

**Evaluación del poder calorífico de los residuos de barrido en un municipio de la provincia de Misiones, Argentina**

**Evaluation of the calorific value of sweeping waste in one of Misiones province's municipalities, Argentina**

**Sonia R. Niezwida** <sup>1,2</sup>

**Mariana G. Jansat** <sup>2</sup>

**María F. Kaczynski** <sup>2</sup>

**Juan C. Michalus** <sup>2</sup>

**Santiago Frick** <sup>3</sup>

<sup>1</sup> CONICET; ORCID: 0009-0009-7700-6834

<sup>2</sup> FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>3</sup> Oberá sustentable, Gobierno de Oberá, Oberá, Misiones, Argentina

E-mail: sonia.niezwida@fio.unam.edu.ar

Niezwida, S.R.; Jansat, M.G.; Kaczynski, M.F.; Michalus, J.C.; Frick, S. (2024). Evaluación del poder calorífico de los residuos de barrido en un municipio de la provincia de Misiones, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 12 (2), 99-111.

**Recibido:** 24/10/2024 - **Aceptado:** 21/11/2024 - **Publicado:** 28/12/24

## RESUMEN

El presente artículo forma parte de una investigación más amplia que se enfoca en la evaluación teórica y experimental del poder calorífico de los residuos de barrido en la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina. Este trabajo propone una revisión bibliográfica sobre estudios similares de la utilización de una fórmula empírica de poder calorífico y el muestreo representativo de zonas de la ciudad con resultados de ensayos experimentales en laboratorio de muestras de barrido de la ciudad. El objetivo ha sido evaluar el potencial de los residuos de barrido como una fuente alternativa de energía renovable, en el contexto de un municipio con necesidades crecientes de gestión sustentable. Los resultados obtenidos en el laboratorio, permiten esbozar el potencial de los residuos como fuente de energía, dado el poder calorífico promedio de los residuos de barrido biomásicos en Oberá es de 2.782 Kcal/kg. Este valor es comparable al de biomasa celulósica como el *Eucalyptus globulus*, cuyo PC se encuentra en un

rango similar cuando se considera la humedad. Se concluye que este tipo de análisis teórico y experimental es fundamental para comprender las posibilidades de valorización energética de los residuos en los municipios y que son la base para el planteo de políticas municipales sostenibles.

**PALABRAS CLAVE:** residuos de barrido, gestión, municipio, poder calorífico.

### **ABSTRACT**

*This article is part of a broader investigation that focuses on the theoretical and experimental evaluation of the calorific value of sweeping waste in the city of Oberá, Misiones, Argentina. This work proposes a bibliographic review on similar studies of the use of an empirical formula of calorific value and representative sampling of areas of the city with results of experimental tests in the laboratory of sweeping samples of the city. The objective has been to evaluate the potential of sweeping waste as an alternative source of renewable energy, in the context of a municipality with growing needs for sustainable management. The results obtained in the laboratory allow us to outline the potential of waste as a source of energy, given the average calorific value of biomass sweep waste in Oberá is 2,782 Kcal/kg. This value is comparable to cellulosic biomass, such as Eucalyptus globulus, with a similar CP when accounting for moisture content. The study concludes that both theoretical and experimental analyses are crucial for understanding the energy recovery potential from municipal waste and informing sustainable municipal policy development.*

**KEYWORDS:** sweeping waste, management, municipality, calorific value.

### **INTRODUCCIÓN**

En un mundo enfrentado la creciente generación de residuos urbanos y los desafíos derivados del cambio climático, los actores locales juegan un rol clave en la implementación de estrategias y políticas sostenibles. La gestión eficiente de los residuos no solo es fundamental para minimizar los impactos ambientales, sino que también ofrece oportunidades para la recuperación de recursos, como generación de fuentes de trabajo y para energía a partir de fuentes renovables. En este contexto, los residuos de barrido

constituyen un eslabón en la gestión de las ciudades (Rodríguez Herrera, 2012) siendo estos los desechos que se barren y recolectan a diario en los poblados y que generalmente están compuestos por materiales que depositan los ciudadanos y turistas en las calles y plazas. En la literatura, existen múltiples estudios que abordan el estudio de valorización energética de materiales biomásico como una estrategia para mitigar los problemas asociados a su disposición final de (Begum et. al, 2024). Investigaciones también han explorado el uso de fórmulas empíricas, como la de Dulong, para

calcular el poder calorífico de biomasa y residuos celulósicos, con el objetivo de recalcar su potencial como fuente de energía renovable (Akpoiybo et.al, 2023; Seah et. al, 2024;).

