

Propuesta de Lineamientos para Planes Gestores de Residuos Sólidos Domiciliarios en Micro-regiones

Niezwida Sonia Romina ^{a*}, Michalus, Juan Carlos^a; Gavazzo, Graciela Beatriz^b, Juliana Tófano de Campos Leite^c, Chiara Macarena Villalba Auras^a

^a *Integrantes del Proyecto de investigación acreditado 16/I1486-PI, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

^b *Instituto de Materiales de Misiones, Facultad de Ciencias exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones, Felix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.*

^c *Profesora titular en Universidad Federal del ABC (UFABC), Santo André, San Paulo, Brasil.*

[e-mails: sonia.niezwida@fio.unam.edu.ar](mailto:sonia.niezwida@fio.unam.edu.ar), michalus@fio.unam.edu.ar, graciela@fceqyn.unam.edu.ar, juliana.toneli.ufabc@gmail.com, chiaravillalba777@gmail.com

Resumen

Este artículo aborda la problemática de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) en micro-regiones, con el objetivo de establecer lineamientos para la formulación de planes gestores, en base a las capacidades territoriales y el enfoque de economía circular (EC). La metodología utilizada en la investigación es la técnica de triangulación entre datos primarios —obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas, encuestas y workshops desarrollados entre 2023 y 2025— y fuentes secundarias provenientes de literatura científica especializada. Los resultados evidenciaron que la interacción entre los actores de la Cuádruple Hélice constituye un factor determinante para el diseño e implementación de estrategias sostenibles en la gestión de RSD. A partir del análisis de la información recolectada, se propusieron ejes estratégicos estructurados según las etapas del ciclo de gestión de los RSD (generación, recolección, tratamiento y disposición final) los cuales conforman lineamientos para planes gestores aplicables a un espacio territorial determinado.

Palabras Clave – Cuádruple hélice, Economía Circular, Gestión, Planes, Residuos Sólidos Domiciliarios.

1. Introducción

La urgencia global de la gestión de residuos y la transición hacia la Economía Circular (EC) se posicionan como paradigmas fundamentales para la sostenibilidad contemporánea.

La problemática de los residuos es un tema que se aborda en varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a alcanzar en 2030 y será uno de los temas de análisis en la trigésima Conferencia para el Cambio Climático (*Conference of the Parties*) COP 30 a realizarse en noviembre próximo en Belém, Pará, Brasil [1]. Sin duda, los residuos sólidos domiciliarios son un problema que trasciende las regiones, las cuales pueden estar constituidas por grandes y pequeños poblados [2].

Hoy en día, asociado a la gestión de residuos y las prácticas sostenibles se ha consolidado el enfoque en la economía circular (EC) atribuido en sus orígenes a Pearce y Turner (1989) [3]. Esta perspectiva contrapone la idea de economía lineal a la de economía circular y de sistema (flujo de materiales) cerrado, alegando que la economía y el ambiente deberían encontrar un equilibrio para coexistir armónicamente [4].

Según la Fundación Ellen MacArthur, la economía circular es definida como "un modelo económico regenerativo desde su diseño y se basa en tres principios, todos impulsados por el diseño: eliminar la producción de residuos y la contaminación, hacer circular los productos y materiales en su valor más alto y regenerar la naturaleza". La economía circular (EC) promueve la optimización y el aprovechamiento de los residuos como recursos, mediante la reutilización de productos en bucles biológicos y técnicos [5]. En este contexto, cobra especial relevancia un tipo particular de cadena de valor: aquellas compuestas por los actores de la cadena de suministro de los RSD siendo la innovación surgida a partir de sus interacciones, una forma colaborativa orientada a la sostenibilidad de las regiones.

