

Artículo científico

Eficiencia de briquetas, propiedades físicas y químicas del Quishuar (*Buddleja americana*)

*Efficiency of briquettes, physical properties and cellulose from quishuar (*Buddleja americana*)*

-  **Elyane Estefany Belito Huamani**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Susan Karina Montes Bujaico**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Frank Alex Chahuaylacc De La Cruz**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Jakelin Janeth Chancha Inga**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Lizeth Nayely Juñuruco Pituy**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Nataly Lujan Huamani**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Elvia Luzmila Torres Flores**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Aceptado: Julio de 2024
Recibido: Diciembre de 2024

Julio - Diciembre
Vol. 3 Núm. 2 – 2024
<https://doi.org/10.56275/fitovida.v3i2.40>

RESUMEN

El presente trabajo, investiga la viabilidad de utilizar aserrín de Quishuar (*Buddleja americana*) para la producción de briquetas ecológicas, enfocándose en su potencial como fuente de energía sostenible en la provincia de Tayacaja, Perú. A través de un análisis detallado de las propiedades físicas y químicas de las briquetas, se encontraron resultados significativos: un contenido de humedad del 18.43%, una densidad de 480.85 kg/m³ y un contenido de celulosa del 61.42%. Además, las briquetas demostraron un tiempo de combustión de 1 hora y 53 minutos, lo que sugiere un rendimiento energético favorable. Al emplear residuos de Quishuar para producir briquetas, se logra una doble ventaja: se gestionan de manera eficiente los desechos y se obtiene un combustible limpio y renovable que reduce la dependencia de fuentes de energía convencionales. Sin embargo, se requieren más investigaciones para perfeccionar su producción y evaluar a fondo su impacto ambiental a largo plazo.

Palabras clave: Quishuar (*Buddleja americana*), combustible limpio, fuentes de energía.

ABSTRACT

This paper investigates the feasibility of using Quishuar (*Buddleja americana*) sawdust for the production of environmentally friendly briquettes, focusing on its potential as a sustainable energy source in the Tayacaja Province, Peru. Through a detailed analysis of the briquettes' physical and chemical properties, significant results were found: a moisture content of 18.43%, a density of 480.85 kg/m³, and a cellulose content of 61.42%. Furthermore, the briquettes demonstrated a combustion time of 1 hour and 53 minutes, suggesting favorable energy efficiency. Using Quishuar waste to produce briquettes achieves a double advantage: waste is efficiently managed and a clean, renewable fuel is obtained, reducing dependence on conventional energy sources. However, further research is required to perfect their production and thoroughly assess their long-term environmental impact.

Keywords: Quishuar (*Buddleja americana*), clean fuel, energy sources.

INTRODUCCIÓN

La población mundial experimenta un crecimiento acelerado, lo que conlleva a una mayor demanda de recursos limitados, como los combustibles fósiles, entre los que se incluyen el petróleo, el carbón y sus derivados (León y Santacruz, 2021). El efecto de las actividades antropogénicas contribuye directamente en el agotamiento de los recursos naturales y genera grandes cantidades de residuos afectando al ambiente (Ramos et al., 2021).

Además, el uso de biocombustibles se ha vuelto imperativo para las personas, generando preocupaciones para el futuro debido al elevado consumo, los altos precios y los problemas ambientales derivados de su uso (Escobedo y Calderón, 2021).

La industria maderera es una de las principales fuentes de residuos, que genera un grave impacto ambiental desde la explotación forestal hasta la producción final (García et al., 2019). Por la cual, una solución para reducir los desperdicios es aprovechar los residuos para producir materiales alternativos como biocombustibles, y reemplazar el uso de leña.

La fabricación de briquetas de biomasa es un método de densificación eficiente que transforma residuos en productos útiles y fuentes de energía (Ali et al., 2024), mediante este proceso se optimiza el potencial energético de las biomásas, aprovechando su poder calorífico para generar energía (Mendoza et al., 2019).

La caracterización de las briquetas es fundamental para evaluar su calidad y rendimiento como fuente de combustible. Este análisis generalmente implica la determinación de propiedades fisicoquímicas, como la densidad, el contenido de humedad, la composición de celulosa y las características de combustión (Díaz et al., 2020). Comprender estos parámetros optimiza los procesos de producción de briquetas y garantiza una calidad óptima para su uso lo cual ayudará a obtener un poder calorífico elevado (Jama, 2022).

