el pesaje respectivo y el cálculo correspondiente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%EE = \frac{(PB + G) - PB}{PM}$$

Dónde:

**PM:** Peso de Muestra.

**PB:** Peso de Balón.

**PB + G:** Peso de Balón + Grasa.



**Figura 16. Equipo Soxhlet para determinar contenido de grasa cruda.**

### 7.3. ÍNDICE DE ACIDEZ

Determina si un ácido graso está libre en grasa o aceite, se realiza mediante la norma AOCS Ca 5a-40 modificado, que consiste en tomar aproximadamente 7 g de muestra, agregando 50 mL de etanol neutralizado, añadiendo el indicador (fenolftaleína), posteriormente se procede a calentar hasta punto de ebullición e inmediatamente titular con Na OH (Hidróxido de Sodio) o KOH (Hidróxido de Potasio) al 0.1 N valorizado con Ftalato Ácido de Potasio (Fig. 17); finalmente se realiza el índice de acidez en ácido oleico (factor de 28.2) mediante la fórmula:

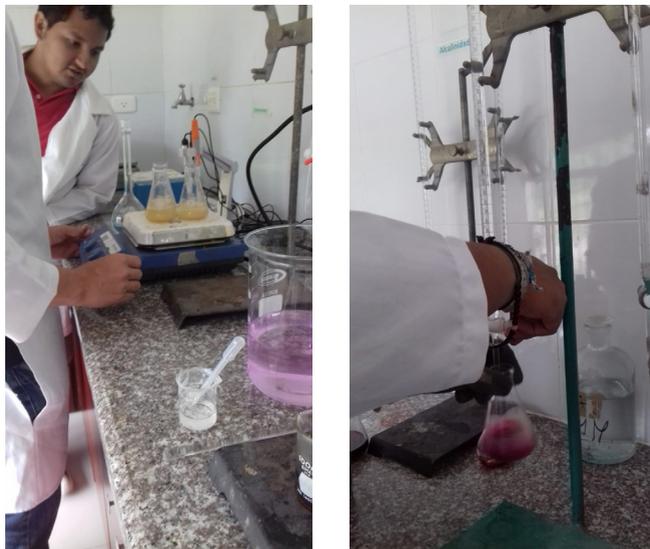
$$\text{Índice de Acidez} = \frac{(CxNx28,2)}{PM} \times 1.99$$

Donde:

**C:** Consumo del Álcali.

**N:** Normalidad.

**PM:** Peso de Muestra



**Figura 17. Ensayo de índice de acidez.**

## 7.4. DETERMINACIÓN DE FÓSFORO. Método AOCs Ca-12-55 (Modificado).

Determina la presencia de fosfátidos en una muestra de aceite, es decir, cuantifica la presencia de Fósforo, la determinación se realiza mediante espectrofotometría, que consiste en pesar 3 g de aceite más 0,5 g de Óxido de Zinc, se incinera de 550 a 600 °C, luego es agregado 5 mL de ácido clorhídrico y agua destilada, se filtra y se toma una alícuota, se adicionan 5 mL de KOH al 50% y el enrase a 100 mL; se toman 10 mL y se adicionan 8 ml de Sulfato de Hidracina y 2 mL de Molibdato de Sodio, automáticamente se calienta en baño maría en un tiempo de 10 minutos, luego se afora y se verifica el valor resuelto por el espectrofotómetro (Fig. 18), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PPM Fósforo} = 10(A-B)/(PM)$$

Donde:

**A:** Absorvancia.

**B:** Blanco

**PM:** Peso de muestra.

Estos datos se desarrollan según la curva de concentración vs Transmitancia/ Absorvancia.



