

ARTÍCULO CIENTÍFICO

# Contenido energético de clones híbridos de *Eucalyptus*, desarrollados por el INTA

*Energy content of Eucalyptus hybrid clones, developed by INTA*

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.vvyrareta.2025.004>

Recibido 19 de agosto 2023; aceptado 3 de julio 2025

**Sabina Evelyn Glücksberg<sup>1</sup>, Adelaida Bragañolo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Misiones. CONICET. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Félix de Azara, Posadas, Argentina. [eveglücksberg@gmail.com](mailto:eveglücksberg@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Laboratorio Tecnología de la Madera. Eldorado. Misiones. Argentina. [adelaida.braganolo@fcf.unam.edu.ar](mailto:adelaida.braganolo@fcf.unam.edu.ar)

## Resumen

Este trabajo se enfoca en determinar el contenido energético de dos clones híbridos de *Eucalyptus* desarrollados por el INTA. El objetivo general fue determinar el poder calorífico inferior y superior de estos clones, generando información accesible sobre el uso de materiales lignocelulósicos como fuente de energía.

Los resultados revelaron que ambos clones híbridos tienen potencial como biomasa para uso energético, siendo atractivos como combustibles. El clon híbrido GC INTA 27 mostró un poder calorífico superior promedio de 4.247,15 cal g<sup>-1</sup>, mientras que el clon GC INTA 24 presentó un valor promedio de 4.192,47 cal g<sup>-1</sup>. Los análisis estadísticos demostraron que no hubo diferencias significativas entre los dos clones en términos de poder calorífico. Además, se compararon los valores obtenidos con estudios similares en el género *Eucalyptus*, observando similitudes en las propiedades térmicas.

En conclusión, este estudio demuestra que los clones híbridos evaluados son una fuente prometedora de biomasa para su uso como combustible. Los resultados son coherentes con investigaciones previas en el mismo género botánico y sugieren la posibilidad de relacionar los datos de poder calorífico con otras propiedades como densidad, humedad y carbono fijo para una evaluación más completa del potencial energético de estos materiales.

**Palabras clave:** Biomasa; Energía; Poder calorífico.

## Abstract

This work focuses on determining the energy content of two *Eucalyptus* hybrid clones developed by INTA. The general objective is to determine the lower and higher calorific value of these clones, generating accessible information on the use of lignocellulosic materials as an energy source.

The results revealed that both hybrid clones have potential as biomass for energy use, being attractive as fuels. The GC INTA 27 hybrid clone showed an average higher calorific value of 4247.15 cal g<sup>-1</sup>, while the GC INTA 24 clone presented an average value of 4192.47 cal g<sup>-1</sup>. Statistical analysis showed that there were no significant differences between the two clones

in terms of calorific value. In addition, the values obtained with similar studies in the genus *Eucalyptus* were compared, observing similarities in the thermal properties.

In conclusion, this study shows that the evaluated hybrid clones are a promising source of biomass for fuel use. The results are consistent with previous research in the same botanical genus and suggest the possibility of relating the calorific value data with other properties such as density, moisture and fixed carbon for a more complete evaluation of the energy potential of these materials.

**Key words:** Energy; Biomass; Calorific value.

## Introducción

La normativa para las energías renovables en Argentina obliga a incrementar la generación eléctrica proveniente de estas fuentes alternativas; dichas energías son las que provienen de recursos naturales y cuyo impacto ambiental genera menos niveles de gases de efecto invernadero comparado con los combustibles fósiles. La biomasa se encuentra dentro de este grupo y su uso es tanto térmico como eléctrico (GRIFFA *et al.*, 2018). Actualmente se encuentra en auge y es una fuente de energía que permite reutilizar los materiales residuales, en especial orgánicos (Hernández Tavico, 2018).

En los proyectos de energías renovables, las tecnologías de biomasa no pueden considerarse exclusivas para la generación eléctrica. La iniciativa a nivel nacional PROBIOMASA (Proyecto para la Promoción de Energía Derivada de Biomasa), incluye también la generación de energía térmica a partir de la gran disponibilidad de recursos biomásicos del territorio nacional, para brindar un suministro de energía limpia, confiable y competitiva. La generación de calor mediante biomasa abarca desde la quema de madera en entornos domésticos hasta la combustión a niveles industriales. En otro orden, la generación de energía a partir de biomasa presenta una distribución global limitada y es más utilizada en instalaciones situadas dentro de las industrias, las cuales obtienen el combustible por medio de su producción interna (FAO, 2020).

