



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v8i14.0408>

## EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DEL BLANQUEO DE ACEITE DE PALMA HÍBRIDA (*ELAEIS OLEÍFERA* X *ELAEIS GUINEENSIS*) CON CARBÓN ACTIVADO DE CASCARILLA DE ARROZ

## PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF HYBRID PALM OIL BLEACHING (*ELAEIS OLEIFERA* X *ELAEIS GUINEENSIS*) WITH RICE HUSK ACTIVATED CARBON

Reinoso-Baque Iván Manuel <sup>1</sup>; Baquerizo-Figueroa Julio Manuel <sup>2</sup>; Ramos-Cedeño Martha Cecilia <sup>1</sup>; Lectong-Cusme Nieve Cusme <sup>3</sup>; Palacios-Zambrano Jandry Javier <sup>4\*</sup>; Proaño-Molina Irma Enith <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito Km 1 ½ vía Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de Guayaquil. Ciudadela Universitaria Av. Delta S/N y Av. Kennedy. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Manabí. Av. José María Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

<sup>4</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Campus Politécnico El Limón Km 11/2 vía la Pastora. Calceta, Manabí, Ecuador.

<sup>5</sup> Unidad Educativa Primero de Abril. Av. Hermanas Páez y Oriente. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

\*Correo: jandry\_palacios@espam.edu.ec

### Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar de forma fisicoquímica el blanqueo del aceite de palma híbrida (*Elaeis Oleífera* x *Elaeis Guineensis*) con carbón activado de cascarilla de arroz. Se utilizó el diseño completamente al azar bifactorial, las variables estudiadas constaron de factor A: tipo de carbón activado con tres niveles; carbón activado con ácido fosfórico (CAAF), carbón activado físicamente (CAF) y carbón activado con ácido cítrico (CAAC). Factor B: porcentaje de carbón activado en peso con dos niveles 1 y 2%, obteniéndose seis tratamientos, las variables dependientes comprendieron la acidez libre en %, color rojo Lovibond e índice de peróxidos (meqO<sub>2</sub>/kg). Los experimentos se efectuaron con cuatro réplicas, dando 18 unidades experimentales en total. Cada unidad experimental constó de 100 g de aceite de palma híbrida pretratada. Los resultados corroboraron que el mejor tratamiento es el CAAF 2% para color rojo Lovibond, CAF 1% para la acidez libre, el índice peróxido no demostró ser estadísticamente significativo, por lo que se acepta la igualdad de medias. Se concluyó que estos tipos de carbones activados generan una opción en el blanqueo de aceite de palma híbrida.

**Palabras claves:** palma híbrida, ácido fosfórico, ácido cítrico, índice de peróxido.

### Abstract

The research objective was to evaluate physicochemically the bleaching of hybrid palm oil (*Elaeis Oleífera* x *Elaeis Guineensis*) with rice husk activated carbon. The bifactor completely randomized design was used, the variables studied consisted of; factor A: type of activated carbon with three levels; activated carbon with phosphoric acid (ACPA), physically activated carbon (PAC), and activated carbon with citric acid (ACCA), factor B: percentage of activated carbon by weight with two levels 1 and 2%, obtaining six treatments, the dependent variables They included free acidity in %, Lovibond red color and peroxide index (meqO<sub>2</sub>/kg). The experiments were carried out with

#### Información del manuscrito:

**Fecha de recepción:** 27 de septiembre de 2023.

**Fecha de aceptación:** 07 de noviembre de 2023.

**Fecha de publicación:** 10 de enero de 2024.





four replicates, giving 18 experimental units in total. Each experimental unit consisted of 100 g of pretreated hybrid palm oil. The results corroborated that the best treatment is 2% ACPA for Lovibond red color, and 1% PAC for free acidity, the peroxide index did not prove to be statistically significant, so equality of means is accepted. It was concluded that these activated carbons generate an option in the bleaching of hybrid palm oil.

