



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias de la vida  
Artículo de investigación

*Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.)*

*Optimum variables for the extraction of castor oil (*Ricinus Communis* L.)*

*Variáveis ideais para a extração de petróleo de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.)*

Brayan Stiven Tierra Ayala<sup>I</sup>  
[brayan.tierra@esPOCH.edu.ec](mailto:brayan.tierra@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9995-7272>

Adrián Alejandro Rodríguez Pinos<sup>II</sup>  
[adrian.rodriguez@esPOCH.edu.ec](mailto:adrian.rodriguez@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-7157-1877>

Darío Fernando Guamán Lozada<sup>III</sup>  
[dariof.guaman@esPOCH.edu.ec](mailto:dariof.guaman@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9499-5237>

Ana Gabriela Flores Huilcapi<sup>IV</sup>  
[gabrielaflorasinguimica@gmail.com](mailto:gabrielaflorasinguimica@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-8748-7859>

**Correspondencia:** [brayan.tierra@esPOCH.edu.ec](mailto:brayan.tierra@esPOCH.edu.ec)

\***Recibido:** 25 mayo de 2022 \***Aceptado:** 02 de junio de 2022 \* **Publicado:** 06 de julio de 2022

- I.** Ingeniero Químico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- II.** Ingeniero Químico, Máster en Ciencias en Ingeniería Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- III.** Ingeniero en Mecatrónica, Máster en Ciencias con Especialidad en Sistemas de Manufactura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- IV.** Ingeniera Química, Máster en Gestión Ambiental, Máster en Química, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

El aceite de ricino del cual se extrae a partir de las semillas de higuierillas alberga alrededor de 700 aplicaciones industriales, como biocombustible, lubricante para aviones, entre otros, por este motivo, se realizó esta investigación con la finalidad de identificar las variables de proceso óptimas en la extracción aceite de ricino, para lo cual, se procedió a realizar un muestreo aleatorio en dos sectores diferentes de la ciudad de Riobamba (San Vicente de Lacas y Cubijíes) perteneciente a la provincia de Chimborazo, en el cual se estableció que el híbrido de San Vicente de Lacas presenta mayor contenido graso 43.38%, posterior aquello se realizó la extracción del aceite en un equipo soxhet, partiendo por el pretratamiento de las semillas proceso de secado, descascarado y molienda, el análisis se desarrolló en base al diseño de Taguchi, con 3 variables cada una con 3 niveles de secado (90, 100, 110°C), tamaño de partícula (1.40, 2.36, 3.35 mm) y relación soluto a solvente (1:3, 1:6, 1:9). El análisis estadístico de los efectos de las variables en el rendimiento indicó que las variables óptimas del proceso fueron temperatura de 90°C, tamaño de partícula de 1.40mm y una relación soluto-solvente de 1/3 resultando en un rendimiento del 65.18%. Posteriormente se realizó una refinación química y se obtuvo aceite con las siguientes propiedades: el índice de acidez 0.5 mg/g, índice de saponificación 183.09 mg KOH/g, índice de yodo 86.1 cg/g, índice de peróxido 4.7 meq O<sub>2</sub>/kg y densidad aparente 0.967g/ml. Se comprobó que los resultados se encuentran en los rangos establecidos por las normas ASTM.

**Palabras claves:** Aceite de Higuierilla; Extracción por solvente; Diseño experimental; Optimización.

## Summary

Vegetable oil from castor seeds has gained importance in the present time due to its capability to produce biodiesel, bio lubricants, and other products; castor oil can be used in more than 700 industrial products. Therefore, this research is focused on studying the solvent extraction process of castor oil by applying Taguchi experimental design and obtaining the optimum process variables. Castor seeds were obtained by random sampling from the areas of San Vicente de Lacas and Cubijies. These areas are located in the province of Chimborazo, Ecuador. The results of the fat content showed

## Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.)