Según Sánchez Acosta (2016), estas plantaciones están siendo promovidas como una alternativa viable para reemplazar en ciertos usos a las maderas provenientes de bosques nativos, con el objetivo de reducir su tala indiscriminada. Este cambio apunta a un aprovechamiento más eficiente y controlado de los recursos forestales, favoreciendo un manejo sustentable que permita preservar la biodiversidad sin frenar la demanda de productos derivados de la madera, incluidos aquellos utilizados con fines energéticos o industriales.

En nuestro país, la matriz energética dependía en un 87% de combustibles fósiles y solo en un 6,1% de bioenergías en 2020 (FAO, 2020). Dentro de este último porcentaje, los residuos producidos por el sector forestal presentan un gran potencial como biomasa para la producción de bioenergía. Sin embargo, para 2021, solo el 11% de la energía consumida

provenía de fuentes renovables (Kloster, 2021), lo que refleja una leve mejora respecto al año anterior, pero aún insuficiente frente a la necesidad de incrementar la participación de fuentes sostenibles en la matriz energética nacional.

Cerca del 11% de consumo mundial de energía primaria proviene de la biomasa, y la mayor parte de ésta es directamente aprovechada de madera o sus residuos derivados de procesos industriales. A nivel mundial, Brasil es uno de los mayores productores de productos forestales de menor costo y mayor productividad, y además es el segundo país del mundo en contar con la mayor área reforestada con eucaliptos (Menucelli et al., 2019).

La clonación es la mejor forma de obtener avances en mejoramientos genéticos, dado que al elegir el material genético se puede establecer homogeneidad, ya que la variación genética entre las plantas en casi nula. Al mezclar materiales genéticos, se obtienen diversos beneficios, tales como mayores tolerancias, se puede lograr reducir la competencia y lograr mayores rendimientos (Olguín et al., 2009). La hibridación es un proceso de mejoramiento genético que pretende obtener una o varias características superiores, cuyos principales objetivos son el aumento de la productividad y mejora de factores que condicionan la calidad de lo producido (Sánchez Acosta, 2012).

“Los bosques en nuestro país se componen principalmente por coníferas (66%), seguidas por los de eucaliptos (24%), salicáceas (7%) y otras (3%)”. En la industria forestal, y más en la cadena de la primera transformación, los residuos obtenidos mayores al 50% del volumen inicial ingresado al proceso, los cuales podrían utilizarse como combustible y también produciendo un valor agregado como subproductos (FAO, 2019). Argentina es un país emergente con diversas posibilidades de generar productos forestales. Una de las especies más conocida y utilizada es el *Eucalyptus grandis*, con más de 200.000 ha forestales entre las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones (Sánchez Acosta, 2012).

Es importante seleccionar la madera adecuada para utilizarla como materia prima para producir bioenergía (Menucelli et al., 2019) y Rocha et al. (2016) exponen que la plantación de bosques para uso energético incentiva a las industrias forestales a utilizar materia prima con las propiedades adecuadas para mejorar la calidad de sus productos, aumentando la eficiencia energética de bosques y reduciendo costos. En su estudio establecen que el uso de madera más densa da como resultado un carbón vegetal más denso y esto se puede obtener aumentando el espaciamiento entre plantas, por ejemplo, en clones híbridos de eucaliptos, plantados con un espaciamiento de 3 m x 1,5 m a 3 m x 3 m presentaron una densidad de madera de 0,55 g cm<sup>-3</sup>, 8% más que aquellos de menor distancia.

El objetivo de este trabajo fue determinar el poder calorífico de dos clones híbridos de eucalipto para brindar al sector industrial información necesaria sobre su aporte energético y conocimientos de las características de éstos para el empleo del programa de mejoramiento

genético en el mercado de la generación de energías renovables. La hipótesis nula establece que no existen diferencias significativas en el poder calorífico entre los dos clones evaluados.