**Keywords:** hybrid palm, phosphoric acid, citric acid, peroxide value.

## 1. Introducción

Ecuador cuenta con una gran variedad de fuentes de alimentos en términos de diversidad (Flores, 2020). En el consumo masivo destacan pescados, mariscos, arroz, tubérculos, verduras, frutas, carnes (Ochoa, 2019), formando el arroz un componente común en la alimentación de todas las zonas del país (Viteri y Zambrano, 2016). La producción de este producto agroindustrial genera desechos, en particular la cascarilla del grano, la cual representa el 20% del total del producto (Tobar y Quijije, 2017).

De acuerdo a los datos proporcionados por el INEC (2018), en Ecuador se cultivaron 5,3 millones de hectáreas en la industria agropecuaria, con la producción de cultivos como caña de azúcar, banano, palma africana, arroz, papa y maíz duro seco. La producción de arroz alcanzó las 1.135.093 toneladas métricas.

En Ecuador, el arroz es el cultivo más importante tanto en términos de producción como en su impacto social, abarcando aproximadamente un tercio de la tierra cultivable del país (MAGAP, 2020). La producción en gran escala de este producto genera una gran cantidad de subproductos no deseados, siendo la cascarilla de arroz su residuo principal (Naveda et al., 2019)

Parte de estos desechos se emplean con fines pocos utilitarios desde la perspectiva de valor agregado, como el uso de la cascarilla de arroz en camas para cerdos con el fin de mitigar los olores en las áreas de cría; sin embargo, la porción no utilizada y desechada contribuye a la contaminación, ya que se descompone de manera muy lenta si no se dispone de un método adecuado para su eliminación final (Hurtado et al., 2021).

Como señalan Altamirano (2021) y Bástidas (2021) se han propuesto



diferentes opciones para utilizar los desechos de la cascarilla de arroz, por ejemplo, se ha mencionado la posibilidad de convertirla en biocombustible; otro enfoque sería su transformación en carbón activado, que tiene diversas aplicaciones en los sectores industriales y comerciales, como se discute en el estudio de Mejía (2018), un ejemplo práctico de esto es su utilización en el cultivo de palma híbrida para blanquear el aceite obtenido durante su procesamiento (Bockisch, 2015).

El proceso de blanqueo de aceites se realiza mediante técnicas de extracción y refinado (Parra et al., 2018). Este proceso puede llevarse a cabo mediante métodos químicos o físicos (Badui, 2016). En ambas modalidades, se requiere una etapa de blanqueo que involucra el uso de tierras activadas a través de procesos químicos para adsorber los pigmentos y descomponer los peróxidos (Esquivel et al., 2018).

Carrillo (2013) argumenta la viabilidad de procesos productivos de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz, en efecto debido a su característica apolar y a las fuerzas involucradas en el proceso

de adsorción, el carbón activado tendrá una mayor afinidad por retener moléculas que son igualmente apolares, tales como hidrocarburos, fenoles y colorantes (Sevilla, 2011).

Basándose en los fundamentos expuestos, el propósito principal de esta investigación fue evaluar de forma fisicoquímica el blanqueo del aceite de palma híbrida (*Elaeis Oleífera* x *Elaeis Guineensis*) con carbón activado de cascarilla de arroz.

## 2. Metodología

Los análisis se llevaron a cabo en un laboratorio de química de una empresa localizada en Manta, en la provincia de Manabí, Ecuador.

En el diseño experimental, se implementó una combinación factorial A\*B en un esquema de Diseño Completamente al Azar (DCA), involucrando seis tratamientos y cuatro repeticiones, lo que resultó en un total de 24 unidades experimentales.

