

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE OBERÁ, MISIONES, ARGENTINA

CHARACTERIZATION OF URBAN SOLID WASTE AT CITY OF OBERÁ, MISIONES, ARGENTINA

Niezwida, Sonia Romina

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones
Oberá, Misiones, Argentina.
sonia.niezwida@fio.unam.edu.ar

Michalus, Juan Carlos

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones
Oberá, Misiones, Argentina.
michalus@fio.unam.edu.ar

Gavazzo, Graciela Beatriz

Facultad de Ciencias exactas, Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Misiones,
Posadas, Misiones, Argentina
graciela@fceqyn.unam.edu.ar

Fecha de Recepción: 24/07/2024 – Fecha de Aceptación: 22/06/2025

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2025.30.01.003.es>

RESUMEN

Se describe el proceso y los resultados de la caracterización de residuos en Oberá, provincia de Misiones, Argentina. La metodología utilizada para la caracterización de residuos sólidos urbanos ha sido la especificada en la norma IRAM 29523:2018. Las muestras caracterizadas de forma manual, fueron seleccionadas a partir de los vehículos recolectores representativos para cada jornada durante el periodo de análisis desarrollado.

El trabajo de investigación determinó la composición de los residuos, que permitió sugerir acciones útiles para el desarrollo local sostenible de la ciudad, basadas en las prácticas de economía circular y respaldadas por un análisis de caracterización in situ. En éste contexto, se mencionan estrategias para disminuir los residuos en el camión recolector, como así también las iniciativas diseñadas para fomentar la reducción del volumen de desechos a disponer en el relleno sanitario, promoviendo un enfoque más sostenible y eficiente en la gestión de residuos del municipio.

Los resultados de la investigación permitieron reunir información útil para la toma de decisiones en el diseño de estrategias que incorporaren prácticas de economía circular y optimización de los procesos de recolección.

PALABRAS CLAVE: Caracterización; Composición; Economía Circular; Residuos Sólidos Urbanos; Sostenibilidad

ABSTRACT

The process and results of waste characterization in Oberá, province of Misiones, Argentina, are described. The methodology used for the characterization of urban solid waste has been the one specified in the IRAM 29523:2018 standard. The samples characterized manually were selected from the representative collection vehicles for each day during the analysis period.

The research work determined the composition of the waste, which allowed to suggest useful actions for sustainable local development, based on circular economy practices and supported by an on-site characterization analysis. In this context, active strategies to reduce waste in the garbage truck are mentioned, as well as initiatives designed to encourage the reduction of the volume of waste to be disposed of in the sanitary landfill, promoting a more sustainable and efficient approach in the waste management of the municipality.

The results obtained provide useful information for decision-making in the design of strategies that contribute to incorporating circular economy practices and optimizing the collection processes.

KEYWORDS: Characterization; Composition; Circular Economy; Urban Solid Waste, Sustainability

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolló en marco a un convenio de colaboración entre la Facultad de Ingeniería en Oberá de la Universidad Nacional de Misiones y la municipalidad de la ciudad de Oberá, de la provincia de Misiones, Argentina.

En este artículo se describe la caracterización de los residuos sólidos urbanos a partir de la norma nacional IRAM 29523:2018 “Residuos sólidos urbanos. Determinación de la composición a partir de vehículo recolector”.

La ciudad de Oberá; lugar donde se llevó a cabo el trabajo de caracterización, está situada en la zona centro de Misiones (Figura 1). Posee 79.665 habitantes (IPEC, 2024) y es la segunda localidad de la provincia en cuanto a cantidad de personas, según el último censo 2022 y en base a datos publicados por INDEC en el año 2023. Se caracteriza por ser un municipio con vasta actividad turística, principalmente por poseer atractivos de saltos, cascadas y por albergar al Parque de las Naciones, un lugar emblemático de casas típicas construidas por integrantes de las corrientes migratorias de la primera y segunda guerra mundial.

Figura 1

Ubicación geográfica de la localidad de Oberá en la Provincia de Misiones de Argentina



Nota. La figura fué adaptada a partir de isondu.com.ar y mapas.obera.gob.ar

La ciudad de Oberá está conformada por 63 barrios, donde se distinguen diferentes zonas caracterizadas principalmente por la densidad poblacional y el nivel socioeconómico de sus habitantes.

Oberá (término devenido del guaraní, traducida al español como: la que brilla) es una localidad productora de té negro y yerba mate; posee variedad de comercios tales como supermercados mayoristas y minoristas, tiendas de indumentaria, electrodomésticos y mueblerías; también alberga a universidades, clínicas y sanatorios de alta complejidad que atienden a pobladores de toda la zona centro de la provincia de Misiones. El municipio, se enfrenta a un crecimiento económico, poblacional y social, que atrae a inversionistas y a residentes de localidades vecinas.

En este trabajo se presenta la metodología y los resultados que permitieron determinar la composición de los RSU de la localidad de Oberá, Misiones, Argentina, a partir de la clasificación manual de muestras de camiones recolectores, bajo acciones de cooperación entre la Academia y el Estado para contribuir a fortalecer las estrategias locales de gestión de residuos, facilitar la toma de decisiones y promover resultados oportunos para un modelo de desarrollo urbano más sostenible.

DESARROLLO

Revisión de la Literatura

Gestionar los residuos se ha convertido en un desafío para las autoridades municipales y la sociedad en general, más aún desde el surgimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a alcanzar para el año 2030, siendo la economía circular uno de los términos

más nombrados en este contexto de gestión (Bercheñi & González Gervasoni, 2018; Lopez-Yamunaqué & Iannacone, 2023; Binte Razzak et al., 2024; Chicaiza et al., 2024; Filimonova & Birchall 2024).