La alta demanda de energía para cocinar conlleva al uso de gas, pero su alto costo hace que las personas de bajos recursos recurran al uso de leña, haciendo imprescindible la exploración de fuentes de energía que sean más sostenibles (Rivera et al., 2020). El requerimiento de energía limpia y económica ha impulsado la búsqueda de fuentes energéticas viables y de menor impacto (Ramos et al., 2021), (Toalombo et al., 2022).

Asimismo, el análisis de la madera ha sido fundamental en diversas áreas de la ciencia forestal incluyendo el sector industrial, ya que proporcionan información esencial sobre las propiedades que posee (Parada, 2024). Esto es fundamental para utilizar la madera de manera adecuada, es importante conocer tanto sus características anatómicas como sus propiedades fisicoquímicas, para conocer las condiciones óptimas para su uso y procesamiento, y prever el comportamiento de la madera durante distintos procesos de manejo y transformación (Anda et. al, 2015).

El objetivo principal de este estudio fue el análisis de la madera y la elaboración briquetas ecológicas a partir de aserrín de Quishuar (*Buddleja americana* Ruiz & Pav), con el fin de evaluar su viabilidad como fuente de energía calorífica sostenible que se puedan utilizar como combustible sostenible para el reaprovechamiento de desperdicios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en la provincia de Tayacaja, ubicada en la región de Huancavelica, a una altitud de 3331 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas del área de estudio son: 12°24'51.17" S y 74°51'58.51" O.

Tipo de investigación

La investigación tiene un alcance descriptivo, ya que se determinará las características tanto físicas como químicas de la obtención de briquetas de *Buddleja americana*.

Nivel de investigación

Es exploratorio, ya que se utiliza para investigar temas o problemáticas que han sido poco estudiados. Su propósito es analizar y examinar el fenómeno en cuestión, sentando las bases para futuros estudios más profundos (Hernández, 2014).

Composición de las Briquetas

Para elaborar las briquetas, se empleó aserrín de madera de quishuar (*Buddleja americana*), recolectado de los campos del C.P. de Viñas, en Pampas, Tayacaja. Se utilizó un solo aglutinante: almidón de papa. La relación de los ingredientes de la mezcla se estableció mediante el análisis de estudios similares, como los realizados por (Tambunan et al. 2023).

Tabla 1

Composición de las briquetas.

Briqueta	Componentes		
	Aserrín	Agua	Almidón de papa.
1	100 gramos	150 ml	95 gramos

Fuente. Elaboración propia.

Preparación de la materia prima de la madera de *Buddleja americana*.

Los árboles de quishuar fueron seleccionados en base a especies predeterminadas, que tenían aproximadamente 8 años de edad según el año de plantación. Las ramas fueron cosechadas directamente con un machete. Las ramas de madera de quishuar obtenidas y clasificadas fueron secadas al aire.

Luego, se enviaron a un aserradero para ser transformadas en aserrín. Antes de mezclar, se midió el tamaño de partícula del aserrín y se remojó en una tina con agua. El adhesivo de almidón de papa se trituró o molió para separar el almidón, después se lavó y dejó decantar para obtener un polvo fino.

Producción de briquetas (proceso)

Las briquetas de madera producidas en este estudio fueron de 5 × 10 cm (diámetro × altura), siguiendo el proceso de patente registrada del equipo para fabricar briquetas. Se utilizó adhesivo de almidón con una densidad objetivo de 0,9 g/cm³ para 2 réplicas. La mezcla del aserrín de ramas de quishuar con el adhesivo de almidón de papa se realizó manualmente en un balde hasta que se distribuya uniformemente. El aserrín de ramas de quishuar y el adhesivo, que se habían mezclado, se colocaron en una máquina briquetadora casera para fabricar las briquetas. El material se sometió a compresión mediante una prensa hidráulica a una presión de 20 kgf/cm². Las briquetas de madera obtenidas fueron luego secadas, colocándolas en una mesa en sombra durante 15 días.