En este estudio se emplearon dos variables independientes, la variable A consistió en el tipo de carbón activado, con tres niveles. La



variable B se basó en los porcentajes de carbón activado, con dos niveles. Los niveles de cada factor se definieron siguiendo los límites de

control propuestos por Oot et al. (1998), como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Niveles de los factores

Factor A	Tratamiento
a1: Carbón mediante activación con Ácido fosfórico (CAAF)	b1: 1% p/p
a2: Carbón mediante activación con Ácido cítrico (CAAC)	b2: 2% p/p
a3: Carbón mediante activación física (CAF)	

La tabla 2 proporciona la información detallada sobre las combinaciones

de niveles de los factores que se investigaron.

**Tabla 2.** Combinaciones de niveles de factores

Tratamiento	Tipo de carbón activado	Porcentaje del adsorbente (%)
T1	CAAF	1
T2	CAAF	2
T3	CAAC	1
T4	CAAC	2
T5	CAF	1
T6	CAF	2

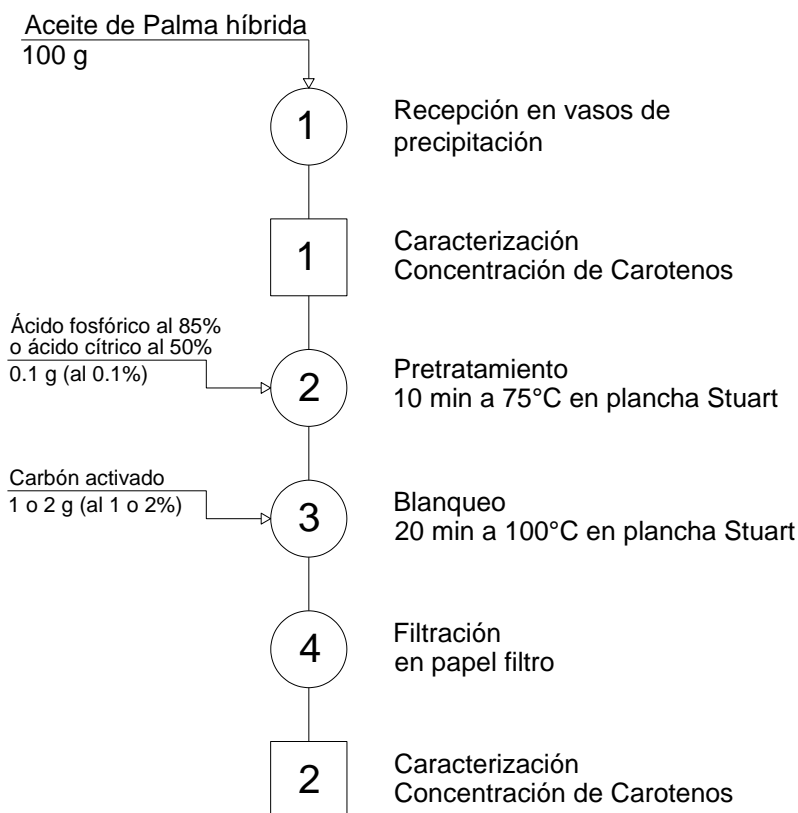
La unidad de medida en el experimento incluyó 100 gramos de aceite de palma híbrido que había sido sometido a un proceso de pretratamiento (0,1% p/p de adición de ácido fosfórico en relación con el caudal) (Giler, 2020), que tenía las siguientes propiedades: índice de

acidez del 2,76%, índice de peróxido de 1,2 meqO<sub>2</sub>/Kg y un valor Lovibond Red de 20. Las condiciones experimentales habituales consistieron en una temperatura de 100°C y un tiempo de blanqueo de 20 minutos.

## 2.1. Implementación del proceso de blanqueo

de blanqueo del aceite utilizando carbón activado.

La Figura 1 presenta la representación gráfica del proceso



**Figura 1.** Diagrama de proceso de blanqueo de aceite con carbón activado

Antes de activar el carbón, se llevó a cabo un proceso previo que implicó secar 500 gramos de cascarilla de arroz en un horno KOTTERMANN D3165 Hänigsen (220 voltios, 925 vatios) a una temperatura de 105 °C durante aproximadamente una hora. Esto se realizó en un recipiente de porcelana con el propósito de

eliminar la mayor cantidad posible de humedad presente en el material. Posteriormente, se redujo el material a un tamaño de partícula de aproximadamente 1-2 mm (malla 10-18) al pasar a través de un tamiz FISHER SCIENTIFIC COMPANY (ASTM E-11) con las



especificaciones de tamaño de malla mencionadas anteriormente.