---

that seeds from San Vicente de Lacas were of better quality with a fat content of 43,38%. These seeds were selected and prior to perform the solvent extraction process in a soxhlet equipment, drying, hulling, and milling was performed. Taguchi design was applied by selecting the following variables: drying temperature (90, 100, 110°C), particle size (1.40, 2.36, 3.35 mm), and solute: solvent ratio (1:3, 1:6, 1:9). The statistical analysis on the effects of the study variables on the castor oil yield showed that the optimum variables were temperature: 90°C, particle size: 1.40mm and solute-solvent ratio: 1/3 with a yield of 65.18%. The vegetable oil was refined and further analyzed to compare its properties with ASTM standards and the results were the following: acid value of 0.5 mg/g, saponification index of 183.09 mg KOH/g, iodine index of 86.1 cg/g, peroxide index of 4.7 meq O<sub>2</sub>/kg and apparent density of 0.967 g/ml. All the results were within the range of ASTM standards for vegetable oil.

**Keywords:** Castor Oil; Solvent Extraction; Experimental Design; Optimization.

### Resumo

O óleo de rícino do qual é extraído das sementes de figueiras tem cerca de 700 aplicações industriais, tais como biocombustível, lubrificante para aviões, entre outros, por esta razão, esta investigação foi realizada com o objectivo de identificar as variáveis óptimas de processo na extracção de óleo de rícino, Para tal, procedemos a uma amostragem aleatória em dois sectores diferentes da cidade de Riobamba (San Vicente de Lacas e Cubijés) pertencentes à província de Chimborazo, na qual foi estabelecido que o híbrido de San Vicente de Lacas tem um teor de gordura 43 mais elevado. 38%, após o que a extracção do óleo foi efectuada num equipamento soxhelt, começando pelo pré-tratamento das sementes por secagem, descasque e moagem, a análise foi desenvolvida com base no desenho Taguchi, com 3 variáveis cada uma com 3 níveis de secagem (90, 100, 110°C), tamanho das partículas (1,40, 2,36, 3,35 mm) e rácio soluto/soluto (1:3, 1:6, 1:9). A análise estatística dos efeitos das variáveis sobre o rendimento indicou que as variáveis óptimas do processo eram a temperatura de 90°C, o tamanho das partículas de 1,40mm e um rácio soluto/solvente de 1/3 resultando num rendimento de 65,18%. Posteriormente, procedeu-se à refinação química e obteve-se óleo com as

seguintes propiedades: número ácido 0,5 mg/g, número de saponificação 183,09 mg KOH/g, número de iodo 86,1 cg/g, número de peróxido 4,7 meq O<sub>2</sub>/kg e densidade a granel 0,967g/ml. Os resultados foram encontrados dentro das gamas estabelecidas pelas normas da ASTM.

**Palavras-chave:** óleo de Higuierilla; Extração de solventes; Desenho experimental; Optimização.

## Introducción

La masiva producción de aceites vegetales como fuente de energía y consumo humano, ha ocasionado distintos problemas ecológicos, como invasión de bosques protegidos, y erosión del suelo causado por el monocultivo. En el Ecuador se estima que existe alrededor de 269524 hectáreas de palma, siendo el segundo cultivo más grande después del arroz (González y Figari, 2020), teniendo como principal productora la provincia de Esmeraldas, que desde 2001 hasta 2020 ha perdido 14.7 kilómetros por hectárea de reservas ecológicas, lo que representa un 13% del total de su pérdida (Global Forest Watch 2020).

La higuierilla es una planta arbustiva originaria de Etiopía, continente africano, se ha introducido en distintas zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo, por su nivel de industrialización, cuya principal utilidad es como producto energético (Naik et al. 2018). Las semillas del cual se extrae el aceite de ricino o denominado también como “castor oil” (Yeboah et al. 2020), es único en su especie, al poseer en su estructura alrededor del 90% de ácido ricinoleico, componente químico de estudio, mostrando interés por su alto grado de viscosidad, además al ser un producto laxante este no compite con otros cultivos alimenticios (Jiménez, Rosales y Domínguez 2016), presentando más de 700 aplicaciones, entre productos farmacéuticos y cosméticos (McKeon 2016).