Evaluación de las propiedades de las briquetas de madera

La determinación de la calidad de las briquetas de madera se realizó mediante pruebas de propiedades físicas, químicas y características macroscópicas, y la determinación de celulosa. El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Características macroscópicas

El proceso comenzó con la maceración de trozos leñosos de *Buddleja americana* (Quishuar), los cuales se cortaron en cubos de 1x1 cm y se dejaron en agua por 3 semanas. Posteriormente, se sometieron a cocción en una olla de presión durante 3 horas, en intervalos de 5 días. Para los cortes histológicos, se prepararon pequeños cubos con caras diferenciadas (transversal, tangencial y radial) y se realizaron cortes con herramientas filosas. El tinte utilizado fue una solución de safranina al 1%, preparada disolviendo 0.8 g del polvo en 100 ml de agua destilada. Los cortes se tiñeron aplicando una gota de tinte, dejando reposar por 10 minutos y

luego lavando con agua destilada y alcohol en concentraciones crecientes (50%, 75%, 96%, 5 minutos cada uno) para eliminar el exceso de colorante. Las muestras lavadas se observaron al microscopio para identificar los componentes anatómicos de la madera. Finalmente, para conservar las muestras por largo tiempo, se seleccionaron las mejores, se montaron en portaobjetos con cubreobjetos y se sellaron de forma permanente con esmalte transparente.

Pruebas de propiedades físicas**Contenido de humedad**

Se pesó una briqueta, para después colocarlo en la estufa a 100 °C por 48 horas; finalmente, se retira del horno para colocarlo en un desecador de vidrio por 5 minutos y luego pesar la briqueta a la misma hora por 4 días, hasta que el peso se estabilice. Se utilizó la normativa ASTM D3173.

$$CH = \frac{\text{Peso inicial de las briquetas} - \text{peso final de las briquetas}}{\text{el peso inicial de las briquetas}} \times 100 \%$$

Densidad

Se realizó el pesaje de la briqueta, luego se bañó en cera y se sumergió en un vaso de precipitación a 1000 ml, y la densidad se determinó en función de la diferencia del nivel de agua. Se realizó de acuerdo a la norma ASTM D 2395-14.

$$\text{Densidad} = \frac{m}{v}$$

Donde m es la masa de briquetas de madera (g) y v es el volumen (cm³).

Propiedades químicas**Tiempo de combustión**

Para determinar el tiempo que permanece encendida la briqueta ecológica se utilizó el cronómetro.

Determinación De Celulosa (Método: peróxido-acético)

Para el procedimiento, se preparó 1.00 g de aserrín sin extractivos, que se colocó en un frasco de vidrio junto con 15 ml de una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético en proporción 2:1. La muestra se mantuvo en un termostato durante 48 horas hasta que adquirió un color blanco. Luego, se filtró usando un embudo de cristal con papel filtro sobre un matraz de Kitasato, asegurándose de atrapar la celulosa. Tras retirar los frascos de la estufa, se enjuagó el contenido con agua destilada usando una piseta, y se extrajo toda la celulosa. El papel filtro con la celulosa se colocó en una placa Petri y se secó en un termostato a 100°C durante 10 minutos, vigilando para evitar quemaduras. Finalmente, se trasladó al desecador

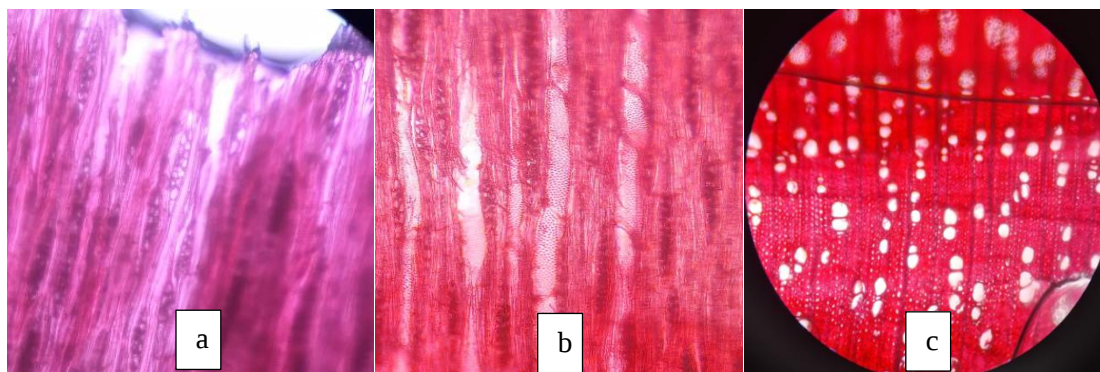
por 5 minutos, se pesó el conjunto y se aplicó la fórmula correspondiente para obtener los resultados.

$$\%Celulosa = \frac{C}{M} * 100$$

RESULTADOS

Figura 1.