El plan nacional de Argentina denominado Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU, 2005), enfoca la problemática de los RSU en pueblos y ciudades, precisando que es necesario conocer los tipos de desechos que se generan en cada región y localidad, además de las prácticas de economía circular más adecuadas para los diferentes escenarios municipales. Estas últimas, pueden incluir actividades en las estaciones de clasificación, eco puntos, puntos limpios y recolección diferenciada. Este plan nacional se ha puesto en vigencia desde el 2006 y hasta el 2030 (Argentina.gob).

Según la Ley Nacional 29516/2004 las municipalidades tienen un rol fundamental en la gestión de los desechos que generan. Por ello, la municipalidad de Oberá está abordando la problemática de gestión de los residuos desde el año 2022 a través de un programa denominado "Oberá sustentable", mediante estrategias y acciones de economía circular. En este sentido, los datos de la caracterización de los residuos de Oberá obtenidos en el trabajo colaborativo entre la Academia-Estado, arrojaron evidencia técnica-científica de la realidad a la que hoy se enfrenta la gestión de los residuos de dicha localidad. Asimismo, el estudio contribuye positivamente con información necesaria para continuar con planes a futuro y contribuir con metas globales (Marmolejo 2010; Lopez-Yamunaqué & Iannacone, 2023; Ambaye et al., 2023).

Si bien existen metodologías con diversos criterios de muestreo y precisión para los RSU, tales como desarrollaron en sus investigaciones Tchobanoglous, 2002; Sakurai, 2000; Marmolejo et al., 2006; Marmolejo, 2010; Hernández Rodriguez, 2024; el presente trabajo describe la caracterización de los residuos de la ciudad de Oberá mediante la aplicación de la norma nacional IRAM 29523:2018 debido a que la misma se ha desarrollado para caracterización de municipios de Argentina y cuya guía fue elaborada por especialistas. Por lo tanto, la norma tiene en cuenta las particularidades sociales, económicas y geográficas de Argentina, asegurando una adaptación precisa a su contexto para caracterizaciones de RSU a realizarse en el país.

Antecedentes nacionales indican que los estudios de caracterización similares de RSU con IRAM se han llevado a cabo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) según De Luca et al., 2009, para la ciudad de Mendoza (Llamas et al., 2012) y en un municipio de Córdoba (Pettigiani et al., 2013).

Metodología

El trabajo para la caracterización de los RSU llevado a cabo en la investigación, en conjunto con el análisis y la difusión de los resultados se realizó entre los meses de agosto de 2023 y abril de 2024.

IRAM 29523:2018: “Residuos sólidos urbanos. Determinación de la composición a partir de vehículo recolector”

Es la normativa nacional de Argentina que permite determinar la composición de los RSU sin tratamiento previo. Deriva de la norma internacional ASTM D5231-92 (2016) “Método de prueba estándar para la determinación de la composición de residuos sólidos municipales sin procesar”. Para aplicar la normativa IRAM 29523:2018 y caracterizar los residuos de un distrito municipal, es necesario reunir una serie de condiciones iniciales que incluyen materiales, recursos y otros necesarios, los cuales se detallan en la Tabla N°1.

Tabla 1

Recursos necesarios para aplicar la caracterización de residuos con procedimientos establecidos por la Norma IRAM 29523:2018.

RECURSO	DESCRIPCIÓN
Infraestructura edilicia	Playón pavimentado para descarga de los residuos del camión recolector (las dimensiones serán determinadas en base a los kg máximos recolectados y medidas del camión recolector). Los residuos no deben tener contacto directo con el suelo (tierra)
Maquinaria y equipos	Pala mecánica (retroexcavadora)
	Camión recolector
	Camión volcador
	Pala frontal, rastrillos, escobas y mesa para la clasificación de los residuos
	Balanza mecánica o electrónica con lectura mínima de 0.00 1kg y capacidad máxima de 30 kg
	Balanza electrónica con una lectura mínima de 0.01 kg y capacidad mínima de 100 kg
	Contenedores de plástico y metal
	Bolsas plásticas
	Imán para detección de metales
EPP y otros	Botiquín de primeros auxilios
	Guantes, máscaras, cascos, protectores oculares, calzado de seguridad e indumentaria de protección
	Al menos 10 personas capacitadas para la clasificación de residuos según su tipo

Nota: Elaboración propia a través de los procedimientos establecidos por IRAM.

La norma IRAM 29523:2018 establece y regula los materiales y métodos necesarios (recursos), tales como un espacio donde los residuos no tengan contacto directo con el suelo, balanzas de presión y obligación del uso de Elementos de Protección Personal (EPP) para las personas que realizan la clasificación manual.

Para concretar el proceso de caracterización in situ mediante la normativa, se marcaron dos etapas que permitieron ejecutar acciones antes de realizar el muestreo de los camiones recolectores. Las etapas se describen a continuación:

Etapa 1: Revisión y Consenso de actividades para la caracterización de los residuos en campo

Previo a la caracterización, el equipo de la Facultad de Ingeniería (UNaM), realizó una revisión bibliográfica a nivel provincial y nacional con el objetivo de reunir información y experiencias previas de caracterización de los residuos y definir la normativa a utilizar.

Seguidamente se realizaron reuniones entre la universidad y la municipalidad donde se acordaron los tiempos y la norma a utilizar para la caracterizar los RSU. A partir de ello se procedió a reunir las condiciones y recursos establecidos en la Tabla N° 1.

