

Estudio sobre la generación de residuos per cápita en la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina

María Fernanda Kaczynski, ^{a*}, Mariana Gisel Jansat ^a, Sonia Romina Niezwida ^a, Sonia Ester Yasinski ^a, Mario Alcides Kozlowski ^b, Juan Carlos Michalus^a

^a Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina.

^b Coordinación de obras y servicios públicos, Municipalidad de Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: kaczynskifernanda@gmail.com, mariana.jansat@gmail.com, sonia.niezwida@fio.unam.edu.ar,
sonia.yasinski@fio.unam.edu.ar, marioalcidesk@gmail.com michalus@fio.unam.edu.ar

Resumen

La generación per cápita de residuos se refiere a la cantidad de desechos que produce cada habitante en un periodo de tiempo determinado, y es un indicador fundamental para evaluar el impacto ambiental de una comunidad. Este estudio aborda la generación per cápita de residuos sólidos en un municipio específico, empleando enfoques tanto cuantitativos como cualitativos. A través del análisis cuantitativo, se recopilieron datos sobre la cantidad de residuos generados y la población atendida, lo que permitió estimar la producción de residuos por habitante. Paralelamente, se realizó una evaluación cualitativa más detallada, considerando el recorrido del camión recolector, la población cubierta y los residuos generados en diferentes zonas del municipio, aproximando así una generación cualitativa. Los resultados revelan patrones significativos en la generación de residuos, diferenciando entre barrios y subrayando la importancia de estrategias de gestión adaptadas a las características socioeconómicas y culturales de la población. Este estudio proporciona información valiosa para el desarrollo de políticas de gestión de residuos más efectivas y sostenibles.

Palabras Clave – Gestión integral de residuos, Residuos, Oberá, Barrios.

1 Introducción

La gestión de residuos sólidos urbanos es un desafío importante para las ciudades en crecimiento (Tchobanoglous, 2002, ENGIRSU, 2005; Alagoz y Kocasoy, 2008; Abarca Guerrero *et al.*, 2015)

Actualmente, en la ciudad de Oberá, ubicada en la zona centro de la provincia de Misiones, Argentina, se brinda especial importancia al tema de Gestión integral de residuos (GIRSU), por ser una ciudad en pleno crecimiento e interesada en mejorar y promover la sostenibilidad de sus pobladores.

Los datos oficiales de generación de residuos en la provincia de Misiones datan del año 2010, donde se indica que los municipios de Oberá, Iguazú y Eldorado se generan aproximadamente 0,62 y en el municipio Capital 0,716 kg por habitante, por día (Argentina.gob, s.f).

En este estudio se analiza la generación de residuos por persona por día (GPC) en distintos barrios de la ciudad de Oberá, mediante un muestreo y análisis sistemático, realizado para cada recorrido del camión recolector. Los datos obtenidos proporcionaron una visión detallada de la cantidad de residuos por cada recorrido y GPC por barrio, lo que permitió identificar patrones de comportamiento según las condiciones específicas de cada área.

Los resultados de la caracterización de generación por barrio, han sido fundamentales para rediseñar políticas públicas y estrategias de GIRSU más eficaces que tienen que ver exclusivamente con los recorridos de vehículos recolectores. En este artículo se presentan los métodos utilizados, los

hallazgos principales y las implicancias tras determinar la generación de residuos per-cápita de cada barrio del municipio de Oberá, Misiones, Argentina.

2 Metodología

Para desarrollar la investigación se han llevado adelante las siguientes etapas principales:

Etapas 1: Recolección de información

Es fundamental para garantizar la precisión y relevancia de los datos obtenidos. A continuación, se detallan los pasos seguidos durante esta etapa:

- ***Identificación de Zonas de Estudio y de recorridos de los vehículos recolectores***: mediante un mapa de Oberá, se delimitaron los distintos barrios y los recorridos de los camiones recolectores codificados mediante la letra C que indica “camión” y el número correspondiente. Para conocer los aspectos de cada barrio, en la recolección de información también se tuvo en cuenta las características socioeconómicas, densidad poblacional estimada y tipos de actividad predominante bajo supuestos de la municipalidad de dicha localidad.