La extracción de aceite a nivel industrial a partir de semillas oleaginosas es llevada a cabo mediante extracción mecánica y química, sin embargo, el proceso más utilizado es la extracción por solvente con rendimiento de hasta 99% (García 2019). Su principal inconveniente es la selectividad del solvente, existe más de un solvente para extraer grasas, no obstante dependerá mucho de su polaridad captando mayor contenido de ácidos grasos (Danlami, Arsad y Zaini 2015).

Otro problema que surge durante el proceso de extracción de aceite de ricino es la falta de información en cuanto se refiere al sistema de secado, se estima que la humedad es un factor decisivo para la

## VARIABLES ÓPTIMAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA (*RICINUS COMMUNIS* L.)

---

conservación de semillas oleaginosas, tanto así que su temperatura de almacenamiento es de 4°C (Jiménez, Rosales y Domínguez 2016), además al presentar las semillas de higuierilla componentes tóxicos (ricina y ricinina), estas son inactivas a temperaturas mayores a 80°C (Perea Flores 2011).

Mientras que (Efthymiopoulos et al. 2019) estable que el tamaño de partícula y relación soluto a solvente no se ha investigado a fondo debido a que durante la experimentación a escala industrial, las semillas son molidas por completo y su volumen se relaciona según el tipo de sifón mediante el cual recircula el solvente.

Dado que existen escasos estudios que determinen las variables óptimas durante el proceso de extracción de aceite de ricino a partir de semillas de higuierillas cultivadas en la provincia de Chimborazo, se ha visto la necesidad de diseñar un proceso mediante el cual se examine las variables indispensables para obtener elevados rendimientos, así se tiene su temperatura de secado, tamaño de partícula y relación soluto a solvente, además, se identificar un solvente necesario para extraer mayor contenido de aceite de ricino.

### Metodología

En un inicio se realizó un muestreo aleatorio en dos sectores de la ciudad de Riobamba, San Vicente de Lacas y Cubijíes perteneciente a la provincia de Chimborazo-Ecuador. En cuanto se sabe, la higuierilla presenta alrededor de 8910 especies (Jiménez, Rosales y Domínguez 2016), cada variedad presenta diferente composición morfológica, lo que le dificulta dividirla según su híbrido, es así que se realizó un análisis proximal de grasa, humedad y cenizas.

Luego de evidenciar que la semilla de San Vicente de Lacas, contiene cantidades mayoritarias de grasa, se partió con este tipo de semilla para su procesamiento. Una vez adquirida la materia prima, se procedió a realizar su limpieza, separando todo tipo de material inconsistente diferente de la semilla.

Partiendo de la semilla libre de impurezas, se realizó el secado en un secador de bandeja tipo armario utilizando lotes de 250 gramos, a temperaturas de 90, 100 y 110°C, cada uno de los factores se llegó a analizar durante el proceso de extracción. Asimismo, se elimina la cáscara mediante descascarado con un martillo de goma facilitando el proceso.

## VARIABLES ÓPTIMAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA (*RICINUS COMMUNIS* L.)

---

La molienda de semillas se desarrolló en un molino de martillo mediante el cual se logra reducir su tamaño de partícula. Según Danlami, Arsad y Zaini (2015) identifican que el tamaño requerido para obtener mayor rendimiento durante su experimentación está valorado entre tamaño de partícula de 1.40 , 2.36 y 3.35 mm.

Para la extracción del aceite se procedió a realizar en un equipo soxhlet, en un matraz de 100 ml, un sifón de 250 mL, y muestras de 40 gramos en relación soluto a solvente de 1:3 y muestras de 30 gramos en proporciones de 1:9 y 1:6. En cuanto al solvente se utilizó etanol al 96%.

El proceso de recuperación del solvente se realizó mediante destilación al vacío, utilizando un rotavapor (Buchi R-300, bomba de vacío presión de 5 mbar  $\pm$  2 mbar y una capacidad de vacío de 1,8 m<sup>3</sup>/h), a una temperatura de destilado de 40°C, y un tiempo estimado de 40 min.

