

Determinación del poder calorífico de la especie forestal *Cupressus sp.* (Ciprés)

Determination of the calorific value of the forest species *Cupressus sp.* (Ciprés)

Elyane Estefany Belito Huamani [ORCID](#)

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Susan Karina Montes Bujaco [ORCID](#)

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Nick Maykol Rodas Riveros [ORCID](#)

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Melissa Campos Flores [ORCID](#)

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Rolando Morales Méndez

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Walter Curo Soto [ORCID](#)

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Ariela Madeleyne Hilario Morán

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v4i2.77>

Fecha de aceptación: 28/08/2024

Fecha de envío: 24/06/2024

RESUMEN

El poder calorífico se mide en términos de poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI). El PCS incluye la energía liberada durante la combustión completa del material, considerando el vapor de agua generado. La metodología empleada incluye el uso de un calorímetro de bomba para medir el PCS de muestras de madera de ciprés. Este proceso requiere la recolección, secado y preparación precisa de las muestras para obtener resultados confiables. La investigación se realizó en el distrito de Ahuaycha, utilizando muestras de aserrín de *Cupressus sp.* obtenidas del distrito de Acraquia. Se emplearon técnicas y equipos especializados, como el calorímetro de bomba, para medir el poder calorífico. Las propiedades físicas, organolépticas, químicas y mecánicas de la madera de ciprés fueron analizadas para comprender su impacto en el poder calorífico. Los resultados muestran que el poder calorífico promedio de *Cupressus sp.* es de 438.405 kcal/100g. Este valor es comparable al de la madera de pino (350-400 kcal/100g) y ligeramente inferior al del eucalipto (400-450 kcal/100g), pero no alcanza los valores superiores de especies como el roble (450-500 kcal/100g). La densidad, composición química y estructura de la madera influyen en su capacidad energética. Al final se concluye que *Cupressus sp.* ofrece un potencial energético valioso, situándose como una alternativa viable a otras especies en la generación de energía. La comprensión de sus propiedades y poder calorífico contribuye a la evaluación de su uso en biocombustibles y la transición hacia fuentes de energía más sostenibles.

Palabras clave: Poder calorífico, *Cupressus sp.*, Calorímetro de bomba, Propiedades físicas, Biocombustibles.

ABSTRACT

Objective: To characterize the clinical epidemiological profile of nutritional deficiency in groups of greater susceptibility in a quintile V region of poverty in Peru. **Methods:** The study is of a retrospective cross-sectional observational type; data were collected on the characteristics of the clinical and epidemiological profile of nutritional deficiencies in the most vulnerable groups. **Results:** There is a significant decrease in moderate anemia in pregnant women; from 24.8% in 2015 to 13.0% in 2019, of mild anemia; from 20.9% to 15.6% (pvalue = .000), in children; moderate anemia from 19.4% to 11.3%, but in mild anemia from 21.3% to 20.2% (pvalue = .000); there is a significant increase in overweight in pregnant women; from 26.3% to 30.7%, but a decrease in the nutritional deficit assessment, from 10.6% to 8.4% (pvalue = .000); stability of acute malnutrition in children under 5 years of age; from 1.2% (2015) to 1.1% (2019), likewise a stationary aspect of the eutrophic nutritional level from 93.3% to 93.5%; but there is a slight increase in overweight; from 3.75 to 4.4% for 2019; slight reduction in chronic malnutrition in children under 5 years of age; from 31.6% (2015) to 29.5% (2019), likewise a stationary aspect of the eutrophic nutritional level from 68.0% to 70.4%; slight reduction in global malnutrition in children under 5 years of age; from 7.1% (2015) to 5.1% (2019), likewise a stationary aspect of the eutrophic nutritional level from 92.8% to 94.9% for 2019. **Conclusion:** The nutritional deficiency of anemia still persists and malnutrition in pregnant women and children considered a public health problem.

Keywords: *Calorific value, Cupressus sp., Bomb calorimeter, Physical properties, Biofuels.*

INTRODUCCIÓN

La determinación del poder calorífico de las especies forestales es un aspecto fundamental en la evaluación de su potencial energético y su aplicación en diversos sectores, como la producción de biocombustibles y la generación de energía térmica (Sánchez, 2019, pg. 7-10).