El residuo de barrido es una mezcla que contiene material orgánico (pasto, ramas, hojas) y otros tipos de residuos como plásticos, material textil y madera que son dispuestos generalmente de manera intencional en calles y lugares de ocio

como plazas y parques (Buenos aires, s.f). También, el barrido puede contener materiales húmedos como yerba y otros restos de alimentos como yerba mate, frecuentemente consumido en las plazas de las ciudades de la provincia de Misiones y con alto contenido de hojas de arbustos como se observa en la Figura 1, que muestra residuos de barrido de la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina.



**Figura 1.** Contenido de residuos de barrido en Oberá.

La ciudad de Oberá está ubicada en el Noroeste Argentino (Figura 2) y es la segunda ciudad más grande de la provincia de Misiones y se ubica en la zona centro.

Actualmente, Oberá posee un programa denominado “Oberá sustentable” que pretende contribuir a gestionar los residuos a partir de acciones del gobierno municipal, bajo el área de Obras públicas del municipio. La ciudad con más de 100.000 habitantes (INDEC, 2022) está conformada por 63 barrios, donde se destacan cuatro plazas principales que actúan como puntos de encuentro para turistas y residentes locales, quienes las

utilizan como espacios de recreación y esparcimiento.

La recolección de los residuos del barrido en Oberá es realizada por empleados municipales quienes barren con escobas las plazas y calles y recolectan manualmente, depositando los residuos en bolsas. Este trabajo comienza a las 4:00 am y se extiende hasta las 10:00 am, cubriendo diferentes sectores de la ciudad, de lunes a sábado. A su vez, los residuos recolectados son llevados en camiones compactadores, los cuales trasladan a la estación de transferencia para que luego los desechos viajen al relleno sanitario ubicado en una ciudad a 70 km de distancia de Oberá.



**Figura 2.** Ubicación de Oberá en la provincia de Misiones, Argentina

Fuente: Elaboración propia mediante Adobe Illustrator CC 2017

Según expertos y algunas aproximaciones en caracterización de este tipo de residuos, se estima que entre el 80 % - 90 % de los residuos recolectados en el barrido son hojas de árboles y arbustos y lo restante está compuesto por otros desechos secos tales como plásticos (Oberá sustentable, 2024).

## METODOLOGÍA

En primer lugar, se ha realizado una revisión de antecedentes en relación con la toma de muestras y formas utilizadas para determinar el poder calorífico de los residuos de barrido en un municipio (Rodríguez Herrera, 2012; Ivarez & De Paepe, 2019) y la normativa utilizada.

Los referentes en la gestión de residuos sugieren a la fórmula de Dulong como la más usada para determinar el Poder Calorífico (PC) de manera empírica (Tchobanoglous, 2002). Asimismo, hay diferentes formas para determinar el PC de forma experimental, pero el presente caso se realizó en base a la Norma IRAM

El objetivo del artículo es mostrar los resultados de la investigación que ha sido realizada para los residuos de barrido de la ciudad de Oberá, donde se tomaron las zonas más importantes de la ciudad para toma de muestras y con ellas se determinó el poder calorífico de manera experimental en el laboratorio de la universidad.

17016:1960 "Carbones, Método de determinación del poder calorífico". Para la determinación de la humedad, se aplicó el método descrito en la Norma IRAM 17005: 1984 "Carbón y coque - Método de determinación de la humedad".