Etapa 2: Recolección de información y planificación del muestreo

En base a lo que menciona la norma IRAM 29523:2018, la población de estudio comprende todas las descargas que haga/n el/los vehículos/s recolector/es, durante la totalidad del período de muestreo el cual debe contemplar al menos 1 semana. Respecto a las muestras, describe que “los residuos descargados de los vehículos recolectores se seleccionan al azar durante cada día del período de muestreo, de acuerdo al alcance del trabajo que se quiera realizar”, por lo tanto, en el presente caso se optó por determinar los camiones recolectores más significativos (recorridos que abarcan varios barrios) y a partir de ellos tomar las muestras para determinar la composición de los residuos.

La selección de los camiones a muestrear, ha sido una labor realizada en conjunto entre pasantes de la universidad y personal de acción social y del servicio de recolección de la municipalidad, quienes facilitaron un plano catastral, los recorridos de los camiones, datos de peso de cada carga por recorrido y camión, nivel socioeconómico de la población, rango etario, densidad poblacional, concentración de comercios e instituciones educativas, ubicación de efluentes y otros criterios característicos de las zonas de la ciudad que influyen en la generación y recolección de residuos. La normativa establece que la cantidad de muestras primarias a clasificar (n) durante el período de muestreo es una magnitud que se determina en función de los componentes bajo consideración y el nivel de confianza pretendido (90 % ó 95 %). La fórmula para el cálculo de número de muestras n está dada por la Ecuación 1.

$$n = \left(\frac{t^* \cdot s}{e \cdot x} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: "t*" de Student correspondiente a nivel de confianza deseado (Tabla N° 2); s: desvío estándar estimado; e: nivel de precisión deseado expresado como fracción; x: la media.

La Tabla N° 2 presenta los valores de t* para diferente cantidad de muestras n, como así también para una muestra infinita con los porcentajes de confianza.

Tabla 2

Valores estadísticos de t* (intervalos de confianza)

Cantidad de muestras (n)	90%	95%
2	6,314	12,706
3	2,92	4,303
4	2,353	3,182
5	2,132	2,776
6	2,015	2,571
7	1,943	2,447
8	1,895	2,365
9	1,860	2,306
...
Para un n ∞	1,645	1,96

Nota: Tabla simplificada extraída de la Norma IRAM 29523:2018

Los valores de "x" media y "s" desviación estándar, son datos establecidos por la norma y que se han obtenido de caracterizaciones experimentales concretadas (Tabla N° 3).

Tabla 3

Valores estadísticos de "x" media y "s" desviación estándar por cada residuo

Componentes	Media	Desvío estándar
Papeles y cartones	0,24104	0,04662
Diarios y revistas	0,08142	0,03029
...
Desechos alimenticios	0,33390	0,05152
Misceláneos varios	0,05870	0,02577

Nota: La tabla es parcial, ha sido extraída de Norma IRAM 29523:2018 para fines explicativos de la metodología.

Cuando se decide realizar el estudio de caracterización en un municipio que desconoce el componente principal de los residuos, la norma recomienda utilizar valores tabulados con investigaciones ya realizados que presenta en un anexo, por lo tanto, se puede indagar los

antecedentes y seleccionar aquella localidad que más se asemeja a la de la investigación para determinar el componente representativo y con ello iniciar el cálculo de muestras.

Para calcular la cantidad de muestras (n') según las condiciones seleccionadas (componente, nivel de confianza y precisión), se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Se elige el valor de t^* de la Tabla N° 1, para $n = \infty$ y para el nivel de confianza seleccionado (95 %). Puesto que el número requerido de muestras a clasificar para un único conjunto de condiciones (precisión y confianza) varía entre los diferentes componentes de residuos, se impone una solución de compromiso para la ecuación principal. Para ello se elige un componente de referencia en función de los objetivos de la investigación.

Paso 2: Una vez elegido el componente de referencia de la Tabla N° 3 (y con ello los datos de x y s) se calcula el número de muestras (n), según la Ecuación 1.

Paso 3: Obtenido el n , se procede a iterar, para ello se regresa a la Tabla N° 2 y se elige el estadístico “ t ” ($t0^*$) de Student correspondiente al $n0$. Se calcula nuevamente la cantidad de muestras (n') en base a ($t0^*$)

Paso 4: Se compara $n0$ con la nueva estimación n (n'), calculada según la componente de referencia. Si los valores n difieren en más de un 10 %, se repiten los cálculos adoptando el valor n' calculado como el nuevo valor de $n0$. Si, por el contrario, la diferencia entre los valores (n y n') se encuentra dentro del 10 % se selecciona el valor más grande como el número de muestras a clasificar y el proceso iterativo finaliza.

En caso que la cantidad de muestras calculadas (n) sea igual a N (población), se deben analizar todas las descargas del periodo seleccionado.

Resultados

Una vez que se reunieron los recursos y las condiciones (Tabla N° 1), se calculó la cantidad de muestras necesarias mediante la definición de los siguientes parámetros:

- Se seleccionaron a los residuos orgánicos, específicamente a “desechos alimenticios” como componente de referencia (Tabla N° 3)
- El nivel de confianza utilizado: 95 %
- La precisión deseada: 10 %

Por lo tanto:

- Desviación (s) = 0,05152 (Extraído de la Tabla N° 3)
- Media (x) = 0,33390 (Tabla N° 3)
- Exactitud (e) = 0,10

- t^* ($n = \infty$) = 1,96 (Tabla N° 2)

Reemplazando los datos en la Ecuación principal:

$$n = \left(\frac{1,96 * 0,05152}{0,1 * 0,33390} \right)^2 = 9,15$$

Aproximando el valor $n_0 = 9,15$ corresponde al valor por encima $n=10$, la diferencia entre n_0 y n , arroja un error muestral mayor a un 10 %, por lo tanto, se procede a iterar.