**Figura 18. Determinación de contenido de fósforo.**

## 7.5. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD POR PERDIDA POR CALENTAMIENTO

Se ejecuta con la norma NTE INEN 0039:73, que consiste en pesar una muestra aproximada de 5 g, los recipientes que son utilizados para ello, el peso se registra, y luego se colocan en una estufa con una temperatura de 101 a 105 °C durante una hora, terminada esa función se lleva a un desecador en un periodo de 30 minutos, para luego pesar y proceder al cálculo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ PPC} = \frac{M1 - M2}{M1 - M}$$

Dónde:

**M:** Peso del recipiente.

**M1:** Peso del recipiente más muestra inicial.

**M2:** Peso del recipiente más muestra final.

## 7.6. ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Rodríguez (s.f.), define como el “número de mg de Hidróxido de Potasio necesarios para saponificar 1 g de grasa”. No es exacto para apreciar dicho peso molecular, ya que se incluyen los ácidos grasos libres junto con los glicéridos, se pesan alrededor de 2.5 g de grasa, se agregan 25 mL de Hidróxido de Potasio 0.5 N en alcohol etílico, se pasa a un condensador de reflujo durante 30 minutos, se enfría, y procede a titular con Ácido Clorhídrico 0.5 N, se toma el consumo con su respectivo Blanco, con la siguiente fórmula:

$$\text{Índ. Sap.} = \frac{((Vb - Vm) \times N \times 56.1}{PM} \times 1.99$$

Dónde:

**VB:** Volumen de Blanco (mL).

**Vm:** Volumen marcado (mL).

**N:** Normalidad (mL).

**PM:** Peso de la Muestra (g).

## 7.7. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA (MÉTODO DEL PICNÓMETRO) NTN INEN 0035:2012

Para realizar la densidad relativa, se debe pesar un picnómetro limpio y seco ( $m_0$ ), luego llenarlo con agua y sumergirlo en un baño de agua incorporado, según sea el caso; evitar la inclusión de burbujas de aire, y secar el exterior del picnómetro con papel absorbente adecuado ( $m_1$ ). Se procede como se indicó reemplazando el agua por la muestra de ensayo preparado ( $m_2$ ) (Fig. 19), ambas se miden el peso con la temperatura deseada y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{(m_2 - m_0) \times (m_1 - m_0)}{(m_1 - m_0)}$$



**Figura 19. Determinación de densidad relativa mediante el método por Picnómetro.**

## 7.8. ÍNDICE DE YODO

$$\text{Índice de Iodo.} = \frac{(B - S) \times N \times 12.69}{PM}$$

Dónde:

B=Volumen de la titulación en blanco (mL).

S: Volumen de la titulación muestra (mL).

N: Normalidad de la solución de Tiosulfato de Sodio. PM: Peso de muestra (g).



*Figura 20. Determinación de índice de iodo.*

## 7.9. ÍNDICE DE PERÓXIDOS. Método AOCS Cd 8-53 (Modificado)

Indica en que extensión ha experimentado el aceite la rancidez oxidativa. Se define como mili equivalente de peróxido por Kg de grasa. Se pesan 30 mL de Ácido acético/cloroformo, se añade 0.5 mL de solución saturada de Yoduro de Potasio, se reposan 2 minutos en la oscuridad y se agregan 30 mL de agua, titular con Tiosulfato de sodio, y como indicador solución alcohólica de almidón al 1%.

$$\text{Índice de Peróxido.} = \frac{(B - S) \times N \times 1000}{PM}$$

Dónde:

**B:** Volumen de la titulación en Blanco (mL).

**S:** Volumen de la titulación en ml de la muestra (mL).

**N:** Normalidad de la solución de Tiosulfato de Sodio.

**PM:** Peso de muestra (g)

## 7.10. VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40o C. Método ASTM D-445 (Modificado)

Se usa habitualmente el viscosímetro Cannon-Fenske que consiste en introducirlo en un baño maría y con un termómetro externo se señala la temperatura deseada (40°C) donde se carga la muestra (Fig. 21) dependiendo del calibre del instrumento, se mantiene durante 10 minutos antes de iniciar con el tiempo en segundos que genera la corrida de la muestra, culminado el ensayo, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\vartheta = C \times t$$