## Materiales y métodos

Este trabajo se realizó dentro del marco del proyecto de investigación “Características físicas y capacidad de absorción de maderas provenientes de clones puros e híbridos de *Eucalyptus grandis* y *E. grandis* x *E. Camaldulensis* provenientes de dos zonas geográficas” (Suirezs et al., 2021) Código 16/F1338-PI.

Al momento del muestreo, los materiales genéticos poseían 15 años y forman parte de la red de ensayos clonales del programa de mejoramiento genético de eucalipto de INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), los cuales se encuentran inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares y Registro Nacional de Propiedad de Cultivares del INASE (Instituto Nacional de Semillas). Para el estudio se consideraron 8 árboles por cada material genético. A partir de cada uno de ellos se obtuvieron múltiples probetas, asegurando una muestra representativa por árbol y un total de probetas que supera los requerimientos mínimos establecidos por la Norma ASTM N° 143/52.

El material utilizado corresponde a árboles clonales, obtenidos en un ensayo, ubicado en el predio de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de INTA Concordia, Estación Yuquerí, Ruta Provincial 22 y vías del Ferrocarril, departamento de Concordia, Entre Ríos. Fue implantado entre los puntos de GPS: longitud de 58°07'16" O, latitud de 31°21'56"S y altitud 47 m.s.n.m., a un distanciamiento de 3,5 m x 3,5 m, compuesto por parcelas lineales de 5 plantas en dirección norte-sur. El sitio posee un suelo mestizo arenoso con relieve suavemente ondulado.

Para determinar el poder calorífico de la madera, se extrajeron muestras de los 2 materiales híbridos de estudio, *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, a los cuales se les realizó 5 repeticiones por material. Durante la obtención del poder calorífico se contó con equipos específicos tales como una mufla, una bomba calorimétrica marca Parr® Instrument Company modelo 1341 (que contiene un agitador, motor del agitador, un recipiente de agua y una cubeta aislada), cilindro con oxígeno a 25 atm, termómetro de precisión con graduación de 0,2 °C y alambre de ignición. Además, entre los materiales, se utilizó agua, pastillas de ácido benzoico, papel absorbente y el material a analizar (en forma de pastillas comprimidas).

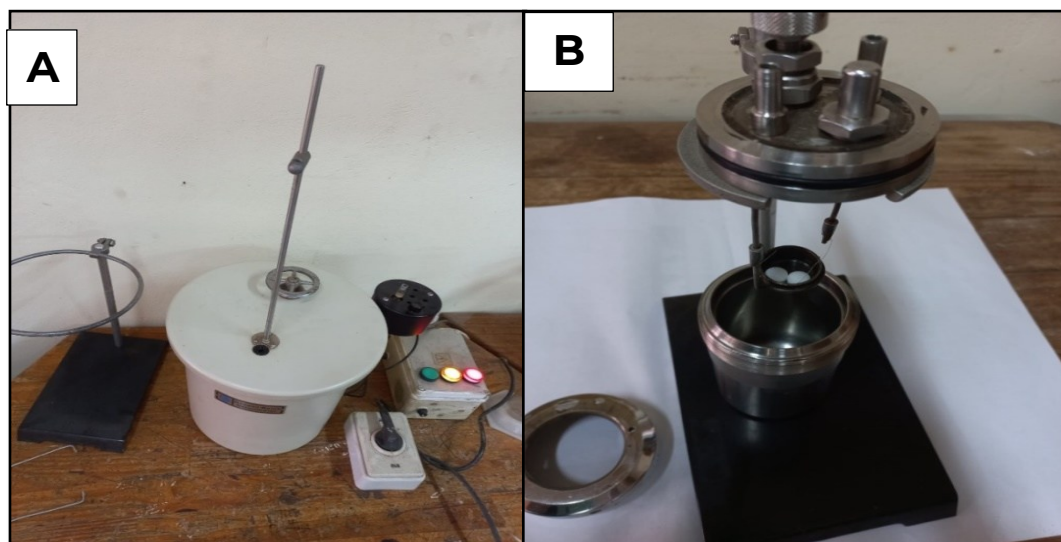
## Procedimiento

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Tecnología de la Madera (IMAM), de la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM), Regional Eldorado, siguiendo el procedimiento de la

Norma IRAM 17016 (1960).