Para un valor de $n-1=9$, se busca en la Tabla N° 2 el valor de t^* :

$t^*_{95}(n-1=9) = 2,306$, entonces:

$$n(9) = \left(\frac{2,306 * 0,05152}{0,1 * 0,33390} \right)^2 = 12,66 = 13$$

La diferencia de n (12,66) y n' (13) es más del 10 %. Se vuelve a iterar para $n-1 = 12$.

$t^*_{95}(n-1=12) = 2,201$. Luego se realiza otra iteración hasta obtener que $n = 12$.

La normativa establece que el periodo mínimo para realizar el estudio es de una semana, siendo k el número de días a tener en cuenta en la determinación de los camiones necesarios a muestrear. Por lo tanto, el periodo seleccionado fue de $k= 8$ días. Con ese dato se determina la cantidad de camiones recolectores necesarios para el estudio (Ecuación 2), resultando:

$$\frac{n}{k} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ camiones necesarios} \text{ (Ecuación 2)}$$

Una vez determinada la cantidad de camiones a muestrear y los camiones más representativos para cada día (Tabla N° 4), se procedió a ejecutar la caracterización de los residuos in situ.

Tabla 4

Resultados de la selección del camión más representativo para cada día de caracterización.

Día de caracterización	Código de camión	Cantidad de barrios que atiende el recorrido
Día1	12062	9
Día2	9907	5
Día3	12062	9
Día4	v4	8
Día5	1132	8
Día6	12920	5
Día7	v3	4
Día8	11333	6

Nota: La tabla es de elaboración propia en base a datos reunidos en el trabajo de investigación

Procedimiento para determinar la composición de los residuos in situ a partir de muestras del camión recolector

En la ciudad de Oberá, se realizan tres recorridos diarios, los cuales recolectan la basura de diferentes barrios. Debido a que la cantidad de camiones necesarios para muestrear resultó de 1,5 durante el periodo analizado y al momento de tomar las muestras, se produjo una reducción de recorridos por razones técnicas ajenas al equipo de trabajo, se decidió caracterizar los residuos del camión más representativo de cada día (Tabla N°4). Para determinar el camión más representativo, el equipo de investigación realizó un trabajo de análisis jerárquico, considerando varios aspectos definidos en conjunto, con integrantes de la universidad y agentes de la municipalidad.

Previo a la descarga, se registró la información del vehículo recolector (patente, recorrido, día, horario de arribo, peso del vehículo, datos del conductor). Cada día de caracterización, el camión seleccionado depositó la carga de basura en el lugar dispuesto para el estudio, el cual estaba alejado del casco urbano. Seguidamente con la ayuda de palas manuales se procedió a mezclar el contenido de los residuos del día y se pasó a dividirlo en 4 partes, cada una de estas, a su vez en otras cuatro partes iguales, y así sucesivamente, mediante el método que se denomina “muestreo por cuarteo”, hasta obtener una muestra parcial del total, con peso aproximado de 90 - 150 kg.

Una vez obtenida la muestra con el peso requerido por la norma, se procedió a la clasificación por tipo de residuo de forma manual.

Cabe destacar que los desechos del camión recolector, se colocaron sobre un área nivelada y alejada de la zona de operaciones de rutina para realizar el vuelco de las cargas sin inconvenientes, seguida por las operaciones de clasificación manual y por último las operaciones de pesado. Entonces, al caracterizar se cumplieron las siguientes condiciones impuestas por la norma:

- La superficie donde se volcaron los residuos era de material impermeabilizado, lo que impidió el contacto con el suelo.
- Después de cada descarga, clasificación manual y pesaje, se procedió a dejar limpia y ordenada la zona de descarga, quedando así en condiciones para el día siguiente.
- No se realizaron toma de muestras los días de lluvia.

Para un buen manejo del espacio y correcta clasificación manual, se diseñó una distribución de contenedores por cada tipo de residuo en un espacio de 5 m de ancho por 7

m de largo, donde se colocó en un sitio en particular el contenedor o bolsa para el tipo de residuo. La ubicación de la Figura 2, se mantuvo cada día en el proceso de clasificación manual y en cada caso, se colocaron carteles y etiquetaron las bolsas con residuos clasificados para posterior pesaje. El primer día de trabajo de clasificación, se explicó a las personas que colaboraron en la tarea de clasificación, sobre los tipos y lugares a colocar para cada componente de residuos, según la distribución presentada en la Figura 2.

Figura 2

Disposición de contenedores en la clasificación manual de los Residuos Sólidos Urbanos



Nota: La figura es propia, con una imagen del trabajo llevado a cabo in situ.

La experiencia indica que es de suma importancia mantener la ubicación de los contenedores de los residuos, y que éstos no se modifiquen día tras día, ya que es un factor que contribuye a agilizar el proceso de clasificación (Figura 3).

Figura 3

Clasificación manual de los Residuos Sólidos Urbanos en Oberá, Misiones, Argentina.



Nota: La imagen es de fuente propia

Finalizada la clasificación manual de todos los residuos de la muestra diaria, se procedió a pesar cada bolsa que contenía material de un solo tipo (Figura 4) y a realizar el registro del peso de cada componente de RSU.