Luego se procedió a realizar la refinación del aceite obtenido. Para el desgomado, se utilizó 50 gramos de aceite crudo, para eliminar los fosfátidos hidratantes, se agregó 2% de agua caliente y se agitó durante 10 min a una temperatura de 61°C, mientras que para los fosfátidos no hidratantes, se añadió 0,1 % de ácido fosfórico 85%, el proceso se llevó a cabo a agitación constante a una temperatura de 61 °C durante un tiempo de 20 minutos. Luego se somete a una decantación durante 1 hora y se separan las gomas del aceite.

En el caso de la neutralización para eliminar los compuestos jabonosos se utilizó hidróxido de sodio 2% durante al menos 60 minutos a una temperatura de 71 °C. Seguidamente, se agregó 2% de agua caliente (70°C) y se agitó durante 10 min hasta reducir la máxima cantidad de jabón. La muestra se decantó durante 1 hora y se separó los jabones del aceite.

La decoloración se utilizó para eliminar los pigmentos coloreados mediante 1% de carbón activado con relación al aceite utilizado. Se agitó durante 30 minutos, y después se procedió a calentar a 110°C durante otros 30 minutos para que se produzca la reacción. Por último, se filtró el aceite con papel celulosa eliminando el exceso de compuestos coloreados y el carbón activado no reaccionado. Finalmente se realizó una evaporación para eliminar el exceso de cantidad de agua producida durante la etapa de desgomado y neutralización, se realiza en una estufa a 130°C durante 20 minutos.

Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

## Resultados

(Jiménez, Rosales y Domínguez 2016) en base a sus investigaciones determinan que al poseer más de 8910 especies en el mundo se puede diferenciar una de otra en base a su morfología, sin embargo, es muy difícil de percibir su contenido de aceite es por aquello que se realiza una cuantificación mediante análisis químico. Así también, se establece que la semilla de higuierilla perteneciente al sector de San Vicente de Lacas especie pequeña, presenta mayor contenido de grasas promedio 48.38%, en comparación con la semilla de higuierilla del sector de Cubijíes especie grande 47.41%, esto se asemeja a los resultados establecidas por (Akande et al. 2012) quienes indican que semillas de variante pequeña presenta mayor contenido de aceite 48.56% relacionadas a semillas de variante grande 47.18%. También se realizaron análisis de humedad y cenizas como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados análisis materia prima higuierilla

MUESTRA	REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3
San Vicente de Lacas			
HUMEDAD	7.00 %	6.94 %	6.95 %
CENIZAS	3.47 %	3.37 %	3.34 %
GRASAS	48.31 %	48.40 %	48.43 %
Cubijíes			
HUMEDAD	7.62 %	7.67 %	7.68 %
CENIZAS	2.95 %	2.83 %	3.05 %
GRASAS	47.45 %	47.38 %	47.41 %

Fuente: Tierra, Brayan, 2021

Con la finalidad de identificar el factor o factores que inciden en el proceso de extracción de aceite de ricino, se procedió a realizar el diseño experimental de Taguchi, con 3 factores y 3 niveles como se indica en la Tabla 2. Para cada uno de los experimentos se indica el rendimiento promedio obtenido luego de haber realizado 3 repeticiones. La desviación estándar máxima del rendimiento fue de 2.518%.

Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

**Tabla 2.** Resultados rendimiento de extracción aceite de higuierilla

N°	Temperatura (°C)	Tamaño (mm)	Relación soluto/solvente (g/mL)	Rendimiento (%)
1	90	1.40	1/3	65.18
2		2.36	1/6	43.98
3		3.35	1/9	41.89
4	100	1.40	1/6	70.75
5		2.36	1/9	52.69
6		3.35	1/3	46.36
7	110	1.40	1/9	70.88
8		2.36	1/3	53.91
9		3.35	1/6	38.85