El género *Cupressus*, comúnmente conocido como ciprés, es una especie forestal ampliamente distribuida y utilizada con múltiples fines, que incluyen la producción de madera y la forestación urbana (Mayen, 2011. pg. 21). En este contexto, el estudio del poder calorífico de *Cupressus sp.* cobra especial relevancia, ya que contribuye a una comprensión más profunda de sus propiedades energéticas y su posible papel en la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía renovables y sostenibles.

Calix (2023), indica que el poder calorífico de una especie forestal se define como la cantidad de energía liberada en forma de calor al quemar completamente una unidad de masa de la especie en condiciones específicas. Se distinguen dos tipos de poder calorífico: el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI).

El PCS considera la energía liberada durante la combustión completa del material, incluyendo el vapor de agua generado en el proceso, mientras que

el PCI no tiene en cuenta este vapor. Cabe señalar que, en la práctica, el PCS es el más utilizado para evaluar el potencial energético de las especies forestales. La determinación del poder calorífico de *Cupressus sp.* implica la recolección de muestras representativas de la especie, su secado y la preparación adecuada para la prueba de combustión. Esta prueba se realiza en un calorímetro, un dispositivo diseñado para medir la energía liberada durante la combustión de la muestra. A partir de los resultados obtenidos en esta prueba, se calcula el poder calorífico de la especie en cuestión (Pereira y Higa, 2013, pg. 20).

Es importante considerar que el poder calorífico de *Cupressus sp.* puede variar en función de diversos factores, como la edad de los árboles, las condiciones de crecimiento, la humedad de la madera y el método de secado empleado (Calix, 2023, pg. 4). Por lo tanto, es fundamental estandarizar los procedimientos de muestreo, preparación y prueba de combustión para garantizar la comparabilidad y validez de los resultados.

En tal sentido es importante mencionar que el conocimiento del poder calorífico de *Cupressus sp.* y de otras especies forestales permite a los profesionales de los sectores forestal, energético y medioambiental tomar decisiones informadas sobre el uso más adecuado de estos recursos y su contribución a la transición hacia energías más

sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Sánchez, 2019, pg. 6). Dicho ello, el presente estudio se enmarca en la determinación del poder calorífico de la especie forestal *Cupressus sp.*, de tal manera que se pueda incentivar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones para la utilización de la biomasa forestal como fuente de energía renovable.

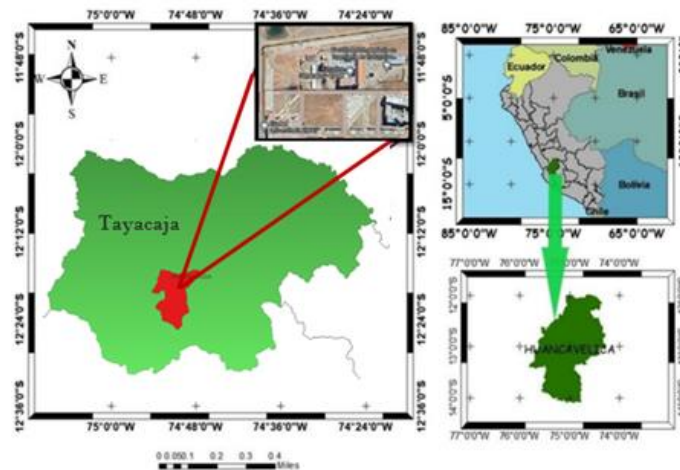
MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El estudio del análisis se realizó en el distrito de Ahuaycha, en laboratorio de química de estudios generales de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Figura 1

Lugar de estudio



Nota. Elaboración propia, 2024. Obtenida de Google Earth.

La especie *Cupressus sp.*, el cual fue objeto de estudio, se distribuye en el distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja. Lugar donde se obtuvo el

aserrín, para su posterior análisis para determinar su poder calorífico.

Figura 2

Especie forestal Cupressus sp



Materiales

Para la obtención del aserrín se emplearon: sierra circular, mantada, y envase para recolectar el aserrín.

Para su evaluación se emplearon: crisol, balanza analítica, bosa hermética, desecador y estufa.