Figura 4

Pesaje manual de los residuos clasificados



. Nota: la imagen es de fuente propia.

Aquí, hay que tener en cuenta que, antes de pesar, se debe constatar que la balanza a utilizar se encuentre correctamente calibrada, para ello se tomaron los siguientes recaudos:

- Se localizó la balanza sobre el área limpia. Se ajustó el nivel de la balanza determinando el correcto funcionamiento con un patrón de referencia.
- Si se detectaba que las lecturas eran diferentes a las de calibración, se tomaban las acciones correctivas necesarias hasta lograr la calibración para pesar cada tipo de residuo.

El proceso de descarga, toma de muestra y clasificación manual se repitió durante 8 días consecutivos. En el análisis de los datos, los correspondientes al primer día de caracterización fueron descartados, debido a que presentaban discrepancia respecto a los demás. Por lo tanto, en la Tabla N° 5 se presentan datos de 7 días de caracterización.

Tabla 5

Los tipos de RSU más significativos, resultados del proceso de caracterización

	Tipo de residuo	Cantidad en (kg)	Total (en kg por día)
Día 1	Poda	37,823	125,864
	Plásticos	22,051	
	Orgánicos	17,915	
	Sanitarios	15,156	
Día 2	Orgánicos	32,105	106,732
	Poda	16,315	
	Papel y cartón	13,151	
	Plásticos	12,441	
Día 3	Orgánicos	78,791	153,970

	Papel y cartón	23,605	
	Sanitarios	16,645	
	Plásticos	13,391	
Día 4	Orgánicos	34,081	115,495
	Mezcla de residuos	17,401	
	Sanitarios	15,301	
	Plásticos	14,891	
Día 5	Orgánicos	63,051	117,361
	Sanitarios	13,061	
	Papel y cartón	8,321	
	Plásticos	7,551	
Día 6	Orgánicos	26,572	130,425
	Mezcla de residuos	25,201	
	Poda	19,201	
	Sanitarios	18,255	
Día 7	Orgánicos	23,227	110,817
	Textil	22,821	
	Papel y cartón	15,961	
	Sanitarios	11,601	
Total			860,664

Nota: La tabla es de elaboración propia con datos propios de la investigación desarrollada

Cabe destacar que en la Tabla N° 5, no se presenta datos de los 8 días, porque el primer día fue parte de un ensayo y capacitación de las personas involucradas en la clasificación manual, donde en ocasiones se encontraron materiales mezclados en las bolsas (contenedores individuales de tipo de residuo), debido a la inexperiencia del proceso. Contemplar la caracterización de ese día, podría aportar pesos no exactos por cada componente clasificado. El total de residuos clasificados manualmente durante 7 días totalizó 860,664 kg. El “día 3” se clasificó la mayor cantidad, sumando 153,972 kg; mientras que el día con menor cantidad de residuos fue el “el día 2” con 106,732 kg. La diferencia en peso, está directamente relacionada con la cantidad de orgánicos (Tabla N° 5), ya que el día 3 tenía mayor cantidad que influye en el peso dado por la humedad que poseen. Se puede observar que los residuos mayormente presentes en el camión recolector son los de tipo orgánico (restos de alimentos y otros rápidamente putrefactibles), seguido por los residuos de poda y jardinería (pasto, hojas, ramas y malezas), los residuos sanitarios (pañales, toallas y papeles higiénicos) y los residuos plásticos. En base a los datos expuestos en la Tabla N° 5, se realizó

un análisis detallado determinando las fracciones de manera porcentual por cada tipo de residuo, que se presenta en la Tabla N° 6.

Tabla 6

Composición porcentual de los residuos caracterizados durante 7 días

Tipo de residuo	Cantidad en kg	Composición individual %
Orgánico	275,78	30,94 %
Poda	111,75	15,79 %
Sanitario	96,99	10,69 %
Plástico	90,35	10,50 %
Celulósico	89,15	10,36 %
Textil	66,67	7,75 %
Mezcla de residuo	51,28	5,96 %
Vidrio	49,93	5,66 %
Restos de madera	8,71	1,01 %
Otros sin discriminar	20,10	Menor a 1%
Total	860,70	100%

Nota: La tabla es de elaboración propia para residuos discriminados, cuando el porcentaje de composición en la caracterización individual ha sido mayor al 1%.

Según los datos obtenidos en la caracterización (Tabla N° 6) se observa que casi el 50 % de los residuos presentes en el camión recolector son de tipo orgánico, de poda y celulósico y constituyen una porción alta de material compostable. Por otro lado, también es evidente que más del 35 % es material apto para reciclar (plásticos, vidrios, algunos papeles y cartones). En este contexto, cabe aclarar que dentro de los tipos de residuos que han sido clasificados según la Figura 2, existen algunos cuyo valor porcentual es menor al 1 % y constituyen una fracción menor, por lo que no se encuentran discriminados por su nombre, dado que no son significativos para el análisis frente a los demás. Sin embargo, son parte de los clasificados según la Figura 2 y por lo tanto en “otros” se incluye a las latas de aluminio, ferrosos, autopartes, telgopor, patológicos, electrónicos y peligrosos. La mezcla de residuos de la que se habla en la Tabla N° 6, es la fracción caracterizada y compuesta por más de un

material residual y que no era posible separarlos, tales como bolsas laminadas, poliestireno con alimentos, plástico con metales, plástico con vidrio.