A modo de ejemplo, se muestra en la Fig. 1 el recorrido del camión C12062 en el turno noche:



Fig. 1. Recorrido del camión recolector C12062.

En la Fig.2 se muestra el recorrido del camión interno en el turno mañana, tarde y noche 12062:



Fig. 2. Recorrido del camión recolector C12062, turno mañana, tarde y noche.

□ **Medición de Residuos:** Se realizaron mediciones directas de la cantidad de residuos generados para todos los recorridos, durante 6 días consecutivos, considerando que las rutas abarcan diversos barrios, y la población atendida. Los datos se han reunido en Tabla 1, donde se observa en detalle el código de camión, turno, fecha y la cantidad recolectada.

Etapas 2: Análisis de la información reunida

Tras reunir los datos en un único documento que contempló información sobre: código del camión recolector, barrios a los que atiende, kg por recorrido, densidad poblacional de cada barrio entre otros. En esta etapa se llevaron los datos brutos a información útil, para ello se incluyó un conjunto de cálculos que ayudaron a determinar la generación per cápita por barrio, para ello se utilizaron las fórmulas que se presentan a continuación.

La densidad poblacional se calculó usando (1):

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Cantidad de habitantes}}{\text{Superficie}} \quad (1)$$

Tabla 1. Medición de Pesaje. Elaboración propia.

Fecha de Pesaje	Recorrido- N° de Interno	Turno	Carga total transportada [kg]	Fecha de Pesaje	Recorrido- N° de Interno	Turno	Carga total transportada [kg]
Martes 31/10/2023	V1	Mañana	32260	Lunes 6/11/2023	11333	Mañana	92960
	9907				9907		
	12620				V3		
	12920				V4		
	V3				V1		
	11485				12620		
	11333				9906		
	V4				V2		
	9907	12062			Tarde		
	11332	11485					
	V1	Noche			12620	Tarde	
	12920				V2		
	Jueves 2/11/2023	V1			Mañana	13500	
9907		9907					
12620		12620					
12920		12920					
V3		V3					
11485		11485					
11333		11333					
9906		11333					
9907		V4	Tarde				
12620		11485					
11332		Noche	11485	Tarde			
V1			12620				
12920		12920	Noche				
Viernes 3/11/2023	11333	Mañana		33500	Miércoles 8/7/2023	11485	Mañana
	9907		11485				
	V3		12620				
	V4		11331				
	V1		V1			Noche	
	12620		12920				
	9906		11333			Mañana	
	V2		9907				
	12062	V1-V2-V4					
	11485	12620					
12620	9906	Tarde					
	12062						

Se estimó la población de Oberá a partir de los datos del censo realizado en el año 2022 (IPEC, s.f) obteniendo una densidad poblacional de $670 \text{ hab}/\text{km}^2$

Luego, se determinó el “peso de residuo determinado por barrio” que se refiere al porcentaje de residuos generada en cada barrio por recorrido del vehículo recolector. Aquí se tuvo en cuenta que, en un recorrido, se recolectan residuos de varios barrios, por lo tanto, la aproximación, se obtuvo a partir de un porcentaje en base a cada barrio según su superficie en km^2 con respecto al recorrido en su totalidad, este porcentaje se multiplicó por los kg de residuos correspondientes al recorrido, teniendo como resultado un peso determinado por barrio (2).

$$\text{Peso determinado por barrio} = \frac{\text{Superficie del barrio}}{\text{Superficie del recorrido}} * \text{Peso por recorrido} \quad (2)$$