Previo al estudio experimental ha sido necesario realizar un estudio del distrito municipal, contemplando zonas, frecuencia de barrido y cantidad recolectada. Para ello, el equipo de investigación relevó los datos del municipio, caracterizó las zonas y determinó cuales son las más representativas para un estudio de PC experimental en laboratorio en base a alternativas propuestas y pesos para cada

una aplicando la Jerarquización de alternativas mediante un software.

Se evaluó un combustible de referencia a través de la fórmula empírica de Dulong, a partir de datos que contaba la universidad y, por último, se recolectaron las muestras de las zonas y se determinó el PC y la humedad de forma experimental para elaborar conclusiones sobre PC de los residuos de barrido.

## RESULTADOS

### *Contextualización de la problemática*

El equipo de investigación recurrió a información del municipio sobre la gestión de los residuos del barrido. Las zonas y días que se lleva a cabo el barrido, cuyos datos se exponen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Calles y áreas cubiertas por el servicio de barrido municipal.

Sector	Días de Servicio	Calles y áreas cubiertas por barrido en Oberá
Sector 1	Lunes a viernes, sábados y domingos	Calle Chubut, Río Negro, Av. Libertad, Av. Misiones, Plazoletas Güemes, Leoncito, Polonia, Club de Leones, Calle Ralf Singer, Corrientes, Santa Fe, Córdoba, Bs. As., 9 de julio, San Martín, Rivadavia, L.N. Alem.
Sector 2	Lunes a domingo	Calle Formosa, Av. Sarmiento, Calle Río Negro, Neuquén, La Pampa, Santa Cruz, J. M. de Rosas, Nicasia L. de Segura, A. N. Cabeza de Vaca, J. Joerg.
Sector 3	Lunes a domingo	Av. Sarmiento, Calle Jujuy, Salta, G. Erasmie, 12 de octubre.
Sector 4	Lunes a viernes	Calle Jujuy, Salta, Larrea, Berutti, French, B. Mitre, Sgto. Cabral, Lavalle.
Sector 5	Lunes a viernes	Av. José Ingenieros, Sgto. del Estero, Calle Chaco, Sgto. Cabral.
Sector 6	Lunes a domingo	Av. Beltrame, Av. Andresito, Av. Italia, Calle Neuquén, Calle Independencia.
Sector 7	Lunes a domingo	Cuadrante entre Calle La Rioja, G. Erasmie, Lavalle, Gdor. Barreyro.
Sector 8	Viernes a domingo	Parque de las Naciones, Av. Andresito, Bulevar Calle Azcuénaga, La Pampa, Santa Cruz, Autovía.

En el año 2024, el municipio de Oberá ha contado con 2 camiones que recogen los residuos de barrido según los sectores detallados en la Tabla 1. Se estima que en la ciudad se genera una cantidad diaria promedio de 2500 kg (biomasa y otros secos), lo que evidencia una generación de residuos de barrido de unos 25 toneladas por semana en toda la ciudad. Tal como se detalla en la Tabla 1, cada sector abarca varias calles y avenidas de la ciudad, donde las más céntricas poseen mayor frecuencia de barrido (de lunes a domingo).

#### *Determinación de las zonas representativas para el experimento*

Para concretar un estudio cualitativo de la ciudad, y determinar los posibles lugares a tomar muestras, se recurrió al muestreo probabilístico estratificado, que consiste en dividir a la población de estudio en racimos (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018). Dentro de cada racimo, se identificó la unidad de análisis (muestras de calles o avenidas a ensayar en el laboratorio). En este caso, se dividió la ciudad de Oberá en cuatro grandes zonas presentadas en la Figura 4, las cuales correspondieron a los racimos. La información base para la determinación de las zonas, ha sido provista por el municipio (Gobierno de Oberá, s.f).



**Figura 4.** Distribución por zonas de la ciudad de Oberá.

Fuente: Elaboración propia mediante GoogleMaps.

Una vez determinadas las cuatro zonas de la ciudad (4 racimos), las cuales están distribuidas en función de calles principales y también por la ruta que pasa

por la ciudad (límites de las zonas), se procedió a ubicar los barrios dentro de cada zona. Los barrios de cada racimo se encuentran detallados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Barrios que integran las diferentes zonas (racimos) de la ciudad de Oberá.