Antecedentes de investigación y la normativa utilizada, indican que la generación de residuos en tipo y cantidad es variable según la época del año y la condición socioeconómica de la población que se estudia. Si bien, la caracterización en Oberá se realizó en un tiempo prudencial (planeado, convenido y en tiempos no festivos), los resultados presentados en este apartado responden a estación del año en particular. Por lo tanto, se sugiere caracterizar los residuos en diferentes estaciones del año, como así también en vacaciones, para determinar el comportamiento de los generadores y con ello estimar la tasa de variación y lograr una mayor aproximación, pudiendo obtener una media de la composición de los residuos generados en la ciudad en un año.

Es importante destacar que la Tabla N° 6 ha sido confeccionada para el análisis en base a lo que la localidad necesitaba conocer para seguir gestionando los residuos que se generan y la clasificación por tipos, no responde directamente a la Tabla N° 1 de la normativa IRAM base, base del estudio.

Discusión

La sinergia creada en esta oportunidad, para caracterizar los residuos de Oberá, entre la Academia (Facultad de Ingeniería de Oberá) y el Estado (Municipalidad de Oberá), facilitó la observación detallada de las características y tipos de residuos que se generan en los hogares, proporcionando una visión integral del tema. También sumó en la cooperación para trabajos a nivel provincial, tal como el informe de economía circular del ciclo 2023 (Niezwida & Santacruz, 2024).

Implicancias para la gestión de residuos sólidos urbanos y comparación con otros estudios

Los resultados obtenidos en la caracterización de residuos de la ciudad de Oberá arrojaron importantes implicancias para la planificación, optimización y sustentabilidad de la gestión local de residuos sólidos urbanos (RSU). El dato más significativo es que casi el 50 % de los residuos recolectados corresponden a residuos orgánicos y de poda, materiales que, con estrategias adecuadas, pueden ser valorizados mediante alguna práctica, que no solo reduciría la carga sobre el relleno sanitario, sino que también generaría otros beneficios.

Asimismo, el hecho de que más del 35 % de los residuos sean reciclables (papel, cartón, plásticos, vidrio y textiles) indica un importante margen para expandir programas de separación en origen y recolección diferenciada. La ciudad de Oberá ya cuenta con eco-puntos y programas de eco-canje, lo que constituye una base institucional propicia para el fortalecimiento de estas acciones. Este escenario coincide con datos según caracterización

en el municipio de Unquillo, Córdoba, que, con una población aproximada de 19.000 habitantes, presentó una composición similar: el 24 % de los residuos son reciclables comercializables, principalmente celulósicos y metálicos; el 50 % corresponde a residuos orgánicos aprovechables; y solo el 24 % requiere disposición final en relleno sanitario (Pettigiani et a., 2013). Estos datos refuerzan la hipótesis de que en municipios de tamaño pequeño a intermedio, la valorización orgánica y el reciclaje pueden convertirse en pilares centrales de una gestión sostenible.

En contraste, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), con una generación mayor, presenta una estructura de RSU más compleja, donde el 54 % corresponde a residuos domiciliarios, el 14 % a residuos de barrio y el restante 33 % a residuos voluminosos, de poda y de espacios verdes (De Luca et al., 2009). Aunque los volúmenes son mayores y requieren una logística distinta, se observa una proporción importante de fracciones potencialmente recuperables.

Los resultados revelan la importancia de sostener un enfoque territorializado, es decir, ajustado a las particularidades socioeconómicas y culturales de la población, la infraestructura disponible y la estacionalidad en la generación de residuos. Tal como sugieren estudios previos (González et al., 2015; Sambiasi et al., 2022; Hernández Rodríguez, 2024), las políticas exitosas en gestión de RSU deben partir del conocimiento técnico de lo que realmente se genera y cómo varía en el tiempo y el espacio.

Recomendaciones

El camión recolector no solo transporta residuos, sino que también refleja los hábitos y el comportamiento de la comunidad. A través de su recorrido, permite observar cómo las personas separan sus desechos, los horarios en que sacan la basura y hasta el nivel de conciencia ambiental en cada barrio. Entonces, la caracterización de residuos es una herramienta clave, tanto en ciudades grandes como en municipios más pequeños, para diseñar políticas públicas basadas en evidencia. En el caso de Oberá, los datos obtenidos permiten tomar decisiones estratégicas en torno a: la optimización de recorridos de recolección, la reasignación de recursos municipales, el diseño de estrategias de compostaje y la consolidación de circuitos de reciclaje local. Además, realizar estudios de caracterización de RSU en diferentes épocas del año pueden capturar variaciones estacionales en clima, economía y población, mejorando la planificación urbana.

La experiencia demostró que raramente los municipios de Misiones puedan caracterizar los residuos, por sí solos, ya que las municipalidades cuentan con estructuras organizacionales diferentes o bien pueden carecer de información indispensable y no contar el personal capacitado. Por ello, recabar la información necesaria inicial y reunir recursos materiales y humanos (Etapa 1) es indefectible para caracterizar municipios pequeños, donde,

en ocasiones podría realizarse a través de un procedimiento adaptado para caracterizar residuos de poblados bajo condiciones iniciales base.

CONCLUSIÓN

La exploración, el trabajo de campo y el análisis de resultados tras la caracterización in situ de residuos sólidos urbanos, llevado a cabo en la ciudad de Oberá ha revelado datos significativos sobre la composición porcentual de los distintos tipos de desechos presentes en el camión recolector. A través del análisis concretado, se determinó que el mayor porcentaje de estos residuos está compuesto por materiales orgánicos con potencial compostable. Esta información evidencia oportunidades para una gestión más sostenible.