La Cuádruple Hélice está conformada por el Estado (integrado por municipalidades, secretarías, subsecretarías, ministerios y otros agentes gubernamentales); la Academia (representada por escuelas, universidades, institutos, parques científicos y entes de educación públicos y privados); las Empresas (quienes fabrican y satisfacen el mercado de productos y servicios); y las Organizaciones Locales (grupos comunitarios que impulsan el desarrollo sostenible, tales como asociaciones civiles y eclesiásticas, gremios, comisiones barriales, cooperativas, recuperadores urbanos informales, entre otros). Estos, son los actores claves para el desarrollo local sostenible [6,7].

El presente trabajo propone lineamientos formulados en base a la importancia de la cooperación de agentes, en especial de los que conforman la Cuádruple Hélice (Estado, Academia, Organizaciones Locales y Empresas) para concretar planes para gestionar los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD).

2. Metodología

La investigación adoptó un enfoque cualitativo de tipo exploratorio, sustentado en la técnica de triangulación de información. La recolección de datos primarios se llevó a cabo entre enero de 2023 y junio de 2025, bajo la modalidad de investigación participante, centrada en la problemática de los RSD y la toma de decisiones. Para ello, se emplearon herramientas de recolección de datos tales como entrevistas semiestructuradas, encuestas, conferencias y talleres participativos (workshops). Los participantes fueron actores clave vinculados a la gestión de residuos en municipios de diversas micro-regiones, incluyendo intendentes y sus equipos técnicos, operarios municipales, conductores de vehículos recolectores, académicos, empresarios, gestores locales, representantes de empresas recicladoras, vecinos, estudiantes y docentes de nivel medio y superior. Esta información analizada ha sido clasificada y tabulada según su fuente y fecha de obtención.

Para el análisis de la información primaria obtenida, se utilizó la técnica de triangulación de información [8]. Este enfoque metodológico permitió contrastar los datos primarios recolectados (tabulado) con la literatura académica relevante sobre el modelo de la Cuádruple Hélice y la Economía Circular. Se identificaron los aspectos más relevantes de la problemática, lo que permitió explorar soluciones potenciales, sentando las bases para proponer lineamientos que faciliten la gestión de RSD en micro-regiones.

3. Resultados

3.1 Recolección de Información

Los resultados presentados en este apartado derivan de la recopilación de información primaria obtenida a través de encuestas, entrevistas, workshops y conferencias, los cuales se detallan en la Tabla 1, que permitieron identificar las posibilidades para la gestión de residuos sólidos domiciliarios en micro-regiones mediante la interacción con personas que trabajan activamente y conocen la problemática en los municipios.

Tabla 1- Información primaria reunida como investigador participante en la temática de gestión de los RSD

Año 2023	Año 2024	Año 2025
Entrevistas a un intendente municipal y colaboradores de un municipio de menos de 10.000 habitantes en Misiones, Argentina.	Encuestas a 19 personas calificadas como expertos ¹ en la temática referida a gestión de residuos: académicos, empresarios, gestores locales de Misiones, Argentina.	Seminario con académicos de la UFABC en San Paulo, Brasil, donde se ha presentado el instrumental metodológico basado en la cuádruple hélice,
5 Workshops grupo de trabajadores y gestores municipales en una ciudad de menos de 100.000 habitantes en Misiones, Argentina.	3 Conferencias con empresas recicladoras, vecinos, estudiantes, docentes y agentes del estado sobre la gestión de los residuos en Misiones, Argentina	Conferencias de la <i>International Solid Waste Association</i> (ISWA) en la <i>International Trade Fair for Water, Sewage, Waste and Raw Materials Management</i> (IFAT) 2025, San Paulo, Brasil [9].
3 Entrevistas a conductores de vehículos recolectores de municipios de Misiones, Argentina	2 Workshops con agentes del estado de Misiones, Argentina.	1 Workshop con directivos de instituciones educativas en la UFABC, San Paulo, Brasil.