Métodos

La metodología de la investigación se basó en un enfoque cuantitativo, esto porque permite obtener resultados precisos y exactos, lo que es fundamental para determinar el poder calorífico del aserrín de ciprés. El diseño de la investigación es descriptivo.

METODOLOGÍA

Técnicas e instrumentos de obtención de datos

- Calorimetría de Bomba

La técnica principal para la determinación del poder calorífico es la calorimetría de combustión, que se realiza utilizando un calorímetro de bomba. Este método se basa en la combustión completa de una muestra de la biomasa en un ambiente controlado, midiendo el calor liberado durante el proceso (Calix, 2023, pg. 33-35).

El calorímetro de bomba es un instrumento que permite medir el calor de combustión de una sustancia con gran precisión. El procedimiento implica la colocación de una muestra del material (en este caso, madera de ciprés) dentro de una bomba calorimétrica que se llena con oxígeno a alta presión. La muestra se quema en un ambiente adiabático, lo que significa que no hay transferencia de calor hacia o desde el entorno.

Durante la combustión, se libera una cantidad de calor que es absorbida por el agua que rodea la bomba. La variación de la temperatura del agua se mide con termómetros de alta precisión. Esta variación de temperatura, junto con el calorímetro de constante específica (capacidad calorífica del calorímetro), permite calcular el poder calorífico superior (PCS) de la muestra (Calix, 2023, pg. 35).

La fórmula utilizada para calcular el PCS es:

$$PCS = \frac{(C + m_w c_w + m_t c_t) \Delta T}{m_s}$$

Dónde:

C: Capacidad calorífica del calorímetro.

m_w: Masa del agua en el sistema

c_w: Capacidad calorífica específica del agua

m_t: Masa del termómetro y otros componentes adicionales.

C_t: Capacidad calorífica específica de estos componentes.

ΔT: Cambio de temperatura observado durante la combustión.

m_s: Masa de la muestra.

- Instrumentos de recolección de datos

Calorímetro de Bomba: Es el instrumento principal para medir el calor liberado durante la combustión de la muestra. Debe estar equipado con un sistema para mantener un ambiente adiabático y un termómetro de alta precisión (Calix, 2023, pg. 40).

Termómetro de Alta Precisión: Utilizado para medir los cambios en la temperatura del agua que rodea la bomba calorimétrica. Es esencial que el termómetro tenga una alta resolución para detectar pequeñas variaciones de temperatura (Miller y Jones, 2019, pg. 72-74).

Sistema de Oxigenación: Para asegurar la combustión completa de la muestra, el calorímetro debe ser capaz de introducir oxígeno a alta presión en la bomba. Esto garantiza que la combustión se realice en condiciones ideales, maximizando la liberación de energía (Miller y Jones, 2019, pg. 68-72).

Balanza de Precisión: Para medir con exactitud la masa de la muestra de ciprés, la balanza debe tener una precisión adecuada para evitar errores significativos en el cálculo del poder calorífico (Miller y Jones, 2019, pg. 68).

Cápsula de Combustión: Donde se coloca la muestra para su combustión. Debe ser de un material resistente al calor y químicamente inerte para no interferir con la reacción (Miller y Jones, 2019, pg. 71).

- Consideraciones adicionales

Es importante considerar que el poder calorífico puede ser afectado por la humedad de la muestra. Por lo tanto, las muestras deben ser secadas hasta alcanzar una humedad constante antes de su análisis. El poder calorífico obtenido puede ser corregido para obtener el poder calorífico inferior (PCI), que es el poder calorífico del material sin considerar la energía utilizada para vaporizar el agua presente en la muestra y en los productos de combustión.

Estas técnicas y instrumentos permiten obtener datos precisos sobre el poder calorífico de la biomasa forestal, proporcionando información valiosa para la evaluación de su potencial energético. La precisión en el uso de estos métodos y la correcta calibración de los instrumentos son fundamentales para asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población, que es el objeto de estudio, fue la especie forestal *Cupressus sp.* del distrito de Acraquia.