BARRIOS			
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
Barrio KM 0	Villa Kindgreen	Villa del Parque, Villa Lutz	Villa Svea I
Barrio Las Lomas	Villa Blanquita	Las palmas	Villa Mosquera
Vila Svea II	Barrio Norte	Yerbal viejo	Villa Ruff
Barrio Tiucha	Villa Torneo	Oberá VII	Villa Cristen
Villa Erasmie	Villa Stemberg	Villa Barreyro I	Villa Marttos
Villa Falk	Barrio 100 hectáreas	Villa Gunther	Barrio 3 esquinas
Villa Sixten Vick	Barrio San Miguel	Barrio Docente	Barrio Bella Vista
Barrio Copisa	Villa Kleiven	Barrio Oberá 4	Barrio Esperanza
Villa Lindstrom	San José	Barrio Krause	Barrio Las Palmas
Villa Londres	Villa Shustter	Barrio Judicial	Barrio Microcentro
	Oberá II	Barrio Oberá 2	Barrio Loma Porá
		Barrio Oberá 6	Villa Bárbaro
		Barrio el chachi	Parque de las naciones
		Barrio Primeros Colonos	Las lomas
		Villa Industrial	El Progreso

Para ponderar los diferentes racimos y ordenarlos (Tabla 2) se utilizó el software Expert Choice V.11. De esta manera, se logró establecer un orden de importancia para la toma de muestras representativas por zonas. Para ello se ha tenido en cuenta la información brindada por el municipio de cada barrio y se consideraron las siguientes alternativas de comparación:

Zonas y barrios con Plazas: La ciudad cuenta con cuatro plazas principales.

Zonas y barrios Comerciales: Los comercios se concentran en el centro de la ciudad, delimitando las zonas de este estudio.

Zonas y barrios con Establecimientos Educativos: Estos se dividen en: Sector: Estatal y privado.

Dependencia: Municipal, provincial y nacional.

Ámbito: Urbano y rural.

Nivel: Inicial, primario, secundario, superior y especial.

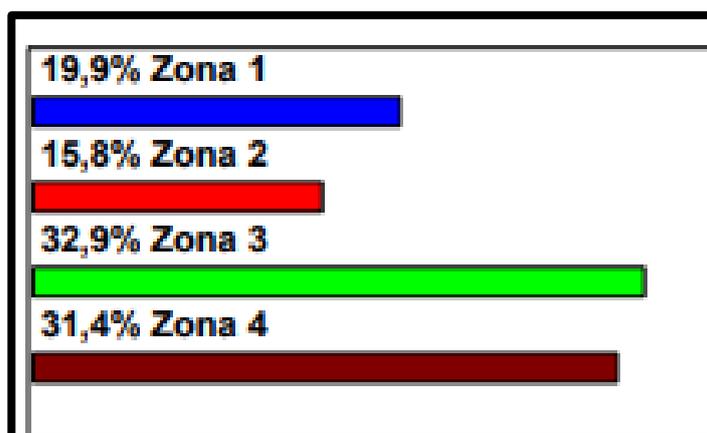
Zonas y barrios con vegetación: áreas verdes y parques.

Generación per cápita por zonas y barrios: evaluación del promedio de residuos en kg generados por habitante por día en cada zona.

Para determinar la cantidad de muestras (unidad de análisis) a tomar de cada zona, se procedió a realizar la ponderación de

las diferentes zonas utilizando el software Expert Choice V.11. Por lo tanto, se logró definir el valor para las distintas zonas dentro de la ciudad, asignándoles un orden de importancia en función de los criterios suministrados por los responsables del área de gestión de residuos. En la Figura N° 5 se indican los porcentajes correspondientes a cada

zona, donde la zona 3 es la de mayor importancia, seguida por la zona 4, la zona 1 y, finalmente, la zona 2. Por lo tanto, se tomarán mayores muestras en la zona 3 y 4, teniendo en cuenta que es necesario muestrear las principales avenidas de la ciudad (Av. Sarmiento y Av. Libertad) las cuales conducen al distrito central.