**Fuente:** Tierra, Brayan, 2021

El análisis de varianza ANOVA (Tabla 3) se realizó identificar los parámetros que afectan el rendimiento se puede notar que, dentro de los parámetros seleccionados para el presente estudio, el que tuvo incidencia en el rendimiento fue el tamaño de partículas ya que el valor  $p < 0.05$  que otorga un nivel de confianza del 95%, indicando que existe diferencias significativas en el rendimiento de la extracción de aceite de ricino. Esto no significa que los otros parámetros no son de importancia en el proceso, sino que pueden ser optimizados para el ahorro de recursos. Es por esta razón que el experimento 1 sería el óptimo para la extracción del aceite de ricino con temperatura de 90°C, tamaño de partícula de 1.40mm y una relación soluto-solvente de 1/3 resultando en un rendimiento del 65.18%. Se puede evidenciar que los experimentos 4 y 7 tienen mayor rendimiento con 70.75% y 70.88% Sin embargo, al haber determinado una desviación estándar de 2.518%, esto indica que no habría diferencias significativas entre estos 3 experimentos y el experimento 1 involucra menor temperatura y menor uso de solvente lo que implica ahorro de energía y recursos.



Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

**Tabla 3.** Análisis de varianza

Parámetro	Grados de lib.	Suma Aj de Cuadrados	Cuadrados Medios Aj	F-Value	P-Value
Relación	2	31.16	15.58	1.49	0.401
Tamaño	2	1138.1	569.05	54.45	0.018
Temperatura	2	54.42	27.21	2.6	0.277
Error	2	20.9	10.45		
Total	8	1244.59			

**Fuente:** Tierra, Brayan, 2021

Se considera que el tamaño de partícula con un diámetro de 1.40 mm extrae mayor contenido de grasa, según (Sayyar et al. 2009), detalla que si su tamaño es mayor a 0.75 mm el solvente no puede atrapar los compuestos lípidos, este efecto es causado debido a la gran compactación de la materia prima, promoviendo en un menor rendimiento de aceite, mientras (Efthymiopoulos et al. 2019) indica que, por debajo de 0.5 mm su porcentaje de grasa también tiende a disminuir, en este caso se debe a la masiva aglomeración de partículas finas, produciendo una menor área de superficie entre el soluto a solvente. Así también (Rosas Quina 2020) ratifica que si la partícula tiende a disminuir su tamaño, su área superficie aumentará, por consiguiente su contacto entre el solvente será mínimo, alcanzando una mayor velocidad de transferencia de masa.

Se establece que la temperatura requerida para extraer un buen rendimiento de aceite es de 90°C, según (Mabona et al. 2018), indica que, si existe un nivel superior de 4% de humedad existirá una caída de rendimiento, esto puede deberse, a la obstrucción generada por el agua, al ser soluble en solventes polares ocasiona que su transferencia de masa sea directa entre el agua y el solvente, sin poder captar los componentes lipídicos y según su investigación (Fadhlullah, Widiyanto y Restiawaty 2015), acata que semillas de girasol con menor contenido de humedad produce mayor cantidad de aceite. Así también (Rostami et al. 2014), menciona que durante el proceso de secado disminuye su contenido de humedad, facilitando la destrucción de sus paredes celulares y liberando sus partículas grasas.

### Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

Se estima que la variable relación soluto a solvente no tiene efecto directo con respecto a rendimiento de aceite, sin embargo (Efthymiopoulos et al. 2019), (Dasari y Goud 2014) estipula que una saturación de solvente causará un gasto económico debido a que en una relación satisfactoria entre 1 a 3 su capacidad de difundir ocurra hasta llegar a un cierto límite en el cual el soluto no pueda extraer más cantidad de grasa

En cuanto a la refinación del aceite, se trata con dos muestras de grasa, este proceso se realiza para determinar si el tratamiento influye en la calidad del aceite. En la Tabla 4 se puede apreciar los resultados del proceso con una muestra de mayor contenido graso 70.88 % muestra 7 y menor contenido graso 38.85 % muestra 9. Se puede evidenciar que con respecto a las cantidades obtenidas en cada etapa de refinación no existe una diferencia significativa por lo que se podría concluir que, para todas las muestras, el rendimiento no tiene influencia en la calidad del aceite refinado.