Se realizó la calibración de la bomba calorimétrica, Figura 1, utilizando una pastilla de 1 gramo de ácido benzoico de poder calorífico conocido ( $6.318 \text{ cal g}^{-1}$ ) y se midió la diferencia de temperatura mientras transcurría la combustión de ésta.

Luego, se procedió a realizar los ensayos correspondientes de poder calorífico de los materiales propiamente dichos.



**Figura 1.** a) Bomba calorimétrica Parr® modelo 1341 y b) Pastillas de ácido benzoico para calibración  
**Figure 1.** a) Parr® Model 1341 Calorimeter Bomb and b) Benzoic acid tablets for calibration

La secuencia para los ensayos consistió inicialmente en tomar 1 a 1,5 g de combustible, previamente molido y seco, con el cual se formó una pastilla de forma circular, la que se colocó en el crisol de la bomba.

Se cortó el alambre de ignición de 10 a 15 cm y se conectó a los electrodos de la bomba calorimétrica. Una vez conectados los electrodos se cerró la bomba y presurizó con oxígeno a 20-25 atm. Se llenó el recipiente de agua dentro de la cubeta aislada con 2.000 g de agua. Se colocó la bomba presurizada dentro del recipiente y se conectó los conductores eléctricos. Se colocó la tapa de la camisa adiabática y se conectó el motor del agitador para comenzar a homogeneizar la temperatura del agua. Se incorporó el termómetro a la camisa adiabática y se esperó a que se establezca la temperatura, indicando cuando se registró la lectura como "Temperatura inicial".

Se accionó el interruptor para que comience la combustión. Se registró la temperatura una vez que se estabilizó, registrada como "Temperatura Final".

Una vez completada la temperatura final se retiró la bomba de la camisa adiabática y se liberó totalmente la presión. Se calculó por diferencia de pesadas el agua que quedó en el

interior de la bomba y se midió el alambre restante que no se quemó. Ambos datos son necesarios para los cálculos.

- *Determinación del poder calorífico superior*

El poder calorífico superior (PCS) se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0 °C y los productos (gases de combustión) son llevados a también a 0 °C después de la combustión, por lo que el vapor de agua se encontrará totalmente condensado. La ecuación N° 1, con sus respectivas unidades utilizadas para los cálculos es la siguiente:

$$PCS = \frac{Ca.(K+ma).(tf-ti)-Ch.(Li-Lf)}{G} \left[ \frac{cal}{g} \right] \quad 1$$

- *Determinación del poder calorífico inferior*

El poder calorífico inferior considera que el vapor de agua contenido en los gases de la combustión no condensa. Por lo tanto, no hay aporte adicional de calor por condensación del vapor de agua. Solo se dispondrá del calor de oxidación del combustible, al cual por definición se denomina: Poder Calorífico Inferior del Combustible (PCI). La ecuación N° 2 que se utilizó para los cálculos es la siguiente:

$$PCI = \frac{Ca.(K+ma).(tf-ti)-Ch.(Li-Lf)}{G} - \frac{r.g}{G} \left[ \frac{cal}{g} \right] \quad 2$$

Dónde:

**K:** [g] Constante de la bomba calorimétrica.

**ma:** [g] peso del agua del cubo.

**Ca:** [cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>] calor específico del agua.

**G:** [g] peso del combustible.

**ti:** [°C] temperatura inicial.

**tf:** [°C] temperatura final indicada por termómetro.

**Li:** [cm] longitud inicial del alambre de ignición.

**Lf:** [cm] longitud final del alambre de ignición.

**Ch:** 2,3 [cal cm<sup>-1</sup>] calor del alambre de ignición.

**g:** [g] peso del agua condensada.

**r** = 597 [cal g<sup>-1</sup>] calor total de vaporización del agua desde estado líquido a temperatura inicial.

**Ca:** 1 [cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>] calor específico del agua.

Con el fin de determinar si existen diferencias entre los valores de la variable evaluada de cada clon se realizó el análisis comparativo de las medias de los datos mediante el paquete estadístico Infostat® (2020) y en los datos de poder calorífico (PCS e PCI) se aplicó estadística descriptiva.