Para activar físicamente los carbones, se tomó una muestra de 25 gramos que se colocó en un mortero de 100 mm. Esta muestra se humedeció con agua destilada y se llevó a ebullición hasta que alcanzó una conductividad de 0,5 microsiemens por centímetro (uS/cm). Luego, se introdujo en un horno de mufla TERMOLYNE FB1315M (con un rango de temperatura de 25 a 1125 °C) y se mantuvo a una temperatura de 400 °C durante 2 horas. Posteriormente, se enfrió en un horno de mufla durante 24 horas hasta alcanzar la temperatura ambiente. El material resultante se lavó con agua destilada a un pH neutro, y el pH se midió utilizando un medidor de pH OAKION 35613-24.

Para realizar la activación química, se inició el proceso al macerar 25 gramos de cascarilla de arroz junto con 50 ml de ácido fosfórico al 40 % en un mortero de 100 mm durante un periodo de 24 horas. A continuación, las muestras se secaron a temperatura ambiente en un horno KOTTERMANN. Posteriormente, se sometieron a una temperatura de

150 °C durante 2 horas. Luego, se llevaron al horno de mufla TERMOLYNE durante dos horas, alcanzando una temperatura de 400°C para la carbonización. Seguidamente, se enfriaron durante 24 horas en una mufla, y se procedió a lavar el material carbonoso con agua destilada caliente hasta que su pH llegó a ser neutro, finalmente, el material se secó a 105 °C durante 24 horas. La activación mediante ácido cítrico se llevó a cabo siguiendo el mismo enfoque y procedimiento previamente descrito (Hidalgo y Rivera, 2017).

## **2.2. Determinación de parámetros**

### **2.2.1. Color Lovibond**

El color se evaluó utilizando el Spectro Colorímetro Lovibond PFX-i Series. Se procedió a verter el aceite a una temperatura de 40 °C en una celda de 1 pulgada de longitud y se realizó la medición. La norma de referencia para esta medición fue la especificada por AOCS (1997).

### **2.2.2. Acidez libre**

Para llevar a cabo este análisis, se midieron 7 gramos de aceite en un matraz Erlenmeyer utilizando una



balanza analítica MRC ASB220 C3. Luego, se disolvieron estos 7 gramos en 50 mL de alcohol neutro al 95 %, a los cuales se le añadieron unas gotas de fenolftaleína. A continuación, se procedió a realizar una titulación con una solución de hidróxido de potasio al 0,1 N hasta que el color amarillo viró a un tono rosa leve. Los resultados se expresaron como el porcentaje de ácido palmítico, utilizando la ecuación 1, y se tomó como referencia la norma INEN-ISO 660 (2013).

$$\% \text{ ácido palmítico} = \frac{V(KOH) * N(KOH) * 25,6}{W}$$

(Ec. 1)

Donde:

V= Volumen de hidróxido de potasio consumido.

N= Normalidad de la solución de hidróxido de potasio.

W= Peso en gramos de la muestra.

### 2.2.3. Índice de peróxido

Para determinar este parámetro, se pesaron 5 gramos de aceite en un matraz Erlenmeyer utilizando una balanza analítica MRC ASB220 C3, a continuación, se disolvieron estos

5 gramos en 30 mL de una solución compuesta por ácido acético glacial e iso-octano en una proporción de 3:2, posteriormente se añadieron 0,5 mL de una solución saturada de yoduro de potasio y se permitió que la mezcla reposara en la oscuridad durante un minuto. Después de este tiempo, se agregaron 0,5 mL de una solución al 1 % de almidón, luego, se procedió a realizar una titulación con una solución de tiosulfato de sodio al 0,01 N hasta que el color violeta oscuro se transformó en un tono blanco. Los resultados se expresaron en meqO<sub>2</sub>/Kg de muestra utilizando la ecuación 2, y se utilizó como referencia la norma INEN-ISO 3096 (2013).

$$meq \frac{O_2}{Kg} \text{ muestra} = \frac{V * N * 1000}{W}$$

(Ec. 2)

Donde:

V= Volumen de tiosulfato de sodio consumido.

N= Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

W= Peso en gramos de la muestra.

## 3. Resultados y discusión

Se realizaron pruebas de normalidad (usando el test de Shapiro-Wilk) y





homogeneidad (mediante el test de Levene) en todas las variables, cumpliéndose los dos supuestos para las de porcentaje de acidez, índice de peróxidos y color rojo Lovibond. Aquellas variables que cumplieron con todos los criterios mencionados anteriormente fueron sometidas a pruebas de ANOVA con la finalidad de establecer la diferencia significativa estadística para los tratamientos de todas las variables en estudio. Se llevaron a cabo pruebas de diferencia significativa de Tukey (HSD) con el propósito de determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, utilizando un nivel de confianza del 95%, que equivale a un valor de significancia del 0,05.

Según la tabla 3, el carbón activado que disminuyó el color R fue el CAAF al 2%, el mejor tratamiento para

acidez fue CAF 1 % y el índice de peróxido no demostró ser estadísticamente significativo por lo que se acepta la igualdad de medias.

La disminución de los niveles de acidez no fue tan efectiva en términos de operatividad, ya que el tratamiento más eficiente, CAF al 1 %, solo logró reducir la acidez en un 12,68 % con respecto a su valor inicial. Las variables relacionadas con el tipo de carbón, la concentración del adsorbente y su interacción no mostraron un impacto significativo en la variable índice de peróxidos, por lo tanto, se confirma la hipótesis de que las medias son iguales. Existe significancia del tipo de carbón activado en la variable en la variable respuesta Color R con una disminución del color de 20 a 14,35 con el tratamiento CAAF al 2%.

**Tabla 3.** Medias de las características físico-químicas del aceite blanqueado con los tratamientos

Variable	Tipo de carbón		
	Índice de Peróxidos (meqO <sub>2</sub> /kg)	Índice de Acidez (%)	Color R
Tipo			
CAAF	0,98	2,64	14,35
CAF	0,98	2,47	16,74
CAAC	0,99	2,74	16,84
p-valor	0,3242 <sup>NS</sup>	0,0005*	<0,0001*





Variable Dosis			
1%	0,98	2,55	16,03
2%	0,98	2,68	15,92
p-valor	0,535 <sup>NS</sup>	0,0095*	0,307 <sup>NS</sup>
Interacciones de tratamientos			
CAAF-1%	0,98	2,55	14,43
CAAF-2%	0,99	2,74	14,28
CAF-1%	0,98	2,41	16,83
CAF-2%	0,97	2,54	16,65
CAAC-1%	0,99	2,7	16,85
CAAC-2%	0,98	2,77	16,83
p-valor	0,2293 <sup>NS</sup>	0,5554 <sup>NS</sup>	0,841 <sup>NS</sup>

### 3.1. Discusión

La disminución del índice de acidez en relación con el material adsorbente mostró que el carbón activado físicamente (CAF) fue el más efectivo. Esta reducción del índice de acidez se puede atribuir a la activación física, ya que al final del proceso de fabricación del CAF, este adquiere una naturaleza básica, lo que provoca que los componentes alcalinos residuales en la matriz del carbón neutralicen los ácidos grasos libres. Un estudio realizado por Abdi et al. (2021) encontró que el uso de un adsorbente con propiedades básicas conlleva a una disminución en los niveles de ácidos grasos.