**Tabla 4.** Resultados de refinación de aceite crudo

PROCESO	MAYOR CONTENIDO GRASO		MENOR CONTENIDO GRASO	
Desgomado	55.8 g	46.67 g	22.2 g	18.5 g
Neutralización	48.54 g	40.77 g	19.24 g	16.16 g
Decoloración	41.18 g	26.77 g	16.32 g	10.60 g
Evaporación	26.77 g	25.70 g	10.60 g	10.17 g

**Fuente:** Tierra, Brayan, 2021

La caracterización de aceite de ricino refinado se indica en la Tabla 5. Se establece que la densidad presenta un valor de 0.967 g/ml, resultado similar proporcionado por (Lombeida 2015) 0.961 g/ml. Su viscosidad 997.8 centipoise es muy alta, esto es causado por la presencia de ácidos grasos hidroxilados, otorgando propiedades fisicoquímicas únicas en su especie, de esta manera se establece su creciente incremento en la industria de los aceites vegetales. Así también se tiene que el índice de acidez 0.5 mg/g, índice de yodo 86.1 cg/g, índice de saponificación 183.09 mg KOH/g, e índice de peróxidos 4.7 O<sub>2</sub>/kg concuerda con las especificaciones establecidas por la norma ASTM para aceites vegetales (Naik et al. 2018)

Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

**Tabla 5.** Resultados análisis físico-químico del aceite refinado

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECÍFICAS ASTM
pH	5.60	-	pH-metro	-
Densidad	0.967	g/ml	NTE INEN-0035	0.957-0.961
Viscosidad	997.8	centipoise	Viscosímetro Brookfield	-
Índice de refracción	1.4789	-	NTE INEN-ISO 6320	1.476-1.478
Acidez (expresada como ácido oleico)	0.5	mg/g	NTE INEN-ISO 660	2 (max)
Índice de yodo	86.1	cg/g	NTE INEN-ISO 3961	83-88
Índice de peróxido	4.7	meq O <sub>2</sub> /kg (En grasa extraída)	NTE INEN-ISO 3960	-
Índice de saponificación	183.09	mg KOH/g	NTE INEN-ISO 3657	176-184

Fuente: Tierra, Brayan, 2021

## Conclusiones

La evaluación de las semillas de higuierilla de dos sectores de la provincia de Chimborazo (San Vicente de Lacas y Cubijíes), mediante métodos de ensayo de grasa, humedad y cenizas; presentando un porcentaje de grasas del 48.38 - 47.41%, porcentaje de humedad del 7.03 - 7.66% y porcentaje de cenizas de 3.39 - 2.94%.

Las variables óptimas en la etapa de extracción, temperatura de secado a 90°C, solvente etanol al 96%, tamaño de partícula 1.40 mm y la relación soluto/solvente de 1/3, como parámetros necesarios para conseguir una excelente producción de aceite. Para mejorar su conservación se realizó una refinación química, desgomado a 61°C con 0.1% de ácido fosfórico 85%, neutralización a 71°C con

## Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

---

2% de hidróxido de sodio, decoloración a 110°C con 1% de carbón activado y una evaporación a 130°C.

Se caracterizó del aceite de ricino y se obtuvieron los siguientes resultados: amarillo pálido; pH de 5.60; densidad 0,967 g/ml; acidez 0,5%; índice de yodo 86,1 cg/g; índice de peróxido 4,7 meqO<sub>2</sub>/kg e índice de saponificación 183,09 mg KOH/g.