**Figura 5.** Importancia de muestreo por cada zona de Oberá.

Fuente: elaboración propia utilizando el software Expert Choice V.11.

*Poder Calorífico: Método Empírico*

Aplicando el principio de conservación de la energía, Dulong desarrolló una fórmula para calcular el poder calorífico superior de un combustible seco, sólido o líquido que contuviera carbono (C),

hidrógeno (H) y azufre (S) en su composición (Mesny, 2005).

Según Dulong, el poder calorífico superior (PCS) se expresa mediante la ecuación E.1. De manera similar se determinó el poder calorífico inferior (PCI): E.2.

$$P_{cs} = 8140C + 34400 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2220S \left( \frac{Kcal}{kg_{combustible}} \right) \quad (E.1)$$

$$P_{ci} = 8140C + 34400 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2220S - 600A \left( \frac{Kcal}{kg_{combustible}} \right) \quad (E.2)$$

Donde:  $A = (9H + H_{ubs})$  (E.3)

Existen diversas investigaciones que utilizan esta fórmula y su versión modificada como base empírica para el cálculo del poder calorífico (Marcos & Villegas, 1997; Nzihou, 2014; Silva et al, 2019). Como se ha dicho, la fórmula de Dulong puede ser aplicada conociendo el

valor de la composición química de C, H, O, N, S y la humedad del combustible. A continuación (E. 3 y E.4), se expone la aplicación de la fórmula de Dulong según datos de caracterización fisicoquímica-Biomasa para el material celulósico de Eucalipto (Elias, 2022).

$$P_{cs} = 81400(0.487) + 34400 \left( 0.0622 - \frac{0.433}{8} \right) = 4.241,96 \frac{kcal}{kgcomb} \quad (E. 4)$$

$$P_{ci} = P_{cs} - 600(9H + H_{ubs}) = 3.648,08 \frac{kcal}{kgcomb} \quad (E. 5)$$

El PCS se refiere a la energía liberada en la combustión, contando la que se obtiene cuando el vapor de agua presente en los gases de combustión se condensa. Este valor, se considera el máximo posible de energía que se puede aprovechar, pero en la práctica, este tipo de aprovechamiento es, muchas veces, irreal. Mientras que el PCI, es el valor que no toma en cuenta la energía de la condensación del vapor de agua, siendo el más práctico para muchas industrias, ya que refleja la energía realmente disponible, porque en la mayoría de los casos, los gases no se enfrían lo suficiente como para que el vapor se condense y libere ese calor adicional (González, 2011).

Los residuos de barrido de la ciudad de Oberá, poseen un alto porcentaje de material

celulósico, por lo tanto, los valores experimentales podrían asemejarse a los de *Biomasa de Eucalyptus globulus*. Sin embargo, se debe tener en cuenta el PC

de los residuos de barrido dependerá de la humedad del material combustible.

#### *Determinación del Poder Calorífico por el Método Experimental*

En este apartado se presenta el PC experimental. Se ensayaron una cantidad de 7 muestras en el Laboratorio de Biomasa ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de Oberá, de la Universidad Nacional de Misiones bajo indicaciones de las normas IRAM mencionadas en metodología. Los resultados de ensayos experimentales se presentan en la Tabla 3.