La concertación de acciones entre la Academia y el Estado ha sido una experiencia valiosa, ya que la colaboración permitió la recolección y análisis de datos para la gestión de residuos.

El municipio de Oberá posee un gran potencial para el desarrollo local sostenible, dado que una parte de los residuos generados en la ciudad ya posee un modelo de economía circular que promueve una gestión de residuos más eficiente y sostenible alineándose con los ODS.

Como línea futura de investigación y desarrollo, se propone indagar sobre actividades de compostaje de los residuos y también determinar el poder calorífico de los residuos de la poda, barrido y jardinería, ya que estos representan un alto porcentaje en la composición de los residuos recolectados por el servicio municipal. En este sentido, la generación de energía a partir de residuos podría ofrecer una alternativa energética viable y sostenible, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS

- Ambaye, T. G., Djellabi, R., Vaccari, M., Prasad, P., Aminabhavi, T. M., & Rtimi, S. (2023). Emerging technologies and sustainable strategies for municipal solid waste valorization: Challenges of circular economy implementation. *Journal of Cleaner Production*, 423, 138708. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138708>
- Alvarez, P. (2024, mayo, 17). "Programa de compostaje comunitario en el instituto misionero de biodiversidad". [Reunión de zoom en marco al día del reciclaje]. Ciclo de capacitaciones en economía circular para municipalidades. Jornada 3. Posadas, Misiones, Argentina.
- Argentina.gob.ar. Página oficial. "Estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos". Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/12/anexo_16._guia_de_estudio_de_caracterizacion_residuos_municipal.pdf (20.07.2024)

Binte Razzak, N. R., Syeda, H. I., Milne, N. A., & Moon, E. M. (2024). Turning municipal food organic waste into activated carbon: A step towards circular economy. *Thermal Science and Engineering Progress*. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.103073>

Bercheñi, V.; González Gervasoni, M. J. (2018). Rentabilidad privada de la gestión de residuos sólidos urbanos. Ciudad de Corrientes, Argentina (2010-2020). *Revista De La Facultad De Ciencias Económicas*, 21(2), 65–77. <https://doi.org/10.30972/rfce.0213728>

Chicaiza-Ortiz, C., Peñafiel-Arcos, P., Herrera-Feijoo, R. J., Ma, W., Logroño, W., Tian, H., & Yuan, W. (2024). Waste-to-Energy technologies for municipal solid waste management: Bibliometric review, life cycle assessment, and energy potential case study. *Journal of Cleaner Production*, 480, 143993. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143993>

De Luca, M. S., Giorgi, N. F., & Guaresti, M. E. (2009). Evaluación y análisis del desvío informal de material recuperado desarrollado por los “recuperadores urbanos” en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Revista AIDIS De ingeniería Y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo Y práctica*, 1(4). Recuperado a partir de <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/14461>

Duble, M. (2024, mayo, 17). “Reciclaje Chiply”. [Reunión de zoom en marco al día del reciclaje]. Ciclo de capacitaciones en economía circular para municipalidades. Jornada 3. Posadas, Misiones, Argentina.

Duble, M y Caceres M. (2024, junio 06). “Chiply”. [Conferencia en marco al día mundial del medio ambiente]. Facultad de Ingeniería de Oberá, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

ENGIRSU (2005). “Estrategia Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos”. República Argentina, Ministerio de salud y ambiente, Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable, septiembre de 2005. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/engirsu_-2005.pdf Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/estrategia-nacional> (10.07.2024)

Filimonova, N., & Birchall, S. J. (2024). Sustainable municipal solid waste management: A comparative analysis of enablers and barriers to advance governance in the Arctic. *Journal of Environmental Management*, 371, 123111. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123111>

Gobierno de Oberá (2024). Oberá Sustentable. Recuperado de: <https://obera.gob.ar/se-presentaron-los-resultados-del-estudio-realizado-de-la-gestion-de-residuos-solidos-urbanos-de-obera/> (11.07.2024)

Giorgi, F., Giorgi, A., Guaresti, M., Nielsen, O., Rueda Serrano, C. (2015). Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires. IIS/FIUBA CEAMSE.

González, L., Naquin, P., Méhu, J. (2015). Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales de la ciudad de Córdoba. Córdoba. PROVADEMSE-INSAVALOR.

Hernández Rodríguez, C. P. (2024). Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. Recuperado de: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5149> (10.07.2024)

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). Norma IRAM 29523: 2018. "Residuos sólidos urbanos. Determinación de la composición a partir de vehículo recolector". Segunda edición. Acceso mediante: <https://iramcoleccion.org.ar/> (11.07.2024)

INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo 2022. República Argentina. Recuperado de <https://censo.gob.ar/> (11.05.2024)

IPEC. Instituto provincial de estadísticas y censos. Informe de julio del 2024. Recuperado de: <https://www.ipec.misiones.gov.ar/wp-content/uploads/2024/07/IPEC-Misiones-Poblacion-y-Viviendas-por-municipio-CNPHyV-2022.pdf> (24.07.2024)

Isondú (s.f.). Página oficial de Isondú yerba mate. "Once upon a time, in a warm and green land". Recuperado de: isondu.com.ar (acceso: 11.07.2024)

Jansat, M. (2024). "Gestión de residuos: Método focal, Open LCA y herramientas de ingeniería". [Trabajo de práctica final supervisada, Universidad Nacional de Misiones]. Biblioteca Regional Oberá. Oberá, Misiones, Argentina.

Kaczynski, F. (2024). "Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Simulación y conclusión a partir del sistema actual y un escenario posible. [Trabajo de práctica final supervisada, Universidad Nacional de Misiones]. Biblioteca Regional Oberá. Oberá, Misiones, Argentina.