En base a la clasificación de barrios proporcionada por la municipalidad y en función de su densidad poblacional, se asignó un factor correspondiente a la densidad poblacional en cada caso. Este factor indica si la densidad poblacional disminuye o supera la media, dependiendo del barrio en cuestión (BAJA-MEDIA-ALTA). Luego, para obtener la “Población total del barrio” se calculó usando (3):

$$\text{Población por Barrio} = \text{Porción del Barrio} * \text{Densidad Poblacional por Barrio} \quad (3)$$

Por último, se calculó la GPC de cada barrio usando (4):

$$\text{GPC por Barrio} = \frac{\text{Peso determinado por Barrio}}{\text{Población por Barrio}} \quad (4)$$

Para ilustrar cómo se efectuaron los cálculos, se presenta la siguiente Tabla (2), que resume los mismos, realizados para cada recorrido del vehículo recolector.

Para poder analizar los datos, se realizó una depuración mediante herramientas estadísticas. Entonces, se procedió a calcular el promedio de GPC (Media) mediante (5):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (5)$$

Se calculó la mediana, usando (6):

$$Me = \frac{X_n + 1}{2} \quad (6)$$

También se calculó el valor de la Moda, que es el valor que más se repite en los datos y la desviación estándar se calcula mediante (7):

$$s = \sqrt{\frac{\sum(Xi - x)^2}{n - 1}} \quad (7)$$

En base a una distribución normal y con el valor de los estadísticos, se depuraron los datos para un porcentaje de confianza del 95 %, para ello, se procedió a eliminar datos atípicos y de esta manera obtener el % de confianza deseado.

Tabla 2. Cálculo de GPC por Barrio Elaboración propia.

Camión	Recorrido	Barrios de Oberá	Porción del Barrio [km2]	Superficie del recorrido [km2]	Superficie del Barrio [km2]	Densidad Poblacional [hab/km2]	Clasificación de Barrios según densidad poblacional	Densidad poblacional por Barrio [hab/km2]	Población por Barrio [hab]	Peso por Recorrido [kg]	Peso determinado por barrio [kg]	Días de la semana	Generación de Residuos per capita (Por Barrio)
12062	Lunes, Miércoles y Viernes (Mañana)	Yerbal Viejo	0,04	3,44	0,01	671	ALTA	1341,9	51,1	3880,0	43,0	7,0	0,12
		Barrio Docente	0,16		0,05		ALTA	1341,9	208,0		174,8		0,12
		Villa Gunter	0,05		0,02		ALTA	1341,9	70,5		59,2		0,12
		Judiciales	0,10		0,03		IGUAL	671,0	67,8		113,9		0,24
		Villa Barreyro 2	0,75		0,22		IGUAL	671,0	503,9		846,7		0,25
		Oberá VI	0,06		0,02		IGUAL	671,0	41,3		69,5		0,24
		Oberá VII	0,07		0,02		IGUAL	671,0	47,7		80,2		0,24
		Oberá V	0,03		0,01		IGUAL	671,0	22,1		37,2		0,24
		V. de Guadalupe	0,17		0,05		ALTA	1341,9	232,2		195,1		0,12
		Punta Alta	0,57		0,17		MEDIA	1006,5	574,4		643,5		0,16
		Villa Londin	0,10		0,03		BAJA	335,5	33,3		112,0		0,48
		Villa Lindstron	0,28		0,08		IGUAL	671,0	188,8		317,2		0,24
		Hedvig Andersson	0,02		0,00		IGUAL	671,0	11,2		18,8		0,24
		Odd Bothner	0,04		0,01		IGUAL	671,0	28,7		48,3		0,24
		Otto Erik Sand	0,03		0,01		ALTA	1341,9	40,4		33,9		0,12
		Loma Pora	0,23		0,07		ALTA	1341,9	310,8		261,1		0,12
		Villa Cristen	0,55		0,16		ALTA	1341,9	742,8		624,1		0,12
Villa Shustter	0,18	0,05	BAJA	335,5	60,0	201,7	0,48						