Descripción de las características macroscópicas de Buddleja americana.



Nota. Donde: C: Peso de celulosa filtrada (g.) y M: Peso de la muestra (g.)

La **figura 1** muestra las características microscópicas en el siguiente orden: (a) la sección radial presenta radios biseriados y multiseriados, así mismo cuenta con células envolventes y se consideran radios heterogenios. (b) de la misma forma, la sección tangencial presenta vasos de multiple foraminada, debido a que las perforaciones de la placa son casi circulares, en cuanto a la disposición son alternas con forma redondeada. (c) presenta poros multiples radiales con parénquima apotraquial difusa solitario y un parenquima paratraquial difusa.

En la **tabla 2 , 3 y 4** se muestra los resultados de las propiedades de las briqueta de buddleja americana, el contenido de humedad es de 18.43% el cual indica que está por debajo del 25% para considerer una humedad alta que afectaria la eficiencia, tal como está establecido en la NT. Asi mismo la briqueta cuenta con una densidad de 480.85 (kg/m³) y el porcentaje de celulosa que contiene la briqueta es de 61.42% en promedio.

Tabla 2

Contenido de humedad de la briqueta de Buddleja americana

Peso inicial (gr)	día 1	día 2	día 3	día 4	% de Humedad
	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	
158.4643	129.3836	129.3364	129.2664	129.2645	18.43

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3

Densidad de la briqueta de Buddleja americana.

Masa inicial de la briqueta (gr)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Volumen de la briqueta (m)	Densidad (kg/m3)
158.6803	1500	1830	330	480.85

Fuente. Elaboración propia.

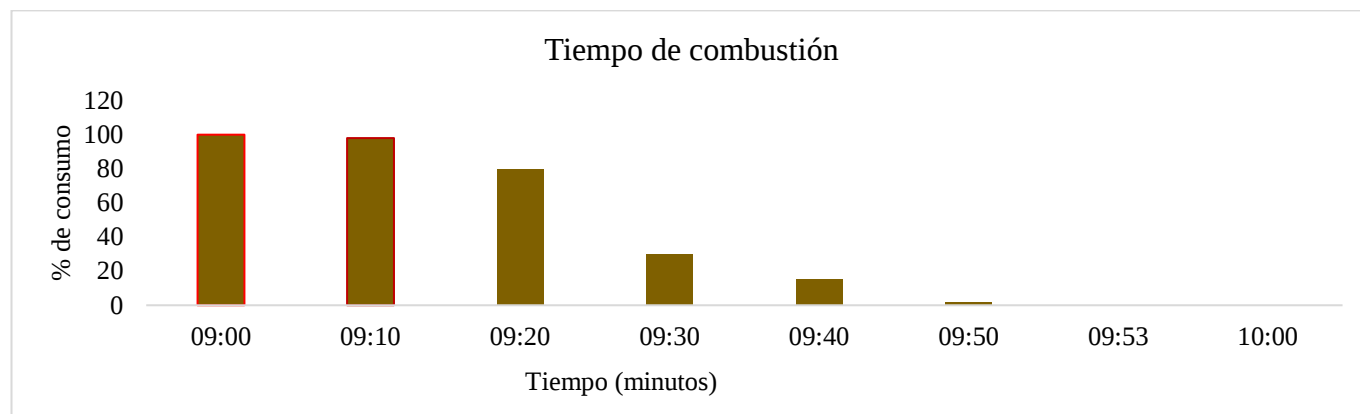
Tabla 4

Porcentaje de celulosa de la madera de Buddleja americana.

	Peso inicial (gr)	Peso de celulosa (gr)	Peso de papel filtro (gr)	Peso neto de la muestra (gr)	%Celulosa
Muestra - 01	1.0008	1.9338	1.2022	0.7316	73.10
Muestra - 02	1.0069	1.7111	1.2104	0.5007	49.73

Figura 3

*Determinación de tiempo de combustión de las briquetas de *Buddleja americana*.*



En la **figura 3** se evidencia el tiempo de combustión de la briketa de *Buddleja americana*, la duración de la combustión es de 1 hora con 53 minutos en un ambiente controlado y una temperatura constante generada por la propia briketa.