Ley Nacional 25916/2004. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25916-98327>.

Llamas, S., Mercante, I., Trillini, A., Alejandrino, C., Araya de Cara, C., León, L., Rojo, J., Guevara, B., & Pulido, I. (2012). Diseño de protocolos para la caracterización de residuos sólidos. Parte II. XXXIII Jornadas de Investigación de la UNCUYO. Abril de 2013.

Liendo, I. T. (2018). Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos en la provincia de Jujuy. San Salvador de Jujuy.

Lopez-Yamunaqué, A., & Iannacone, J. A. (2023). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en América Latina. *Paideia XXI*, 11(2), 453–474. <https://doi.org/10.31381/paideia.v11i2.4087>

Marmolejo, L.; Klinger, F.; Madera P. C., Olaya O. j., Marcos B. C y Ordóñez A.J. (2006). Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, DAPM y la Universidad del Valle. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000200010 (24.07.2024)

Marmolejo, R. L. F. (2010). Cuantificación y caracterización local: una herramienta básica para la gestión integral de los residuos sólidos residenciales. *Ingeniería e Investigación*, 30(2), 96-104. Bogotá, D. Ingeniería e Investigación. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/siduncu/96338?page=5> (24.07.2024)

Mapa de Oberá (2024). Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ober>.

Meridiano 55. Eco canje: Si traés 10 frascos, te llevás uno de dulce. 24 de abril de 2024. Recuperado de: <https://www.meridiano55.com/eco-canje-si-traes-10-frascos-te-llevas-uno-de-dulce/> (27.06.2024)

Misiones. Oberá: el punto limpio ya se encuentra en funcionamiento. 7 de febrero de 2024.

Recuperado de: <https://comunicacion.misiones.gob.ar/obera-el-punto-limpio-ya-se-encuentra-en-funcionamiento> (20.06.2024)

Niezwida, S.R; Santacruz F.A. Primer informe de economía circular de Misiones. Disponible en: <https://cambioclimatico.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2024/09/Misiones-Informe-Economia-Circular-2024.pdf> (20.03.2025)

Noticias del 6 (10 de mayo de 2024). Desarrollo inmobiliario: "Oberá está en la transición de ser una ciudad grande, cabecera de la zona Centro". Recuperado de: <https://noticiasdel6.com/desarrollo-inmobiliario-obera-esta-en-la-transicion-de-ser-una-ciudad-grande-cabecera-de-la-zona-centro-dice-intendente/> (20.06.2024)

Norma ASTM D-5231-92. (2016). Método de prueba estándar para la determinación de la composición de residuos sólidos municipales sin procesar. <https://www.astm.org/>

Oberá Sustentable (2024). Recuperado de: <https://obera.gob.ar/se-presentaron-los-resultados-del-estudio-realizado-de-la-gestion-de-residuos-solidos-urbanos-de-obera/> (20.06.2024)

Pettigiani, E., Muzlera, A., & Antonini, S. (2013). Caracterización de residuos sólidos urbanos domiciliarios en Unquillo, Córdoba. III Jornadas Nacionales GIRSU, 5-17. Disponible en:

Sakurai, K. (2000). HDT 17: Método sencillo del análisis de residuos sólidos. En: hojas de divulgación técnica CEPIS. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html> (20.06.2024)

Sambiasi, C. G., Barrera, A. E., Pascual, & Sambiasi, M. A. (2022). Urban Solid Waste Characterization of the Misiones Metropolitan Area. Revista de Ciencia y Tecnología, (38), 41-50. <https://dx.doi.org/10.36995/j.recyt.2022.38.005> (20.07.2024)

Sartori, F. (octubre de 2023). Acción social departamento de la municipalidad de Oberá (MO): Aspectos sociales de la población de Oberá. Entrevista personal.

Stoffel, M. R. (2024). "Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Aplicación de ASTM y herramientas de ingeniería". [Trabajo de práctica final supervisada, Universidad Nacional de Misiones]. Biblioteca Regional Oberá. Oberá, Misiones, Argentina.

Subsecretaría de economía circular de Misiones (2024). Página oficial. Recuperado de: <https://cambioclimatico.misiones.gob.ar/economia-circular/>. (18.07.2024)

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

RESUMEN BIOGRÁFICO

Niezwida Weiss, Sonia Romina

Ingeniera Industrial (2018). Doctoranda en Ingeniería Industrial. Becaria CONICET (2024-2026). Docente e investigadora de la UNaM. Desarrolla investigaciones relacionadas

con desarrollo sostenible, gestión de los residuos y modelos de gestión para el apoyo a la toma de decisiones.

Michalus Juscyczyn Juan Carlos

Doctor en Ciencias Técnicas (2011), Especialidad: Ingeniería Industrial (Universidad Central de las Villas, Cuba). Docente-Investigador Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Argentina UNaM. Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Industrial. Desarrolla investigaciones en las áreas de Desarrollo local, Modelos de gestión, Sistemodinámica y Apoyo a la toma de decisiones.

Gavazzo Kampmann Graciela Beatriz

Doctora en Ingeniería Papelera (2003). Docente e investigadora del Instituto de Materiales de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Misiones, Argentina. Profesora de la UNaM, dicta asignaturas y cursos sobre tecnología de papel y cartón, reciclado, gestión de calidad y gestión de residuos urbanos. Desarrolla investigaciones sobre reciclado de productos fibrosos, fabricación de papel y pulpa moldeada y residuos sólidos.