3. Resultados y discusión

3.1 Generación de residuos per cápita método cuantitativo

En base a los datos proporcionados por el municipio en el año 2023 la cantidad promedio de residuo generado en un mes fue de 1.100.000 kg, y considerando los 75.000 habitantes atendidos (INDEC, 2022) y considerando una eficiencia del servicio del 90% (tasa de recolección de 0.9), la generación de residuos por habitante por día ha sido de aproximadamente:

$$GPC = \frac{\text{Promedio de residuos transportados}}{\text{Población atendida} * \text{Días de recolección en el mes}} \quad (5)$$

Tras lo expuesto, la GPC en base a un cálculo de aproximación cuantitativa es de 0,66 kg/hab por día. Cabe aclarar que las estimaciones de toneladas generadas y utilizadas para el cálculo, es un promedio,

determinado a partir de los datos estimados durante el año 2023 por el municipio de Oberá, que abarca diferentes estaciones del año (Informe del Gobierno de Oberá, s.f).

3.2 Generación per cápita cualitativa

Según la información suministrada por el municipio descripta en Tabla 1 y cada recorrido de vehículos recolectores del mapa urbano Fig.1 se estimaron los kg de residuos generados por habitante por barrio, considerando que un recorrido abarca varios barrios y de ellos solo un porcentaje, por lo que se estimó un porcentaje de la población atendida en cada recorrido.

Tras calcular la GPC para cada barrio, se reunió la información y se calcularon algunos estadísticos, entre ellos: media, moda, mediana y desviación estándar. Cuyos resultados se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3. Estadísticos resultantes del cálculo Elaboración propia.

Estadísticos calculados	
Media	0,60
Mediana	0,38
Moda	0,24
Desviación estándar	0,61

Se considero una distribución normal con un 95 % de confianza en los datos recolectados, asimismo no se consideraron los posibles datos atípicos.

Por lo tanto, se decidió inferir y eliminar el 5% de los datos atípicos, distribuidos equitativamente entre los extremos superior e inferior de la distribución, con un 2.5% en cada cola de la campana gaussiana.

Se considero que el municipio analizado, posee 58 barrios, el 5% de datos equivale a la GPC de 3 barrios. Tomando en cuenta esta cantidad, se evaluaron los datos de GPC por cada barrio y se eliminaron un total de 2 por arriba, porque son valores grandes y 1 por debajo para lograr exactitud. En este tipo de casos es común depurar datos y mejorar la calidad de la información, eliminando valores extremos que pueden distorsionar los análisis estadísticos, con lo que se reduce el impacto de datos que pueden llevar a conclusiones incorrectas.

Los resultados de GPC obtenidos preliminares se detallan a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4: GPC por Barrio de Oberá. Elaboración propia

Barrios de Oberá		Generación de Residuos per cápita [kg/hab]	Barrios de Oberá		Generación de Residuos per cápita [kg/hab]
1	Villa KindGreen	0,60	30	Barrio Ecológico	0,82
2	Villa Stemberg	0,39	31	Yerbal Viejo	0,12
3	Villa Svea 2	0,28	32	Barrio Docente	0,12
4	Villa Svea 1	0,29	33	Judiciales	0,24
5	Villa Rufft	0,31	34	Oberá VI	0,24
6	Villa Cristen	0,31	35	Oberá VII	0,24
7	Villa Cristen 2	0,41	36	Oberá V	0,24
8	Loma Pora	0,36	37	Villa Lindstron	0,24
9	Sixten Vick	0,40	38	Hedvig Andersson	0,24
10	Villa Falk	1,02	39	Odd Bothner	0,24
11	Virgen de Guadalupe	0,11	40	Otto Erik Sand	0,12
12	Punta Alta	0,29	41	Villa Shustter	0,48
13	Villa Londin	0,41	42	Caballeriza	0,22
14	Villa Erasmie	0,89	43	Oberá V	0,52
15	100 hectáreas	0,45	44	Barrio Ex 30 Viviendas	0,52
16	Villa Barreyro 2	0,32	45	Esperanza	1,01
17	Las Lomas	0,43	46	Pueblo Salto	0,35
18	Villa del Parque	1,52	47	Copisa	0,21
19	Microcentro	0,62	48	San José	0,10
20	Hultgren	0,82	49	San Miguel	0,10
21	Oberá III	0,75	50	Villa Blanquita	0,21
22	Las Lomas	0,38	51	Molinas	1,01
23	Villa Mosquere	0,24	52	Villa Shustter	1,07
24	Primeros colonos	0,30	53	Jardín Botánico	1,07
25	Villa Industrial	0,61	54	Villa Marttos	0,00
26	Villa Lorr	0,15	55	Tres Esquinas	0,38
27	Sto Cabral	0,82	56	Villa Lutz	0,37
28	Las Palmas	0,20	57	KM 0	1,23
29	El progreso	0,82	58	Villa Kleiven	0,31