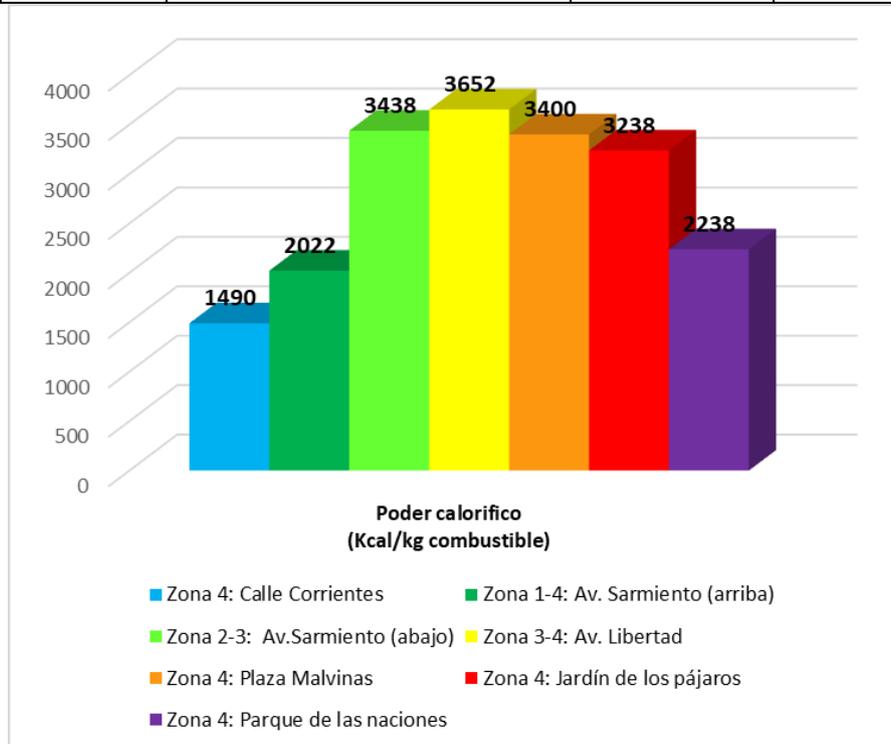
El valor promedio de PC, en base a los ensayos arrojó 2.782 (Kcal/kg combustible). Tal como se puede visualizar en la Figura 5, el PC más alto ha sido el de la muestra que corresponde a Avenida libertad, una de las principales calles de la ciudad. Asimismo, el PC con valor más resultó el de la Calle Corrientes (1.490 Kcal/kg combustible), una vía que lleva al micro centro de la ciudad.

**Tabla 3.** Resumen de resultados obtenidos aplicando el método experimental.

Número de muestra	Zona: calle/avenida	PC <sup>1</sup> (Kcal/kg combustible)	Humedad
1	Zona 4: Calle Corrientes	1.490	28 %
2	Zona 1-4: Av. Sarmiento (arriba)	2.022	13 %
3	Zona 2-3: Av. Sarmiento (abajo)	3.438	12 %
4	Zona 3-4: Av. Libertad	3.652	12 %
5	Zona 4: Plaza Malvinas	3.400	17 %

<sup>1</sup>Los valores de ensayo corresponden a PCS, dado que el experimento se concretó a través de la bomba calorimétrica, que mide la energía total liberada en la combustión completa del combustible, incluyendo la energía liberada por la condensación del vapor de agua que se forma durante el proceso.

6	Zona 4: Jardín de los pájaros	3.238	17 %
7	Zona 4: Parque de las naciones	2.238	12 %



**Figura 6.** Valores de poder calorífico experimental.

Los resultados expuestos determinan el potencial energético de los residuos de barrido. Los valores de PC por zonas evidencian las diferencias en la composición, donde los valores más altos corresponden a zonas con alta vegetación y árboles que desprenden pequeñas ramas. En este contexto dentro de la investigación podría ser relevante analizar: Impactos ambientales en caso de aprovechar este tipo de residuos para incineración controlada, la viabilidad económica y tecnológica a partir de los costos, tecnologías disponibles y adaptaciones necesarias en la gestión de residuos. Además, es necesario abordar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos a través de una separación, pudiendo incorporar otros residuos como poda de árboles de la ciudad, que sin duda es un volumen importante y potencial

energético, principalmente en meses de otoño. Lo antes dicho podrá sugerir alternativas más convenientes para el municipio según las restricciones legales y los recursos determinados para tal fin.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación arrojan evidencia que la ciudad posee un plan de gestión de los residuos, dado que el municipio tiene planificada la recolección de residuos con frecuencia, sectores atendidos y también el dato aproximado de cantidad recolectada por semana.