Dónde:

**$\vartheta$  :** Viscosidad cinemática, en mm<sup>2</sup>/s.

**C:** Constante de Calibración del Viscosímetro en mm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.

**t :** Tiempo de flujo en segundos.



**Figura 21. Determinación de viscosidad cinemática mediante viscosímetro Cannon-Fenske.**

## TABLA 2.

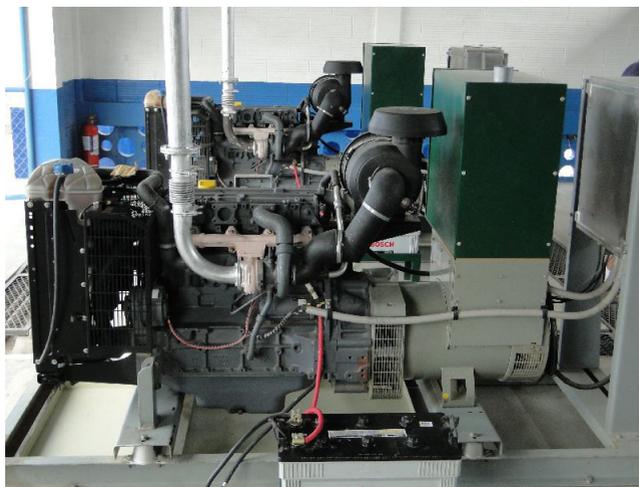
*Límites mínimos y máximo de aceites vegetales para uso de combustibles. Remmele y Thuneke (2007).*

Biocombustibles de Piñón		Límites	
Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.
Densidad a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	900	930
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	-	36
Índice de peróxidos	Meq de peróxido/ Kg muestra.	-	-
Contenido agua (Humedad)	% (m/m)	-	0,075
Índice de acidez	mg KOH/g		2,0
Índice de yodo	g de yodo/100g	95	125
Contenido de fósforo	mg/kg	-	12

## USOS DEL ACEITE Y SUBPRODUCTOS DEL PIÑÓN

### 1. GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL ACEITE DE PIÑÓN

Para la generación de energía eléctrica a través del aceite puro de piñón, se utilizan motores de combustión interna, por su parte el Gobierno Nacional ejecuta desde año 2007, con la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles para Galápagos” enmarcado con el objetivo de evitar los riesgos de derrames de combustibles cerca de las islas Galápagos, además, diversificar la matriz energética y contribuir con la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), comprendiendo el desarrollo económico, social y sustentabilidad ambiental. Anualmente el proyecto contribuye a captar 3553 toneladas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) al año y genera 235.000 Kilowatt por hora de energía renovable en las islas, desde el año 2011 hasta marzo del 2017, se han sustituido alrededor de 41.744,86 galones de diésel por aceite vegetal puro de piñón (Fig. 20), más de 3.000 familias manabitas intervienen en la cosecha del piñón en el año, beneficiándose de la venta de este producto, y a su vez todos los habitantes de la isla Floreana se ven favorecidos de energía eléctrica, siendo la Provincia de Manabí, el principal suministrador de energía renovable para el Archipiélago de Galápagos, a partir del desarrollo agroindustrial del piñón existente en las cercas vivas (IICA; MEER, s.f.).



**Figura 20. Motores accionados en base de aceite vegetal puro de piñón para generar electricidad<sup>2</sup>.**

<sup>2</sup> Fuente: <https://www.energia.gob.ec/aceite-vegetal-de-pinon/>

## 2. OTROS USOS

El aceite de piñón, por provenir de una oleaginosa tiene múltiples aplicaciones que van desde uso de biocombustibles hasta la utilización en la industria de cosméticos para la fabricación de jabón sólido, jabón líquido, champú, cremas humectantes, etc. (Fig. 21 y 22)