DISCUSIÓN

Con respecto a las características macroscópicas y microscópicas de la especie *Buddleja americana* presenta radios biseriados y multiseriados, vasos de múltiple foraminada y poros múltiples radiales con parénquima apotraquial difusa solitario y un parénquima paratraquial difusa. Según Quispe & Matos (2019) *Buddleja incana* también perteneciente a este género tienen anillos de crecimiento ligeramente visibles, textura fina, veteado en arcos superpuestos, sin olor específico. Además, Aguilar Rodríguez & Terrazas (2001) notaron que la especie *Buddleja americana* no difieren entre la madera temprana y tardía, pero tienen porosidad difusa, parénquima traqueal disperso y radios distribuidos. La anatomía de la madera según Vargas-Silva (2019) puede variar dependiendo de las condiciones del suelo, lugar de origen y características topográficas.

De acuerdo a las propiedades físicas, nuestros resultados mostraron contenido de humedad de 18.43%, este valor presenta una diferencia significativa con lo expuesto por Quispe & Matos (2019) de la especie *Buddleja incana* que presentó un contenido de humedad de 69.87% esto es debido a que fueron secadas al aire libre por dos semanas, por lo contrario MAE & FAO (2014) de la especie *Buddleja americana* obtuvieron un contenido de humedad de 11.25% seco al horno, difiriendo en gran manera con nuestros resultados, cabe resaltar que este último estudio fue ejecutado en Quito-Ecuador.

La densidad básica obtenida fue de 480.85 (kg/m³), mientras que MAE & FAO (2014) obtuvieron una densidad de 0.78 g/cm³ mientras que Quispe & Matos (2019) mencionan que en la especie *Buddleja incana* obtuvieron una densidad de 0.68 g/cm³ la variabilidad de estos datos se debe a la procedencia de la especie.

En relación con los estudios de Lastra Ripoll et al. (2021), los cuales investigan el contenido de celulosa en biomásas para su uso en briquetas, el hallazgo de que los residuos de arroz presentan un contenido de celulosa cercano al 57% coincide

con los resultados de tu investigación. Sin embargo, hay una diferencia crucial en el tiempo de combustión, que en tu caso alcanza las 1 hora y 53 minutos, un valor considerablemente mayor. Un alto contenido de celulosa puede tener ventajas y desventajas según las propiedades de combustión que se busquen. En términos de propiedades térmicas, es bien conocido que la celulosa contribuye significativamente a un buen poder calorífico, lo que optimiza su eficiencia como combustible. Diversos estudios, como los de Betancur et al. (2021), han mostrado que briquetas con mayor contenido de celulosa pueden quemarse lentamente, liberando energía de manera eficiente durante un periodo prolongado, lo que se traduce en un aprovechamiento más eficiente en aplicaciones donde se necesita calor constante durante un tiempo prolongado, como en la calefacción de espacios en invierno.

El alto contenido de celulosa en nuestras briquetas de *Buddleja americana* podría tener tanto ventajas como inconvenientes, según lo indicado por Lastra Ripoll et al. (2021). Por un lado, la combustión prolongada puede ser favorable desde una perspectiva ambiental, ya que la quema más lenta genera menos emisiones de gases contaminantes, como dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO), liberando menos partículas en comparación con biomásas de menor celulosa (Betancur et al., 2021). Este tipo de combustión también contribuye a una liberación controlada de calor, lo que podría ser beneficioso en aplicaciones donde es importante evitar un aumento brusco de temperatura, como en sistemas de calefacción a largo plazo.

Sin embargo, en aplicaciones domésticas e industriales que requieren un calentamiento rápido, el tiempo prolongado de combustión podría ser un inconveniente, ya que las briquetas tardarían más en alcanzar una temperatura deseada. En este contexto, el alto contenido de celulosa podría limitar la rapidez con que se genera energía, afectando la eficiencia y la practicidad de las briquetas. Esto se debe a que la celulosa, al ser un material fibroso, necesita un mayor tiempo para descomponerse completamente durante la combustión, lo que ralentiza el proceso de liberación de energía.