## Resultados y discusión

De acuerdo con las diversas estadísticas descriptivas aplicadas para cada clon híbrido, se determinó que el material genético GC 27 presenta un poder calorífico (PC) 1.3% mayor que el clon GC 24.

**Tabla 1.** Poder Calorífico de los Clones Híbridos de Eucaliptus  
**Table 1.** Calorific Value of Eucalyptus Hybrid Clones

Clones	Variable	n	Media [cal g <sup>-1</sup> ]	D.E.	CV	Min. [cal g <sup>-1</sup> ]	Máx. [cal g <sup>-1</sup> ]
<b>GC INTA 24</b>	PCS	5	4.192,47	128,79	3,07	3.968,71	4.286,06
<b>GC INTA 24</b>	PCI	5	3.855,77	130,88	3,39	3.628,42	3.957,71
<b>GC INTA 27</b>	PCS	5	4.247,15	107,36	2,53	4.155,53	4.431,85
<b>GC INTA 27</b>	PCI	5	3.904,47	110,02	2,82	3.821,21	4.091,56

De acuerdo con la Tabla 1, se muestra que el PCI varió entre 3.855,77 y 3.904,47 cal g<sup>-1</sup>, mientras que el PCS de los clones híbridos varió entre 4.192,47 y 4.247,15 cal g<sup>-1</sup>. Los coeficientes de variación proporcionan una idea de la variabilidad relativa en los datos, en tanto, las medias, desviaciones estándar y valores máximos y mínimos, indican las características centrales y de dispersión de los datos en cada caso. El clon híbrido con el mayor poder calorífico fue el GC INTA 27, y su vez, el mismo clon demostró una variabilidad menor de los datos.

**Tabla 2.** Comparación de Medias por medio de la prueba de t Student.

**Table 2.** Comparison of Means by Student t test.

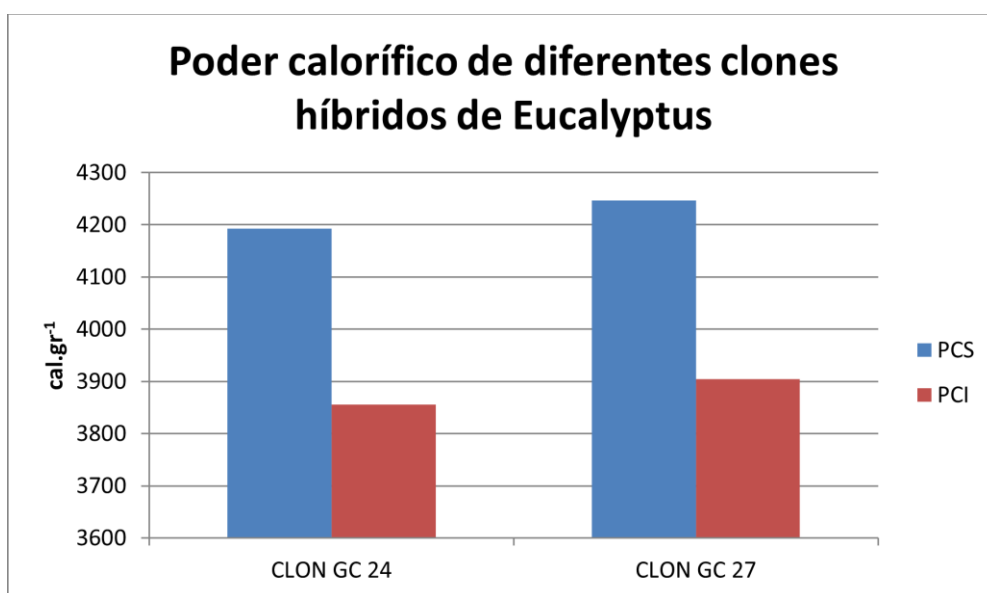
Variable	Grupo 1	Grupo 2	n1	n2	Media 1 [cal g <sup>-1</sup> ]	Media 2 [cal g <sup>-1</sup> ]	Var. 1	Var. 2	p-Hom Var	t	p	Prueba
<b>PCS</b>	GC24	GC27	5	5	4.192,47	4.247,15	16.586,59	11.526,70	0,7329	0,73	0,4867	Bilateral
<b>PCI</b>	GC24	GC27	5	5	3.855,77	3.904,47	17.129,53	12.103,65	0,7447	0,64	0,5420	Bilateral



La Tabla 2 muestra el resultado de una prueba t para muestras independientes, donde se comparan GC24 y GC27, en función de las variables PCS y PCI con un tamaño de muestra de 5, respectivamente, además de otros datos estadísticos.