Luego de la depuración de los datos, se procedió a calcular los estadísticos de la muestra, resumidos en la Tabla 5:

Tabla 5. Estadísticos resultantes del cálculo. Elaboración propia

Estadísticos calculados	
Media	0,51
Mediana	0,37
Moda	0,24
Desviación estándar	0,41

Con base en el análisis de la información reunida en la Tabla 4, se identificaron los barrios que generan más residuos en la ciudad de Oberá (Fig.3).

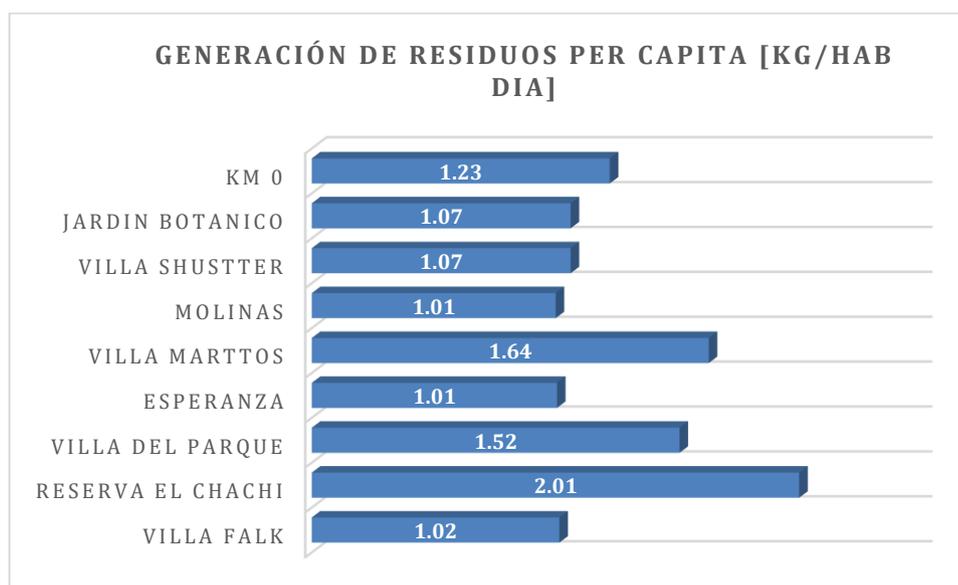


Fig.3.Barrios mayormente generadores de residuos. Elaboración propia

En un planeamiento de nuevos recorridos, los barrios que generan mayor cantidad de residuos, según la figura anterior se deberá considerar contar con mayor frecuencia de recolección (corto plazo), además de planeamientos estratégicos tales como eco-puntos para fomentar la economía circular (mediano plazo) .

La generación de residuos per cápita de la ciudad de Oberá es de 0,51 kg/hab si se toma en cuenta el significativo análisis cualitativo realizado. Este dato puede ser útil para la toma de decisiones en políticas públicas relacionadas con la gestión de residuos, tales como la implementación de programas de reciclaje, compostaje o reducción de residuos por zonas o barrios con valores por arriba del promedio.