Ila et al. (2021) sugieren que la reducción limitada en los niveles de ácidos grasos libres podría estar relacionada con impurezas y la viscosidad del aceite de palma, lo que posiblemente afecta el proceso de adsorción. Bockisch (2015) menciona que durante el proceso de blanqueo se eliminan impurezas y productos de descomposición del aceite mediante el uso de adsorbentes. Además, Parra et al. (2018) en su investigación demostraron que un pretratamiento destinado a la eliminación de sedimentos logró una disminución del índice de acidez en un 53,45 %.



Tian et al. (2015) llevaron a cabo la síntesis de una serie de compuestos adsorbentes que combinan carbono y atapulgita, y los evaluaron en el blanqueo del aceite de palma rojo; esto resultó en una mejora notable en la eficiencia de blanqueo para el aceite crudo, logrando valores de rojo y contenido de peróxidos del 57,36 % y 76,34 %, respectivamente. Estos valores superaron a los obtenidos con arcillas comerciales, que fueron del 38,76 % y 71,59 %. Además, Silva et al. (2014) señalan que tanto las arcillas naturales como las activadas tienen la capacidad de descomponer peróxidos.

Los resultados indican que la reducción en la intensidad del color se debe a que los pigmentos coloreados fueron atrapados por el CAAF, tal como han señalado (Gibon et al., 2007; Taylor et al., 1989). Es importante resaltar que estos pigmentos son retenidos de manera física durante la fase de blanqueo mediante adsorbentes como las arcillas blanqueadoras. Sin embargo, es relevante mencionar que los carotenos son susceptibles a reacciones de oxidación e isomerización, lo que provoca un cambio en el color de estos

carotenoides de rojo a amarillo a medida que sus valores disminuyen (Ribeiro et al., 2018).

#### 4. Conclusiones

Se logró emplear con éxito el carbón activado elaborado a partir de cascarilla de arroz, en el proceso de blanqueo para eliminar los componentes no polares de los aceites de palma híbrida. La mejor disminución del color R se logró con el tratamiento del carbón CAAF al 2%. Para la variable acidez, los resultados óptimos se obtuvieron con el carbón activado físicamente al 1% y el índice de peróxido no demostró diferencias significativas con las variables relacionadas con el tipo de carbón, la concentración del adsorbente y su interacción.

El uso de carbón activado elaborado a partir de cascarilla de arroz exhibe una alta capacidad de adsorción, equivalente a la de arcillas diatomeas industriales documentadas en investigaciones previas.

#### Bibliografía

Abdi, E., Gharachorloo, M., & Ghavami, M. (2021). Investigation of using egg shell powder for bleaching of



- soybean oil. *LWT*, 140, 110859.
- Altamirano, C. E. C., Calvopiña, F. G. L., Chicaiza, X. M. P., & Pilco, C. R. J. (2021). Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos. *Revista Scientific*, 6(21), 40-57. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.21.2.40-57>
- American Oil Chemists Society. (1997). Official method Cc 13e-92, Color. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 1-3.
- Badui Dergal, S. (2016). Química de los alimentos. Pearson Educación.
- Bastidas, J. V., & Vera, J. M. (2020). Biocombustible Sólido A Partir De Residuos Que Generan Los Procesos Agroindustriales Del Sector El Empalme. *Ingeniería e Innovación*, 8(22). <https://doi.org/10.21897/23460466.2333>
- Bockisch, M. (2015). Fats and oils handbook (Nahrungsfette und Öle). Elsevier.
- Carrillo, C. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz- una revisión. *Scientia et Technica*, 18(2), 422-429. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153019.pdf>
- Esquivel-Paredes, L., Campos-Grijalva, A., & Castillo-Martínez, W. E. (2018). Optimización de la temperatura de secado y presión de vacío en la decoloración y composición del aceite crudo de pescado. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 61-72. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.330>
- Flores Chamba, E. (2020). El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano. *SaberEs*, 12(1), 01-19.
- Gibon, V., De Greyt, W., y Kellens, M. (2007). Palm oil refining. *European journal of lipid science and technology*, 109(4), 315-335. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600307>
- Giler, A. (19 de octubre de 2020). Entrevista de J.J. Palacios. Refinación de palma híbrida Industrias Ales. Manta.
- Hidalgo, C & Rivera, S. (2017). Obtención de carbón activado a partir del bagazo del café como una propuesta de utilización del residuo de una industria. ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/102854/D-CD102896.pdf>
- Hurtado, E. A., Cueva-Navia, T., & Barba-Capote, C. (2021). La modelización del crecimiento