En cuanto al PCS, se puede observar que la diferencia de medias entre los grupos es 54,67 con un valor t asociada de 0,73 y un p-valor de 0,48 y por otra parte el PCI tiene una diferencia de medias de 48,7 con un valor t asociada de 0,64 y un p-valor de 0,542, evidenciando en ambos casos la homogeneidad de sus varianzas, como puede observarse en la figura 2.

En síntesis, los p-valores son relativamente altos (mayores que 0,05), lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las medias en ambos grupos son iguales. En otras palabras, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en términos de las variables PCS y PCI.



**Figura 2.** Promedio de valores de poder caloríficos  
**Figure 2.** Average heating value

En estudios similares dentro del género *Eucalyptus*, se reportaron valores similares. Figueredo et al. (2019), en *Eucalyptus grandis* han encontrado PCI y PCS de 3.856 cal g<sup>-1</sup> y 4.140 cal g<sup>-1</sup>, respectivamente. En cambio, Gauna et al. (2022), para los mismos materiales evaluados, GC 27 y GC 24, pero con edad de 7 años, obtuvieron un PCS de 4.650 cal g<sup>-1</sup>, superior al obtenido en el presente trabajo. Magalhães et al. (2017), evaluaron clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de 7 años y encontraron valores medios para el PCS de 4.466 cal g<sup>-1</sup>. Estos valores de poder calorífico y sus similitudes pueden estar influenciados por factores de composición de



la madera, estos parecidos contenidos en carbono, lignina hidrogeno y extractivos, se comportan de manera positiva a esta variable (Simetti et al., 2018; Magalhães et al., 2017).

## Conclusión

En el presente trabajo se pudo determinar el poder calorífico de dos materiales genéticos de clones híbridos, procedente del cruzamiento de *E. grandis* x *E. camaldulensis* (GC), denominados GC INTA 27 y GC INTA 24. El PC es una propiedad importante, ya que determina su potencial como biomasa energética.

Los resultados de este trabajo muestran que los clones híbridos evaluados son una fuente de biomasa atractiva para su uso como combustible, donde el clon que presentó mayor potencial calorífico superior fue GC 27 con 4.337,0 cal g<sup>-1</sup> por sobre el clon GC 24 de 4.192,4 cal g<sup>-1</sup>.

Los valores de poder calorífico de los materiales evaluados se ubicaron de manera similar a los reportados en otros estudios sobre este género botánico. Si bien los valores de ambos clones se asemejan mucho, sería conveniente aumentar el número de muestras y variables para una mejor comprensión y comprobación de los resultados hallados.

Los resultados de este estudio son alentadores y abren la posibilidad de explorar relaciones entre el Poder Calorífico Superior (PCS), el Inferior (PCI) y la densidad. Aunque dicha relación no se establece de forma concluyente aquí, el análisis conjunto de humedad y carbón fijo aporta información útil para caracterizar térmicamente estos clones híbridos. En este sentido, Pereira et al. (2013) encontraron que una mayor densidad básica en *Eucalyptus*. tiende a asociarse con un mayor contenido de carbono fijo, lo que influye en el poder calorífico del carbón. Esta línea podría enriquecer futuras evaluaciones del potencial dendroenergético, con aplicaciones domésticas e industriales.

## Referencias bibliográficas

- ASTM (American Society for Testing and Materials), N° 143/52.
- FAO (2019). *Informe sobre la factibilidad del aprovechamiento de la biomasa forestal de campo*. (Colección Informes Técnicos N.º 7).
- FAO (2020). *Potencial de desarrollo de plantaciones dendroenergéticas en la Argentina*. (Colección Documentos Técnicos N.º 18). Casellas, K., Lupi, A., Olemberg, D., Gyenge, J., Fernandez, R., Fassola, H., Zaderenko, C. & Navarro, M.