En base a los resultados, es importante destacar que quizás la baja generación de residuos per cápita calculada en barrios como "San José" y "San Miguel", que son barrios con gran densidad poblacional; sea consecuencia de la dificultad de acceso de los camiones recolectores a ciertas áreas, es decir, el valor de GPC cualitativo no se debe a la escasez de residuos, sino que a las restricciones de acceso de los camiones recolectores, debido a la infraestructura vial limitada, el crecimiento no planificado de la población y los asentamientos de la zona.

La gestión de residuos, como uno de los temas en auge es una problemática que implica cambio en los comportamientos sociales y estaduales. Tras el análisis de GPC realizado, se afirma que a mayor clase social se tiene más consumo y por lo tanto más residuos. Este resultado se desprende a partir de la información suministrada por el área de “acción social” de la municipalidad y los datos cualitativos del estudio. En la Fig.4 se pueden observar los barrios que son mayormente generadores de residuos.

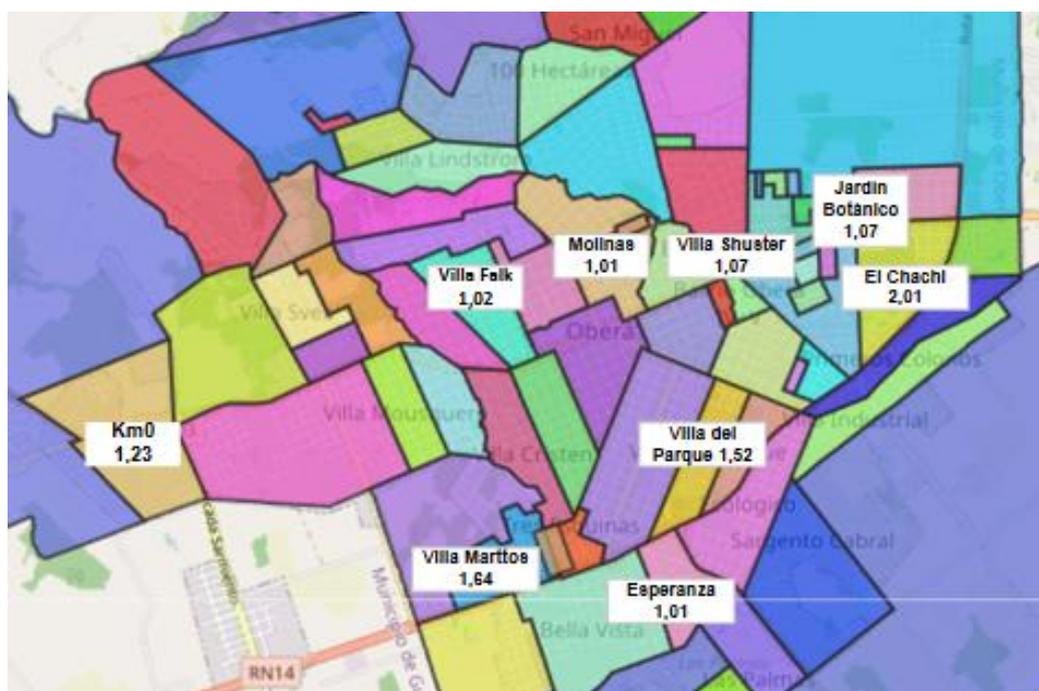


Fig.4. Barrios con mayor GPC

Es importante reconocer que, a pesar de los esfuerzos por asegurar la precisión y representatividad de los datos, existen inherentemente ciertas limitaciones asociadas con este tipo de estudio. Las mediciones de residuos están sujetos a variaciones debido a factores como la estacionalidad, eventos especiales, y diferencias en los hábitos individuales y familiares. Por lo tanto, los datos presentados forman parte de un primer estudio del tema en dicha localidad y son aproximaciones (Kaczynski, 2024; Jansat, 2024).