A su vez, la aplicación de la fórmula empírica aporta información sobre el PC de residuos celulósicos, que tras ser contrastado con ensayos experimentales en un laboratorio que demuestran el PC de estos residuos de barrido de la ciudad de

Oberá. Asimismo, es importante destacar que el barrido puede contener material orgánico que aportó humedad a la muestra ensayada y que ellos deberían ser separados antes de la incineración.

La diferencia en los valores de PC podría tener correlación directa con la cantidad de árboles presentes en la zona, la circulación de las personas, el corte de césped de los domicilios aledaños y también la época del año en la que se tomó la muestra.

La ciudad de Oberá podría generar energía para abastecer a casas, a partir solamente de los residuos celulósicos de barrido que genera, si ellos son separados de materiales húmedos y otros no celulósicos. El valor experimental promedio de PC es una primera aproximación, dado que el equipo de investigación avanza hacia la caracterización de los residuos de barrido de la ciudad para determinar su composición porcentual.

En base al valor promedio de PC (2782 (Kcal/kg combustible) y considerando que las toneladas de residuos recolectadas son de aproximadamente 100.000 kg/mes y que el consumo energético promedio de dos personas es de 200 kWh/mes, el aprovechamiento energético de los residuos de barrido de Oberá podría abastecer más de 1500 hogares de este tipo.

En el contexto actual y frente a los Objetivos de desarrollo sostenible que se persiguen lograr, es importante trabajar de manera colaborativa entre el estado y las instituciones, para lograr mejorar la circularidad de residuos en los municipios (Niezwida & Santacruz, 2024).

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento del material biomásico como generador de energía eléctrica de una fuente renovable, puede reducir costos municipales de transporte y volumen de residuos a disponer en el relleno sanitario, conduciendo al aprovechamiento de residuos como recursos y con ello a prácticas más sustentables.

Los ensayos de PC identificaron variaciones significativas según las zonas de la ciudad, con diferencias atribuibles a la composición y la humedad del material recolectado. Por lo tanto, la separación de residuos es una actividad previa a la incineración y sería clave para el aprovechamiento de los residuos de barrido como biomasa en el municipio estudiado.

Uno de los hallazgos en la recolección de muestras de residuos de barrido, ha sido la determinación de gran cantidad de materiales orgánicos, un aspecto que no estaba contemplado inicialmente. Por lo tanto, se procedió a separar este residuo de los otros para llevar las muestras al laboratorio.

El dato técnico del poder calorífico es una herramienta inicial para el planteo de políticas, pero debe contextualizarse dentro de una estrategia integral de gestión de los residuos. Por ello, es importante considerar los efectos ambientales, la viabilidad económica y las opciones tecnológicas disponibles antes de decidir la valorización energética como camino principal, que constituyen los lineamientos futuros de la investigación en la que se enmarca el trabajo descrito.

Por último, es necesario destacar que el trabajo colaborativo aportó evidencia experimental sobre el poder calorífico de los residuos celulósicos presentes en el barrido de una ciudad y que ellos sirven como un primer parámetro para comenzar con políticas públicas y avanzar en la gestión de la biomasa que se generan en el municipio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONICET, por financiar la investigación y al Gobierno de la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina Área de "DIRECCION DE SERVICIOS PÚBLICOS Y AMBIENTE DEPARTAMENTO DE SERVICIOS PÚBLICOS" por aportar información acerca de la problemática socioambiental vigente.