- Figueredo, I., Bragaño, A., Villalba, P., Suirezs T. M., & Zaderenko C. (2019). Poder calorífico de seis especies implantadas en la provincia de Misiones, Argentina. En Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) & INTA (Eds.), *XV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*, (pp 437-439).
- Gauna, J. M., Raffaelli, N., Tonello, M. L., Harrand, L., Mastrandrea, C. A., Martinez, M. S., & Barotto, A. J. (2022). *Potencial de especies, clones puros e híbridos de Eucaliptos para elaboración de carbón vegetal*. Repositorio Institucional INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/14038#>
- Griffa, B., Marcó, L., & Goldstein, E. (2018). Producir electricidad con biomasa: beneficios, experiencias y actualidad en argentina. *Revista de la facultad de ciencias económicas – UNNE*, 19, 67-79.
- Hernández Tavico, K. (2018). *Análisis de eficiencia energética a través de la determinación del poder calorífico de la biomasa forestal en forma de briqueta de la especie Eucalyptus grandis, para la región del municipio de Palencia en el departamento de Guatemala*. [Tesis d grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala].
- IRAM. (1960). Norma 17016. *Carbones. Método de determinación del poder calorífico*.
- Kloster, D. (2021). *Planta generadora de energía eléctrica de 4.5MW a partir de biomasa forestal*. [Trabajo final Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Nacional].
- Magalhães, M. A., Carneiro, A., Vital, B. R., Silva, C. M. S., Souza, M. M., & Fialho, L. (2017). Estimates of mass and energy of different genetic material eucalyptus. *Revista Árvore*, 41(3). <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000300002>
- Menucelli, J., Amorim, E., Freitas, M., Zanata, M., Cambuim, J., Teixeira de Moraes, M., Minoru Yamaji, F., Gomes da Silva, F., & Longui, E. (2019). Potential of Hevea brasiliensis clones, Eucalyptus pellita and Eucalyptus tereticornis wood as raw materials for bioenergy based on higher heating value. *Revista Bioenergía*, 12, 992-999.
- Olguín, F., Goya, J., & Graciano, C. (2009). *Plantaciones forestales mixtas: una alternativa productiva y generadora de servicios ambientales*. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires. Redfor - Argentina Forestal. Recuperado el día 15 de marzo de 2022, de: <https://www.argentinaforestal.com/2019/07/14/plantaciones-forestales-mixtas-una-alternativa-productiva-y-generadora-de-servicios-ambientales/>
- Rocha, M., Vital, B., De Carneiro, A., Carvalho, A., Cardoso, M., & Hein, P. (2016). Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of eucalyptus Wood and Bark. *Journal of Tropical Forest Science*, 28(3), 243-248.

- Pereira, B. L. C., Oliveira, A. C., Carvalho, A. M. M. L., Carneiro, A. C. O., Santos, L. C., & Trugilho, P. F. (2013). Chemical composition of eucalyptus wood and its effect on gravimetric yield and charcoal properties. *BioResources*, 8(3), 4574–4592.
- Sánchez Acosta, M. (2012). *Caracterización de la madera del nuevo híbrido Eucalyptus grandis, Hill ex Maiden x Eucalyptus tereticornis, Smith, su aptitud de usos en Argentina*. [Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid].
- Sánchez Acosta, M. (2016). *Características y posibilidad de empleo de la madera del híbrido Eucalyptus grandis x Eucalyptus tereticornis*. XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Recuperado el 07 de Abril de 2022, de: [https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2016/6\\_SanchezAcosta\\_JFER2016.pdf](https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2016/6_SanchezAcosta_JFER2016.pdf)
- Simetti, R., Bonduelle, G. M., & Da Silva, D. A. (2018). Wood quality of five Eucalyptus species planted in Rio Grande do Sul, Brazil for charcoal production. *Journal of tropical forest science*, 30(2), 175-181. <https://doi.org/10.26525/jtfs2018.30.2.175181>
- Suarez, T. (2021). *Características físicas y capacidad de absorción de maderas provenientes de clones puros e híbridos de Eucalyptus grandis y E. grandis x E. camaldulensis provenientes de dos zonas geográficas*. (Código 16/F133).