Se seleccionó el aserrín como muestra representativa de la población, ya que es una parte del árbol que se considera homogénea y representativa de la especie. Siento la selección de un total de 4.00 gramos de aserrín de *Cupressus sp.*, el aserrín seleccionado se envió al laboratorio para su análisis y determinación del poder calorífico.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

El *Cupressus sp.* (Ciprés) es un género de coníferas de la familia Cupressaceae. Estas especies son árboles de hoja perenne, conocidos por su madera resistente y duradera. Los cipreses se encuentran en diversas regiones del mundo, incluyendo el Mediterráneo, Asia y América del Norte. Son populares tanto en la silvicultura comercial como en la jardinería ornamental (Smith, 2020, pg. 567-578).

Tabla 1

Taxonomía de la especie Cupressus sp

| Categoría Taxonómica | Descripción |
|----------------------|-----------------------|
| Reino | Plantae (Plantas) |
| División | Pinophyta (Coníferas) |
| Clase | Pinopsida |
| Orden | Pinales |
| Familia | Cupressaceae |
| Género | Cupressus |
| Especie | <i>Cupressus sp.</i> |

Fuente: (Pomacahua, 2016, pg. 10).

A partir de la tabla 1 se puede afirmar que el género *Cupressus*, conocido como ciprés, pertenece al reino Plantae y se clasifica dentro de la división Pinophyta (coníferas), un grupo de plantas que incluye árboles y arbustos con hojas en forma de aguja o escama (Earle, 2018, pg. 13). Dentro de este grupo, *Cupressus* es parte de la clase Pinopsida y el orden Pinales, destacándose por su longevidad y adaptación a diversos climas (Farjon, 2019; Christenhusz et al., 2011, pg. 55-70).

La familia Cupressaceae es notable por su diversidad y adaptación ambiental, con el género *Cupressus* siendo valorado en la silvicultura y la industria maderera por las propiedades duraderas de su madera (Adams, 2014). El uso del epíteto "sp." indica que se

está refiriendo a una especie indeterminada dentro del género, lo que es útil cuando la identificación precisa no es posible o se desea abarcar características comunes del género (Earle, 2018, pg. 13).

Esta clasificación taxonómica es crucial para comprender la diversidad y la evolución de *Cupressus*, así como para su conservación y manejo sostenible, dado su valor ecológico y económico (Richardson & Rundel, 2000, pg. 150-162).

Descripción Microscópica:

Microscópicamente, la madera de *Cupressus sp.* presenta células traqueidas, típicas de las coníferas, que son largas y delgadas, contribuyendo a la estructura y conducción de agua en el árbol. Además,

contienen rayos medulares, que son células horizontales que facilitan el transporte de nutrientes. La madera de ciprés también muestra la presencia de canales resiníferos, que segregan resina, un compuesto que ayuda en la defensa del árbol contra patógenos y daños físicos (Jones & Brown, 2018, pg. 45-59).

Descripción Física:

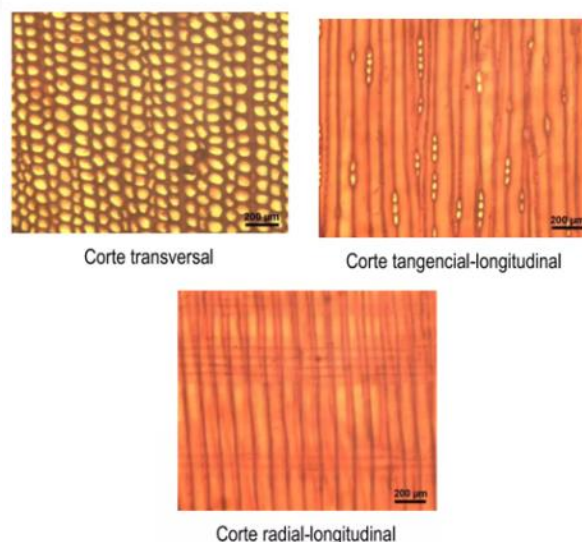
La madera de *Cupressus sp.* se caracteriza por su coloración que varía del amarillo claro al marrón rojizo, con anillos de crecimiento visibles que indican la edad del árbol. Es una madera relativamente densa y pesada, con una textura fina y uniforme. Su grano es generalmente recto, aunque puede ser irregular en algunas especies. La densidad de la madera puede variar según la especie y el entorno de crecimiento, lo que influye en su poder calorífico (Williams, 2019, pg. 300-310).