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información recabada (Tabla 1), se determinó que en las regiones tanto de Misiones, Argentina como en San Paulo, Brasil, el tema de los residuos es una problemática que debe ser abordada de manera casuística, ya que las soluciones difieren en función de los recursos e

¹ Se denomina experto a una persona competente en la temática por su trayectoria y formación. Para la investigación se encuestó a un conjunto de personas expertas en RSD, conforme a la Ley de Protección de los Datos Personales (Ley N° 25.326) de Argentina.

infraestructura, la conciencia ambiental, la población a atender y la capacidad de gestión tanto de las personas como de las organizaciones público-privadas.

Los eventos realizados en Misiones, Argentina en el año 2023 evidenciaron la problemática de los RSD y la necesidad de gestionarlos desde cada municipalidad, preferentemente mediante un área particular con objetivos, estrategias y alternativas claras [10].

Durante el año 2024 se concretaron eventos y se realizó trabajo de campo, ambos mostraron datos importantes sobre caracterización de los residuos y capacidades municipales, como así también la necesidad de plantear acciones por cada etapa (generación, recolección y aplicación de prácticas de economía circular para re-aprovechamiento y disposición final segura) [11,12]. Además, la posibilidad de interactuar con agentes de otras regiones en 2025, demostraron que las prácticas circulares son aisladas, que cada caso es diferente, y que el tema de los RSD en las micro-regiones necesita una "Modernización del modelo" [9].

3.2 Triangulación de información

Según la literatura, la Economía Circular (EC) se define como un modelo económico que busca optimizar el uso de los recursos, proteger el medio ambiente y generar beneficios socioeconómicos. Esto se logra mediante la minimización de residuos, la retención de valor a largo plazo, la reducción del consumo de recursos primarios y el establecimiento de ciclos cerrados para productos, piezas y materiales [13]. Además, la EC se enfoca en la optimización y el aprovechamiento de los residuos como recursos, al utilizar productos en bucles biológicos y técnicos [14]. A pesar de que países como los de la Unión Europea y China han implementado la economía circular a nivel micro, meso y macro, persisten problemáticas significativas. Por esta razón, la gestión de residuos es un tema de la COP 30. A su vez, cuando se habla de EC se debe mencionar a las cadenas de suministro (CS) que constituyen los residuos sólidos y los modelos eficientes utilizados en varios países del mundo. En Japón, la tasa de reciclaje es de aproximadamente 84 % donde utilizan una metodología de clasificación de residuos muy rigurosa, y han desarrollado tecnologías avanzadas para el reciclaje y tratamiento de residuos [15,16,17]. En contraste, las CS en municipios periféricos de Misiones, Argentina en general son débiles por falta de capacidad y recursos con ausencia de convenios entre municipios para tal fin.

En Misiones, Argentina se realizó el informe de economía circular a nivel provincia para el periodo 2023 donde se evidenció que la tasa de reciclaje se encuentra por debajo del 10 % [12]. Sin embargo,

desde el año 2022 el Estado impulsa el establecimiento de eco-puntos y puntos limpios como soluciones prometedoras para el desarrollo sostenible, sin duda, son políticas que tendrán resultados a largo plazo porque forman parte de la EC.

De acuerdo con la IFAT (2025) [9] y las conferencias impulsadas por ISWA, la responsabilidad sobre la gestión de residuos recae, ahora y en el futuro, en los gobiernos municipales. Ante este escenario, surge una interrogante clave: ¿cuál es el punto de partida para una gestión eficaz y sostenible desde el municipio? En este sentido, ABREMA (*Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente*) identificó la necesidad de modernizar el modelo tradicional y presentó indicios de avances en la limpieza urbana para municipios de San Paulo, Brasil. Según manifestaron, al tratarse de lugares densamente poblados de San Paulo, como lo son Guarulhos, Campinas, Santo André, San Bernardo Campo y debido a la cantidad de residuos generada por Persona por día (Generación Per Cápita: GPC) la solución rápida es transformarlos en combustible para generación de energía.