### Referencias bibliográficas

1. Akande, T., Odunsi, A., Olabode, O. y Ojediran, T.(2012). Physical and Nutrient Characterisation of Raw and Processed Castor ( *Ricinus communis L.* ) Seeds in Nigeria . *World Journal of Agricultural Science*, 8(1), 89-95.
2. Danlami, J.M., Arsad, A. Y zaini, m.a.(2015). Characterization and process optimization of castor oil (*Ricinus communis L.*) extracted by the soxhlet method using polar and non-polar solvents. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 47(6),1-6.
3. Dasari, S.R. y Goud, V.(2014). Effect of pre-treatment on solvents extraction and physico-chemical properties of castor seed oil. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 6(6).
4. Efthymiopoulos, I., Hellier, P., Ladommatos, N., Kay, A. y Mills Lamptey, B.(2019). Efecto de los parámetros de extracción por solventes en la recuperación de aceite de los granos de café usados para la producción de biocombustibles. *Valorización de residuos y biomasa*, 10(1), 253-266.
5. García, A. (2019). *Obtención de aceites comestibles a partir de nuevas semillas de girasol enriquecidas en fitoesteroles*. [Tesis Doctoral, Universidad Pablo Olavide, Sevilla]. <https://rio.upo.es/xmlui/bitstream/handle/10433/7571/garcia-gonzalez-tesis-19-20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Global Forest Watch.( 30 abril 2022) *Esmeraldas, Ecuador Interactive Forest Map* . <https://www.globalforestwatch.org>.
7. González, C. y Figari, A.(2020). *Propalma Ecuador : Anuario 2020*.
8. Jiménez, R., Rosales, R y Domínguez, P.(2016). *Estrategias para el uso integral de la*

Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.)

---

- higuierilla en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
9. Lombeida, N. *Diseño de un reactor tipo batch para la obtención de biodiesel a partir de aceite de ricino (*Ricinus communis*)*. [Tesis Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9102>
  10. Mckee, T.A., Hayes D., Hildebrand, D., Weselake R. (2016). *Industrial Oil Crops*. Elsevier.
  11. Naik, S.N., Saxena, D.K., Dole, B.R. y Khare, S.K. (2018). *Waste biorefinery*. Elsevier.
  12. Perea Flores, M. J.(2011). *Efecto del secado por lecho fluidizado en la estructura de semillas de *Ricinus communis* y en la extracción de su aceite como fuente alternativa de biocombustibles*. [Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional, México]. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16065>
  13. OMBOZA CHASIG, J.G. Diseño de un sistema de producción de biodiesel a partir del aceite de Higuierilla. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2012. [Consulta: 31 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2514/1/96T00196.pdf>.
  14. Rojas Ramos, K.M.(2019). *Obtención y extracción de aceites vegetales*. [Tesis Licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú]. [https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3861/MONOGRAFÍA - ROJAS RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3861/MONOGRAFÍA%20-%20ROJAS%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  15. Mabona, N., Aboyade, W., Mollagee, M. y Mguni, L.L.(2018). Effect of moisture content on oil extraction from spent coffee grounds. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 40(5), 501-509.
  16. Rosas Quina, Y.E.(2020). Efecto del tamaño de partícula en la extracción de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) por método convencional. *Peruvian Agricultural Research*, 2(1), 5-8.
  17. Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. y Bakhshabadi, H.(2014). Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*, 58(1), 160-165.
  18. Sayyar, S., Abidin, Z.Z., Yunus, R. y Muhammad, A. (2017). Extraction of Oil from *Jatropha*

Variables óptimas para la extracción de Aceite de Higuierilla (*Ricinus Communis L.*)

---

- Seeds-Optimization and Kinetics Extraction of Oil from *Jatropha* Seeds-Optimization and Kinetics. *American Journal of Applied Sciences*, 6(7), 1390-1395.
19. Tierra Ayala, B. S. *Diseño del proceso de extracción de aceite de higuierilla (*Ricinus Communis L.*) en la provincia de Chimborazo mediante el estudio de las variables óptimas en cada etapa*. [Tesis Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
20. Yeboah, A., Ying, S., Lu, J., Xie, Y., Amoanimaa, H., Boateng, K., Chen, M. y Yin, X.(2021). Castor oil (*Ricinus communis*): a review on the chemical composition and physicochemical properties. *Food Science and Technology*, 41(2).

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).