**Figura 21. Subproductos a partir del aceite de piñón.**



**Figura 22. Crema humectante a partir del aceite de piñón.**

### 3. USO DE TORTA Y CÁSCARA



**Figura 23. Torta de piñón.**

Después de un proceso de extracción, quedan subproductos de torta y cáscara que aún están en fase de estudio. La torta de piñón por su alto contenido de proteína (nitrógeno) tiene un uso potencial para la fertilización vegetal y alimentación animal, este último una vez que se hayan realizados los estudios para su detoxificación (Fig. 23). La cáscara puede ser utilizada con fines energéticos, es decir, como combustibles sólidos (Pellets, briquetas, etc), gracias al contenido de Lignina (58,14%) y de celulosa (52.49%) que son los responsables de plastificar el producto (Zambrano L. y Zambrano I., 2018) (Fig. 24).

### **TABLA 3.**

**Análisis bromatológico de la torta de piñón. E.E. Portoviejo (2013).**

Análisis	Resultados(%p/p)
<b>Grasa Cruda</b>	<b>9,45</b>
<b>Humedad</b>	<b>9,69</b>
<b>Proteínas</b>	<b>43,93</b>
<b>Fibra</b>	<b>4,59</b>
<b>Cenizas</b>	<b>10,04</b>

## TABLA 4.

*Análisis proximal de biomasa de la cáscara de piñón. E.E. Portoviejo (2016).*

Análisis	Resultados(%p/p)
Humedad	9,38
Materia Volátil	71,78
Cenizas	12,76
Carbón Fijo	6,08



*Figura 24. Pellets de cáscara de piñón.*

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Aceiteras, P. (sin fecha). *Extractor de aceite de semilla*. Recuperado de <http://www.plantasaceiteras.com/planta-de-extraccion-por-solventes/extractor-de-aceite-de-semilla.html>
2. AOCS. (2009). Ácidos grasos libres, métodos oficiales y prácticas recomendadas de la American Oil Chemists Society, 6ta. edición. EEUU: 6ta Edición.
3. AOCS. (2009). Fósforo, métodos oficiales y prácticas recomendadas de la American Oil Chemists Society. En A. O. Society. EEUU: 6ta Edición.
4. AOCS. (2009). Valor del Peroxido. En A. O. Chemists, *Metodo del Acido acetico cloroformo, metodos oficiales y practicas* (págs. 8-53). EEUU: 6ta edición.
5. Association of Official Analytical Chemistry . (02 de Marzo de 1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 15ed Washington, 771 p. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.
6. ASTM International. (2017). Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity). En W. C. States. West Conshohoken United States: ASTM.
7. Badii M.H. Guillen, A. A. (2016). Renewable Energies and Energy Conservation. Daena International Journal of Good Conscience.
8. Badui-Dergal, S. (2006) Química de los alimentos, 4ta. Edición. PEARSON EDUCACIÓN, México. 736p.
9. CEFET-PR. (s.f.). Tecnología de fabricao de biocombustiveis II. Recuperado de <http://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/tecnologia-de-fabricacao-de-biocombustiveis/biodiesel/capitulo-3-extracao-e-refi-no-de-oleo-vegetal/view> >.
10. Demirbas, A. (2008). Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines. Springer - Verlag London: Limited Edition.
11. Echeverría Trujillo, R.; Rengifo Gonzales, L. y Valles Ramírez, A. K. (2013). Manual de producción de Piñón blanco (*Jatropha curcas* Linn). Instituto Nacional de Innovación Agraria.
12. FAO. (Sin fecha). Determinación de la estufa. Rcuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S02.html>.
13. Gruber, G. (2014). Pure jatropha oil for power generation on Floreana Island/Galapagos: four years experience on engine operation and fuel quality. *Journal of Energy and Power Engineering*, 8(5).
14. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (Sin fecha). *Premio "ARE Award 2017" para el Proyecto Piñón De Manabí para Galápagos*. Recuperado de: <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/premio-%E2%80%9Ccare-award-2017%E2%80%9D-para-el-proyecto-pi%C3%B1%C3%B3n-de-manab%C3%AD-para-gal%C3%A1pagos>
15. INIAP. (2013). Informe Técnico Anual del Programa de Agroenergía. Manabí-Ecuador. 25 p.