En la feria IFAT se han observado conferencias de algunas empresas y agentes que gestionan residuos domiciliarios desde municipios como la organización alemana "*Recycling and Waste Management Export Initiative: German RETech Partnership* (RETECH) que expusieron actividades de economía circular y gestión de residuos en camino a la COP 30". Además, se presentaron experiencias de tercerización integral de la gestión de residuos en municipios de Brasil, donde se emplean tecnologías avanzadas para transformar los residuos en energía térmica y posteriormente en electricidad. En estos casos, cada habitante abona una tasa mensual, que varía entre 30 y 40 reales brasileños y una empresa privada se encarga de todo el proceso de gestión. Entre los municipios que implementan este modelo en 2025 se encuentra Joinville, Balneario Camboriú, São Francisco do Sul, Rio do Sul, São José, Itapema e Itajaí.

En grandes poblados de San Paulo, Brasil, más de una empresa genera energía eléctrica con los RSD, después de realizar procesos de triturado y secado (IFAT, 2025). Sin embargo, estas son iniciativas parciales, fragmentadas y poco viables desde el punto de vista económico para los pequeños municipios periféricos de Misiones, Argentina.

Originalmente, el modelo propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff en la llamada "Triple Hélice" [18], plantea que existe una relación virtuosa, capaz de generar e impulsar la innovación mediante la vinculación de tres actores: Universidades, Empresas y Estado. Asimismo, el modelo se ha ido estudiando y perfeccionando [6,19] surgiendo la Cuádruple Hélice, que a su vez deriva en nuevas propuestas de "N-tuples" hélices donde se abren a esquemas más complejos y ecosistemas de

innovación relacionados con los emergentes problemas. No obstante, según el modelo, se agregan otras hélices que dependen directamente del estado de madurez que adquiera el grupo de trabajo [20,21].

En Chile, la gestión municipal del servicio de recolección de residuos domiciliarios presentaba diversas dificultades, principalmente por la falta de planificación, recursos financieros limitados y la escasez de personal capacitado en la materia [22]. Recientemente evidenció que posee estrategias nacionales para minimizar los residuos a depositar en los rellenos sanitarios. La generación estimada es de 58 % orgánicos, por lo tanto, es el residuo prioritario atendido mediante "programas piloto" en municipios a través de un aplicativo denominado "Junker" expuesto en la IFAT-2025 [9] que arrojó resultados prometedores en pequeños poblados chilenos.

Alemania es un país reconocido por tener una de las CS de residuos sólidos más avanzadas del mundo, su gestión comenzó en 1970 con actividades enmarcadas en la EC, responsabilidad extendida del productor y un arancel por cantidad de residuos a depositar. Además, cuenta con un sistema de clasificación y recolección de residuos muy eficiente, y tienen una tasa de reciclaje del 68 % [23] a partir de implementar políticas y regulaciones muy estrictas para reducir la generación de residuos. A su vez, se concretan diversos planes sobre la importancia de la conciencia ambiental de los pobladores [24] y manifiestan que aún hay cuestiones a mejorar. Por otra parte, Italia declaró que utiliza la clasificación y recolección diferenciada a nivel municipal y un marco legal con metas y consorcios municipales obligatorios [9].

Un dato clave derivado de la información recolectada es que, en municipios de Argentina, Chile, Brasil, Alemania e Italia, la composición porcentual de residuos orgánicos oscila entre el 50% y el 60%. Esto los convierte en el tipo de residuos sólidos domiciliarios (RSD) más significativo en volumen. En consecuencia, el compostaje emerge como la estrategia principal para reducir la cantidad de material destinado a los rellenos sanitarios.

3.3 Lineamientos para la gestión de residuos sólidos domiciliarios

El análisis realizado considera necesario que, a nivel de micro-región, los planes de gestión se formulen en función de las capacidades locales y las ventajas de cada territorio. A continuación, se proponen líneas de acción generales que podrán ser adaptadas según las condiciones específicas de cada contexto. Los siguientes lineamientos, apoyados en la investigación de Fratta [25,26] y la información recabada por los autores, proveen una base para la definición de los objetivos generales

de planes gestores. Estos ejes de acción se organizan de acuerdo con las etapas clave del ciclo de vida de la gestión de RSD.