- de los cerdos bajo un sistema de cama profunda. *CIENCIA UNEMI*, 14(36), 1-11. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss36.2021pp1-11p>
- Ifa, L., Wiyani, L., Nurdjannah, N., Ghalib, A. M. T., Ramadhaniar, S., y Kusuma, H. S. (2021). Analysis of Bentonite Performance on the Quality of Refined Crude Palm Oil's Color, Free Fatty Acid and Carotene: The Effect of Bentonite Concentration and Contact Time. *Heliyon*, e07230. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07230>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2018). Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
- INEN ISO (2013). (Norma Técnica Ecuatoriana – Instituto Ecuatoriano de Normalización). 3960:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de peróxidos. Determinación yodimétrica (visual) del punto final. (IDT). 4ta. 660:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez. (IDT).
- Mejia, M. V. V. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Scientia et technica*, 23(3), 411-419.
- Naveda Rengifo, R. A., Jorge Montalvo, P. A., Flores del Pino, L., & Visitación Figueroa, L. (2019). Remoción de lignina en el pretratamiento de cascarilla de arroz por explosión con vapor. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 352-361. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n3/a07v85n3.pdf>
- Ochoa, F. B. (2019). ¿Hacia un modelo agroalimentario único? diversidad e identidades espaciales en el consumo de alimentos en Ecuador. *Tsafiqui: Revista científica en ciencias sociales*, (12), 68-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8270474>
- Oot, C. K., Choo, Y. M., Yap, S. C., & Ma, A. N. (1998). Refinación del aceite rojo de palma. *Palmas*, 19(1), 61-66. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/611>
- INEN ISO (Norma Técnica Ecuatoriana – Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2013).



- Parra, T., Marín, F., Jácome, G., y Sinche, M. (2018). Clarificación de aceite de cocina usado y decoloración de aceite rojo de palma con el uso de ozono, carbón activado y peróxido de hidrógeno. *Enfoque UTE*, 9(2), 77-88. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.192>
- Ribeiro, J. A. A., Almeida, E. S., Neto, B. A. D., Abdelnur, P. V., y Monteiro, S. (2018). Identification of carotenoid isomers in crude and bleached palm oils by mass spectrometry. *LWT*, 89, 631-637. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.039>
- Sevilla, U. (2011). Manual del carbón activo. Aula. [aguapedia.org](http://aguapedia.org), 1-89. <https://acortar.link/OSBGY>
- Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., Greyt, W. D., y Meirelles, A. J. A. (2014). Effect of type of bleaching earth on the final color of refined palm oil. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2, Part 2), 1258-1264. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.028>
- Taylor, D. R., Jenkins, D. B., y Ungermann, C. B. (1989). Bleaching with alternative layered minerals: A comparison with acid-activated montmorillonite for bleaching soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(3), 334-341. <https://doi.org/10.1007/BF02653285>
- Tian, G., Wang, W., Mu, B., Kang, Y., y Wang, A. (2015). Facile fabrication of carbon/attapulgite composite for bleaching of palm oil. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.021>
- Tobar, E. y Quijije, K. (2017). Estudio de factibilidad en la implementación de una empresa de reciclaje a base de cáscara de arroz en el cantón Daule, provincia del Guayas, con el fin de abastecer a plantas industriales de paneles solares. (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Guayaquil). Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20191>
- Viteri, G. I. V., & Zambrano, C. E. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(2), 11-17.