16. INIAP. (2016). Análisis bromatológico y proximal de los residuos generados por el Piñón (*Jatropha curcas L.*). Informativo, Estación Experimental Portoviejo, Portoviejo-Manabí.
17. Lozano-Sanchez, J., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., y Fernandez-Gutierrez, A. (2010). Filtration process of extra virgin olive oil: effect on minor components, oxidative stability and sensorial and physicochemical characteristics. Trends in food science & technology, 21(4), 201-211.
18. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (sin fecha). ACEITE VEGETAL DE PIÑÓN. Recuperado en: <https://www.energia.gob.ec/aceite-vegetal-de-pinon/>
19. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (sin fecha). Sector Electrico: Produccion de aceite de piñon para plan piloto de generacion electrica en Gañapagos. Recuperado de <https://www.energia.gob.ec/sector-electrico-produccion-de-aceite-de-pinon-para-plan-piloto-de-generacion-en-galapagos/>
20. Mendoza, H., Mejía, N., López, J., Cedeño, L., y Ponce, W. (2015). Rendimiento inicial de líneas de piñón (*Jatropha curcas L.*) bajo dos métodos de siembra. La Técnica. ISSN 2477-8982, (15), 46-56.
21. Mendoza, H., Mendoza, J., López, J., Mejía, N., Zambrano, F. y Ponce, W. (2017). Variabilidad genética de la colección de piñón (*Jatropha Curcas L.*) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador, usando marcadores tipo microsatélites. La Técnica, (17), 18-29.
22. Moreira E. (2012). Principales características de las materias primas utilizadas en la producción de biodiesel: la influencia del contenido y la concentración de los ácidos grasos. Ingenium Revista de la facultad de ingeniería, 13(25), 53-61.
23. Norma Técnica Ecuatoriana. (1973). Determinación de la pérdida por calentamiento. NTE INEN 0039.1973.
24. Norma Técnica Ecuatoriana. (2012). Determinación de la densidad relativa (método del picnómetro). INEN 0035. 2012.
25. Remmele, E., y Thuneke, K. 2007. Pre-standard DIN V 51605 for rapeseed oil fuel. In 15th European Biomass Conference & Exhibition. Berlin, Germany2007 (pp. 2612-3).
26. Rodríguez J. (sin fecha). Química y Análisis Químico. Índice de saponificación (Índice de Koettstorfer) pag. 233. ISBN: 978-84-15884-57-6.
27. Rousset, P. (2008). Guía técnica para la utilización energética de los aceites vegetales.
28. Sarin, A. 2012. Biodiesel: production and properties. Royal Society of Chemistry. 282 p.
29. Zambrano, L. y Zambrano I. 2018. Aprovechamiento de la biomasa como biocombustible sólido en la elaboración de pellets. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Manabí. 55p.

# INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

- Wilmer Ponce, Ing. Qui.
- Andrés Viteri, Ing. Qui.
- Ricardo Limongi, M. Sc.
- Joffre Pincay, Ing. Agrop
- Benny Avellan, Ing. Agr.
- Pedro Moreira, Ing. Agr.

2020



ISBN: 978-9942-22-484-2



Estación Experimental Portoviejo  
Km 12 vía Portoviejo Santa Ana  
Telf.: + (593 4) 2420556  
[www.iniap.gob.ec](http://www.iniap.gob.ec)  
Portoviejo- Ecuador

IICA Ecuador  
Av. 12 de Octubre N24-584 y Francisco Salazar  
(esq.), edif. Torre Sol Verde, piso 2  
Correo postal: Apartado 17-03-00201  
Quito, Ecuador

Teléfono: (593-2) 290-9002 / 290-9003  
/ 290-9004 / Cel.: 099-736-802  
Fax: (593-2) 256-8012