## BIBLIOGRAFIA

- Akpoiyibo, O. F., Ogbeide, O. O., & Aliu, S. (2023). Determination of calorific values from municipal solid waste as a potential for electricity generation using artificial neural network. *Frontiers of Research in Arts and Management Sciences*, 1(1), 21-34. Recuperado de: <http://auchipolyjournals.com/index.php/frams/article/view/52> (acceso: 02.12.24)
- Alvarez R., De Paepe JL (2019). Modelling the effects of stover harvest on soil organic carbon in the Pampas of Argentina. *Soil Research* 2019; 57:257–265. <https://doi.org/10.1071/SR18262>
- Begum, Y. A., Kumari, S., Jain, S. K., & Garg, M. C. (2024). A Review on Waste Biomass-to-Energy: Integrated Thermochemical and Biochemical Conversion for Resource Recovery. *Environmental Science: Advances*. DOI: 10.1039/d4va00109e
- Elias, R. (2022). Material de cátedra “Máquinas e instalaciones térmicas 1”. Combustibles. Facultad de Ingeniería Oberá, Universidad Nacional de Misiones.
- Buenos Aires (s.f). Página oficial de buenosaires.gob.ar. Barrido. Recuperado de: <https://buenosaires.gob.ar/higiene-del-espacio-publico/barrido> (acceso: 10.10.24)
- González, M. (2011). Poder calorífico. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/poder-calorifico>. (acceso: 11.10.24)
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo 2022. República Argentina. Recuperado el 11/05/2023 de <https://censo.gob.ar/> (acceso: 10.10.24)
- INTI (2019). El INTI y el IRAM trabajan en la primera norma para regularizar el mercado de biocombustibles sólidos. Recuperado de: <https://www.inti.gob.ar/noticias/21-asistencia-regional/1495-el-inti-y-el-iram-trabajan-en-la-primera-norma-para-regularizar-el-mercado-de-biocombustibles-solidos> (acceso: 10.10.24)
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM). (1984). Norma IRAM 17005: Carbón y coque - Método de determinación de la humedad.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM). (1960). Norma IRAM 17016: Carbones, Método de determinación del poder calorífico. Vigente desde Junio de 1960 y reimpresa en talleres IRAM en Mayo de 1976.
- Martina, P.E.A.; Aeberhard, M.R.; Corace, J. J., Ramírez, V. I. Leiva Azuaga, A. (2016). Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 4, pp. 06.107-06.114, 2016. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5. Recuperado de: [https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27934/RIUNNE\\_FING\\_AC\\_Martina-Aeberhard-Corace.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27934/RIUNNE_FING_AC_Martina-Aeberhard-Corace.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (acceso: 23.10.24)
- Marcos, F., Villegas, S. (1997, June). Nueva fórmula para la determinación del poder calorífico en función de la humedad. *Congresos Forestales*. Disponible en: [https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/article/view/19818](https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/19818). (acceso: 24.10.24)
- Mesny, M. (2005). Generación de Vapor. Ediciones Marymar. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/695922886/Generacion-del-vapor-Marcelo-Mesny>. (acceso: 24.10.24)

---

Niezwida, S.R., Santacruz, F.A. (2024). "CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL Primer informe de economía circular de la provincia de Misiones, Argentina". Disponible en: <https://cambioclimatico.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2024/09/Misiones-Informe-Economia-Circular-2024.pdf>. (acceso: 24.10.24)

Nzihou, J. F., Hamidou, S., Bouda, M., Koulidiati, J., & Segda, B. G. (2014). Using Dulong and Vandreak formulas to estimate the calorific heating value of a household waste model. *Int. J. Sci. Eng. Res*, 5(1), 1878-1883.

Oberá sustentable (2024). Disponible en: <https://oberasustentable.obera.gob.ar/>. (acceso: 23.10.24)

Rodríguez Herrera, H. (2012). Gestión integral de residuos sólidos. Fundación Universitaria área andina. Recuperado de: <https://digitk.areandina.edu.co/repositorio/handle/123456789/518>. (acceso: 23.10.24)

Seah, C. C., Habib, S. H., Hafriz, R. S. R. M., Shamsuddin, A. H., Razali, N. M., & Salmiaton, A. (2024). Prospective energy content assessment of waste biomass and polymer via preliminary analysis. *Results in Engineering*, 22, 102301. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102301> (acceso: 3.12.24)

Silva, D. A. D., Eloy, E., Caron, B. O., & Trugilho, P. F. (2019). Elemental chemical composition of forest biomass at different ages for energy purposes. *Floresta e Ambiente*, 26(4), e20160201.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos (Vol. I y II)*. Mc-Graw-Hill Interamericana de España S.A.

Tchobanoglous George, K. F. (2002). *Handbook of solid waste management*. New York: McGraw-Hill. doi:10.1036/0071356231