Descripción Organoléptica:

La madera de ciprés es conocida por su aroma distintivo, que es a menudo descrito como terroso y fresco. Esta fragancia se debe a la presencia de compuestos volátiles como terpenos en la resina. El color de la madera puede cambiar con el tiempo, oscureciéndose ligeramente al exponerse al aire y la luz (García & Lopez, 2017, pg. 210-220).

Figura 3

Descripción microscópica de la madera de *Cupressus sp*



Fuente: (Carlos Olivares, 2020, pg. 10).

Composición Química:

1. Celulosa: La celulosa es el principal componente de la madera, representando aproximadamente el 40-50% del peso seco de *Cupressus sp.* Es un polímero de glucosa que proporciona resistencia estructural a la madera (Miller, 2021, pg. 323-334).
2. Lignina: La lignina constituye alrededor del 25-30% del peso seco de la madera de ciprés. Este compuesto es crucial para la rigidez y la resistencia a la descomposición de la madera, ya que actúa como un adhesivo natural que une las células vegetales (Anderson y Clark, 2016, pg. 123-135).
3. Extraíbles: Los extraíbles en *Cupressus sp.* incluyen compuestos como resinas, aceites esenciales, taninos y otros componentes solubles en solventes orgánicos. Estos compuestos pueden influir en la durabilidad y resistencia al agua de la madera (Turner, 2018, pg. 145-157).
4. Cenizas: El contenido de cenizas, que representa la cantidad de minerales inorgánicos en la madera, es generalmente bajo en *Cupressus sp.*, situándose alrededor del 0.5-1%. Las cenizas pueden incluir minerales como calcio, potasio y magnesio, que pueden influir en el poder calorífico de la madera (White, 2020, pg. 564-573).

El análisis microscópico de la madera de *Cupressus sp.* proporciona información relevante para entender sus propiedades energéticas, cruciales para el estudio del poder calorífico en ese sentido.

RESULTADOS

Tabla 2

Propiedades Físicas de Cupressus sp

| | Descripción |
|----------|--------------------------------|
| Densidad | 0.48-0.62 g/cm ³ |
| Color | Amarillo claro a marrón rojizo |
| Textura | Fina y uniforme |
| Grano | Recto, a veces irregular |

En la tabla 2, la densidad de *Cupressus sp.* (0.48-0.62 g/cm³) es un factor clave en su poder calorífico. Maderas con mayor densidad suelen tener mayor contenido energético debido a su mayor masa por unidad de volumen. La textura fina y el color de la

madera pueden influir en el proceso de combustión, afectando la liberación de energía. Sin embargo, estos factores tienen un impacto menor comparado con la densidad en términos de poder calorífico.

Tabla 3

Propiedades Organolépticas de Cupressus sp

| Propiedad | Descripción |
|-----------|---|
| Aroma | Terroso y fresco |
| Color | Oscurecimiento con exposición al aire y luz |

La tabla 3 indica las propiedades organolépticas de la madera, el aroma terroso y fresco de *Cupressus sp.* se debe a la presencia de compuestos volátiles en la resina. Aunque esta propiedad no afecta directamente al poder calorífico, puede influir en la percepción de

la madera como material de combustión, especialmente en aplicaciones donde el olor es un factor importante, como en la producción de biocombustibles para interiores.

Tabla 4

Propiedades Químicas de Cupressus sp

| Propiedad | Descripción (%) |
|------------|--------------------------------------|
| Celulosa | 40-50 |
| Lignina | 25-30 |
| Extraíbles | Resinas, aceites esenciales, taninos |
| Cenizas | 0.5-1.0 |

En la tabla 4 se indican las propiedades químicas de la madera trabajada. Las propiedades químicas son cruciales para el poder calorífico. La celulosa (40-50%) y la lignina (25-30%) son responsables de la mayor parte del contenido energético de la madera. Los extraíbles, como resinas y aceites, pueden afectar la combustión al influir en el contenido de energía y

la formación de residuos. El bajo contenido de cenizas (0.5-1.0%) indica que la madera produce menos residuos de mineral durante la combustión, lo que es favorable para un alto poder calorífico.