En base a los datos obtenidos en el estudio descrito (GPC 2023: 0,51) y en comparación al informe del año 2010 (GPC: 0,62), aunque en Oberá la población ha crecido, se denota una disminución de la generación de los residuos. Ello puede ser consecuencia de que desde hace unos años existen empresas que compran materiales residuales en Oberá y por ello, un alto porcentaje de la basura generada ya no termina en el camión recolector (Chiply, s.f), sin embargo, es residuo que la sociedad genera. Sin duda hay varios actores y factores implicados en la GIRSU de una localidad (Abarca-Guerrero, 2015).

Los análisis descriptivos y comparativos realizados proporcionaron información relevante para el diseño de políticas públicas y estrategias de gestión de residuos más efectivas especialmente para los recorridos de camiones recolectores de Oberá (Oberá Sustentable, s.f)

4. Conclusión

El estudio proporcionó una caracterización detallada de la generación de residuos per cápita en los barrios de Oberá, utilizando un enfoque metodológico riguroso que incluyó la recolección, registro y análisis de datos. Los resultados revelan una considerable variabilidad en la generación de residuos entre los distintos barrios, con un promedio general de 0,51 kg por habitante por día. Barrios como "Reserva El chachi" y "Villa Marttos" se destacan por tener las tasas más altas, con 2,01 kg/hab/día y 1,64 kg/hab/día respectivamente, mientras que barrios como 'San José' y 'San Miguel' presentan valores significativamente menores, alrededor de 0.10 kg/hab/día.

Estos datos son cruciales para optimizar las políticas públicas, permitiendo ajustar la frecuencia de recolección y desarrollar estrategias de gestión de residuos adaptadas a las necesidades específicas de cada barrio. Sin embargo, es importante señalar que el estudio no está basado en promedios históricos, lo que puede llevar a discrepancias si se considera la generación per cápita en diferentes estaciones del año.

Adicionalmente, se concluye que, si este estudio se replica en localidades con barrios de alta densidad poblacional y bajos valores de generación per cápita, los resultados podrían reflejar limitaciones en el acceso a la recolección de residuos. Como línea futura de investigación, se propone incluir datos sobre la cantidad de materiales residuales recolectados por las empresas que compran residuos en Oberá, lo cual permitirá una caracterización más precisa y una mejor comprensión de las dinámicas de generación de residuos en la ciudad.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de la Municipalidad de Oberá, Misiones, que nos proporcionó la información esencial para llevar a cabo este estudio. Agradecemos profundamente su colaboración y compromiso.

6. Referencias

Abarca-Guerrero, L., Maas, G., & Hogland, W. (2015). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(2), 141-168.

Alagoz, A. Z. & Kocasoy, G. (2008). Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in Istanbul. *Journal of Waste Management*, 28, 1461-1471.

Argentina.gob. Página oficial. Datos oficiales de un informe del año 2010. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/provincia_de_misiones.pdf (27.07.2024)

Chiplly reciclajes. Página oficial. Disponible en: <https://chiptyreciclaje.com/> (20.07.2024)

Estrategia Nacional para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos: ENGIRSU (2005). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/control/estrategia-nacional> (27.07.2024)

Gobierno de Oberá. Informe de la SECRETARIA DE FINANZAS Y DESARROLLO ECONOMICO DIRECCION DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS: Análisis de Costos y variables de Transporte RSU.

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.

INDEC. Instituto Nacional de estadísticas y censos. Recuperado de: <https://obera.gob.ar/categoria/vinculacion-y-desarrollo-economico/obera-sustentable/> (19.07.2024)

Instituto Provincial de Estadísticas y Censos: IPEC. Página oficial disponible en: <https://www.ipec.misiones.gov.ar/> (27.07.2024)

Oberá Sustentable. Sitio oficial. Disponible en: <https://obera.gob.ar/categoria/vinculacion-y-desarrollo-economico/obera-sustentable/> (20.07.2024)

Plan GIRSU Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/erradicacion-de-basurales> (15.07.2024)

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