La celulosa también desempeña un papel esencial en la cohesión y estructura de las briquetas durante el proceso de compactación. García et al. (2019) observaron que una matriz lignocelulósica rica en celulosa permite una mejor aglutinación sin necesidad de adhesivos sintéticos, lo cual fue corroborado en nuestro estudio al utilizar únicamente almidón de papa como aglomerante. Esto refuerza la sostenibilidad del producto final, ya que disminuye el uso de aditivos no renovables.

CONCLUSIÓN

Las briquetas de Quishuar representan una alternativa viable y sostenible frente a fuentes de energía tradicionales, por otro lado, presentan un buen rendimiento en el contenido de humedad con 18.43%, una densidad de 480.85 kg/m³ y un contenido de celulosa del 61.42%. Además, las briquetas demostraron un tiempo de combustión de 1 hora y 53 minutos, lo que sugiere un rendimiento energético favorable. La producción de briquetas de Quishuar puede contribuir a la reducción de residuos de madera y a la diversificación de fuentes de energía. Se recomiendan estudios adicionales para optimizar su producción y evaluar su impacto ambiental a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. & Terrazas, T. (2001). Anatomía de la madera de *Buddleja L.* (Buddlejaceae): análisis fenético. *Madera y Bosques*, 7(2).
- Ali, A. (2024). Optimización y caracterización de biobriquetas híbridas producidas a partir de la mezcla de aserrín, bagazo de caña de azúcar y paja de arroz. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 15467–15490. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-32171-x#citeas>
- American Society for Testing and Materials. (1972). Poder calorífico (ASTM-D-2015-66).
- ASTM International. (2002). Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke (ASTM D3172-89). West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM International. (2002). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal (ASTM D3174-02). West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM International. (2007). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke (ASTM D3175-07). West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM International. (2010). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke (ASTM D5865-10a). West Conshohocken, PA, USA.
- Anda, R., Ramírez, A., Palacios, H., Fuentes, F. & Silva, J. (2015). Características anatómicas, físico mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton).
- Betancur, T. (2021). Factores asociados al cumplimiento de la normatividad de gestión de residuos municipales. *SciELO Perú*.
- Díaz, A., Díaz, C., Rodríguez, A., Álvarez, A. & Tamayo, M. (2020). Briquetas energéticas con aserrín y corteza de pino. *Ingeniería Energética*, 41, 311. <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE>
- Escobedo, M. & Calderón, A. (2021). Microalgal biomass with high potential for the biofuels production. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 265–282. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.030>
- García, L., Benítez, P., Will, S. & Gutiérrez, P. (2019). Elaboración de briquetas a partir de residuos de aserrín aglutinados con almidón de maíz y su posible aplicación como aislante térmico.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. <https://www.amazon.com/-/es/ROBERTO>
- Jama, G. (2022). Determinación del poder calorífico de los residuos sólidos agroindustriales de cascarilla de arroz y cáscara de huevo.
- Lastra, S., Quintana, S. & García, L. (2021). Propiedades reológicas y microestructurales de biomasa lignocelulósica. *ACS Omega*.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) & FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. www.fao.org/ec
- Mendoza, F., Doria, Y., Oviedo, M., Urueta, Á. & Garcés, A. (2019). Fabricación de biocombustibles sólidos densificados (briquetas) a base de serrín de acacia y estiércol de bovinos en el departamento de Córdoba.
- Parada, H. (2024). Los estudios anatómicos de la madera han sido fundamentales en diversas áreas de la ciencia forestal, incluyendo el sector industrial, ya que proporcionan información esencial sobre las propiedades de las fibras, particularmente en la producción.
- Quispe, L. & Matos, S. (2019). Anatomía, propiedades físicas y poder calorífico de *Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav y *Buddleja incana* Ruiz & Pav. *Distrito de Colca - Junín*.
- Santiago, H. & Cedric, F. (2024). Impacto del proceso de densificación sobre la biomasa no procesada y la carbonización posthidrotermal. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953424001569?via%3Dihub>
- Toalombo, V., Borja, D., Feijoo, M. & Cedillo, J. (2022). Los biocombustibles como alternativa de energía a partir de recursos renovables y/o desechos. *Pol. Con.*, 7(7), Ed. Núm. 70, Ciencias Técnicas y Aplicadas.
- Undurraga, J. (1997). Caracterización anatómica de madera de *Salix viminalis* L. http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1997-1998_vol12-13/n1-2a8.pdf
- Vargas, G. (2019). Biomechanics of trees: Growth, anatomy and morphology. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531712>