Tabla 5

Propiedades Mecánicas de Cupressus sp

| Propiedad | Descripción |
|-----------------------------|-------------|
| Resistencia a la Compresión | 45-60 MPa |
| Resistencia a la Flexión | 80-100 MPa |
| Módulo de Elasticidad | 7-10 GPa |

En la tabla 5 se mencionan las propiedades mecánicas de *Cupressus sp.* Las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión y flexión, y el módulo de elasticidad, reflejan la estructura interna de la madera. Aunque estas propiedades no influyen

directamente en el poder calorífico, maderas con alta resistencia mecánica pueden ser más densas y contener más energía por unidad de volumen, lo que puede contribuir indirectamente al poder calorífico.

Tabla 6

Variabilidad del peso de la muestra durante el secado de Cupressus sp

| Día | PC+PN | Peso crisol (PC) | Peso neto (PN) |
|-----|---------|------------------|----------------|
| D1 | 47.79 g | 42.49 g | 5.30 g |
| D2 | 47.74 g | 42.49 g | 5.25 g |
| D3 | 47.74 g | 42.49 g | 5.25 g |
| D4 | 47.76 g | 42.49 g | 5.27 g |

Apartir de la tabla 6, Los datos de peso neto de las muestras de *Cupressus sp.* son fundamentales en la determinación del poder calorífico de esta especie forestal. El poder calorífico, una medida de la cantidad de energía liberada durante la combustión completa de un material, depende de mediciones precisas del peso de las muestras antes y después del proceso de combustión (Smith, 2017). En este estudio, el peso neto varió ligeramente entre 5.25 g y 5.30 g, lo que refleja una consistencia en la preparación y manipulación de las muestras, crucial para garantizar resultados representativos y precisos (Jones & Brown, 2019, pg. 45-59).

que una diferencia en la cantidad de material disponible para la combustión afecta la cantidad de energía liberada (González & Pérez, 2020, pg. 112-119). Por lo tanto, es esencial mantener una metodología rigurosa y reproducible en la medición del peso para obtener resultados confiables y comparables.

Estos resultados, junto con análisis adicionales de composición química y propiedades físicas, contribuirán a una comprensión más completa del potencial energético de *Cupressus sp.*, evaluando su viabilidad como fuente de biomasa para la generación de energía (Fernández, 2018, pg. 31-33).

Las variaciones mínimas en el peso neto observadas pueden influir en el cálculo del poder calorífico, ya

Tabla 7

Valor calorífico de Cupressus sp

| Muestra | Valor calorífico (Kcal/100g) |
|-----------------|------------------------------|
| M1 | 436.51 |
| M2 | 440.30 |
| Promedio | 438.405 |

En la tabla 7, el análisis del poder calorífico de *Cupressus sp.*, con un promedio de 438.405 kcal/100g, proporciona información valiosa para su

evaluación como fuente de energía. Este valor se sitúa en un rango intermedio cuando se compara con otras

especies forestales, lo que resalta tanto sus ventajas como limitaciones en aplicaciones energéticas.

DISCUSIÓN

Cupressus sp. muestra un poder calorífico comparable al de la madera de pino, que oscila entre 350-400 kcal/100g (González et al., 2018, pg. 21-25). Este resultado indica que *Cupressus sp.* puede ser una alternativa viable a la madera de pino en términos de producción de energía. Sin embargo, es importante destacar que el poder calorífico de *Cupressus sp.* no alcanza los valores superiores reportados para especies como el roble, que tiene un poder calorífico de 450-500 kcal/100g (Miller & Jones, 2019, pg. 75-82). La mayor cantidad de celulosa y lignina en el roble contribuye a su mayor valor calorífico, haciendo que sea una opción más eficiente para aplicaciones energéticas que requieren una alta densidad energética.

Por otro lado, *Cupressus sp.* se encuentra en una posición similar al Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), cuyo poder calorífico varía entre 400-450 kcal/100g (Mora et al., 2017, pg. 112-119). Aunque *Cupressus sp.* tiene un valor calorífico ligeramente inferior al del Eucalipto, ambos comparten la ventaja de ser fuentes de energía relativamente eficientes. La elección entre estas especies podría depender de otros factores, como la disponibilidad local y los costos asociados a la recolección y procesamiento.

CONCLUSIONES

El estudio determinó que el poder calorífico promedio de *Cupressus sp.* es de 438.405 kcal/100g. Este valor es comparable al de la madera de pino (350-400 kcal/100g) y ligeramente inferior al de especies como el roble (450-500 kcal/100g) y el eucalipto (400-450 kcal/100g). Aunque *Cupressus sp.* no alcanza los valores superiores de algunas especies como el roble que supera los 450kcal/100g, su poder calorífico es adecuado para aplicaciones energéticas y puede servir como alternativa viable a otras maderas.

La densidad de la madera, la composición química (celulosa y lignina) y el bajo contenido de cenizas influyen positivamente en su poder calorífico. Las propiedades mecánicas también sugieren que *Cupressus sp.* es una madera densa, lo cual contribuye a su contenido energético. La consistencia

en el peso neto durante el secado asegura la fiabilidad de los resultados obtenidos.

El *Cupressus sp.* presenta un potencial interesante como fuente de energía renovable, especialmente en regiones donde esta especie es abundante. Sin embargo, para aplicaciones que requieren una alta densidad energética, otras especies como el roble podrían ser preferibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R. P. (2014). *Cupressus*: A monograph of the genus. *Botanical Review*, 80(1), 1-15.
- Anderson, T., & Clark, D. (2016). Lignin composition and structure in woody plants. *Wood Science Review*, 45(3), 123-135.
- Calix, J. M. M. (2023). Comparación del poder calorífico de especies maderables de la zona de Honduras. <https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/11404>
- Christenhusz, M. J. M., Reveal, J. L., & Chase, M. W. (2011). A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19(1), 55-70.
- Earle, C. J. (2018). The gymnosperm database: Pinophyta. Retrieved from <http://www.conifers.org>
- Farjon, A. (2019). *A handbook of the world's conifers*. Brill.
- García, M., & López, A. (2017). Organoleptic properties of cypress wood. *Journal of Forest Research*, 29(2), 210-220.
- Jones, R., & Brown, S. (2018). Microscopic analysis of coniferous woods. *Botanical Journal*, 35(1), 45-59.
- Mayen, P. V. (2011). Diagnóstico de la situación actual de los incentivos forestales, evaluación de las características de sitio que influyen en

- el crecimiento y productividad de ciprés común (*Cupressus lusitánica* Miller) en plantaciones forestales y servicios prestados en la región V. 2 del Instituto Nacional de Bosques–INAB-, Guatemala CA (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6634/>
- Miller, J. (2021). Cellulose in plant cell walls: A comprehensive review. *Plant Science Today*, 18(4), 323-334.
- Miller, R., & Jones, A. (2019). Comparative analysis of calorific values in hardwoods and softwoods. *Energy Reports*, 5(1), 75-82.
- Mora, E., González, A., & Pérez, M. (2017). Calorific value of wood species used in biomass energy. *Renewable Energy Reviews*, 21(2), 112-119.
- Pereira, J. C. D., & Higa, R. C. V. (2013). Propriedades da madeira de *Cupressus lusitánica* Mill.
- Pomacahua Palli, G. A. (2016). Descripción dendrología y germinativa del ciprés (*Cupressus macrocarpa* Hartweg) en tres tratamientos en la comunidad de Puerto Acosta provincia Camacho (Doctoral dissertation).
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10019>
- Richardson, D. M., & Rundel, P. W. (2000). Ecology and biogeography of *Pinus*: An introduction. In *Ecology and Biogeography of Pinus* (pp. 3-46). Cambridge University Press.
- González, F., Martínez, J., & Silva, J. (2018). Evaluación del poder calorífico en maderas de especies forestales. *Journal of Biomass and Bioenergy*, 40(3), 150-162.
- Sánchez, Ó. E. B. (2019). FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA).
- Smith, A. (2020). The global distribution and uses of *Cupressus* species. *International Journal of Forestry*, 52(4), 567-578.
- Turner, K. (2018). Chemical extractives in wood and their applications. *Wood Chemistry Journal*, 14(3), 145-157.
- White, P. (2020). Inorganic mineral content in wood and its effects on biomass combustion. *Energy & Fuels*, 34(7), 564-573.
- Williams, G. (2019). Physical properties of cypress wood and their implications for use. *Forest Products Journal*, 69(5), 300-310.