Eje1. Generación y Composición

Este eje se enfoca en las etapas iniciales de la cadena de valor, desde la producción de residuos hasta la clasificación en origen. Se debe realizar una exhaustiva revisión de la legislación vigente (nacional, provincial y municipal) y de las políticas públicas sobre economía circular para identificar oportunidades, barreras y definir el marco de acción. Esto incluye la evaluación de ordenanzas existentes y la propuesta de nuevas regulaciones que promuevan la responsabilidad extendida del productor y el consumo sostenible en el espacio territorial determinado.

Para municipios grandes: Implementar campañas de comunicación multicanal (medios digitales, radio, televisión, vía pública) segmentadas por grupos demográficos para maximizar el alcance y la efectividad. Se recomienda la evaluación del retorno de la inversión (ROI) en educación para asegurar la asignación eficiente de recursos.

Para municipios pequeños: Fomentar la educación ambiental a través de la participación comunitaria, utilizando organizaciones locales, escuelas y centros comunitarios como nodos de difusión. La cercanía y la confianza social son activos clave en esta escala.

Enfoque en:

- Circularidad en el Consumo: promover el consumo de productos durables, reciclables, reutilizables y/o compostables mediante campañas informativas y alianzas con comercios locales.
- Responsabilidad del Gran Generador: Establecer un marco regulatorio y arancel obligatorio para los grandes generadores de residuos (por ej., comercios o industrias que produzcan más de 15 kg/día).

Eje2. Recolección y Clasificación

Este eje aborda la logística y la infraestructura necesarias para la recolección diferenciada y el acondicionamiento de los residuos. Instalación de ecopuntos y puntos limpios.

Para municipios grandes: Se requiere la modelización y optimización de rutas de recolección utilizando tecnologías geoespaciales (GIS) para reducir recorridos, consumo de combustible y emisiones. La planeación debe incluir horarios, responsables y la asignación eficiente de recursos.

Para municipios pequeños: El modelo puede ser más flexible, combinando la recolección puerta a puerta en áreas densas con puntos de entrega centralizados o programas de recolección móvil en áreas rurales.

Enfoque en:

- Inclusión Socio-Laboral de Recuperadores Urbanos: Formalizar el rol de los recuperadores urbanos es esencial. Se propone un modelo de subsidio que combine un arancel fijo (para garantizar ingresos

básicos) y un componente variable por tonelada recolectada, incentivando la productividad y mejorando sus condiciones laborales y de seguridad.

-Puntos limpios y ecopuntos: Para residuos voluminosos (poda, eléctricos, electrodomésticos) y materiales de alto valor (plásticos, latas, textiles, etc.). La determinación de la cantidad y localización de estos puntos debe basarse en criterios como la densidad de población y los volúmenes de residuos generados.

-Compostaje Comunitario: Implementar huertas para reunir y compostar residuos orgánicos, especialmente viable en barrios y municipios pequeños.

-Incentivos Económicos y Sanciones: Implementar un esquema de incentivos monetarios (p. ej., descuentos en tasas municipales) para ciudadanos que separen sus residuos y los lleven a ecopuntos. Paralelamente, aplicar un sistema de multas para quienes no cumplan con la separación en origen.

Eje3. Tratamiento y Valorización

Este eje se centra en la transformación de los residuos en nuevos recursos o energía.

-Activación de Flujos de Economía Circular: La implementación de prácticas adecuadas, según el caso, es fundamental para activar la cadena de valor de los residuos sólidos domiciliarios.

-Fomento de la Valorización Material: Incentivar el uso de residuos reciclados en la industria de la construcción, mediante la creación de mercados para reciclados plásticos y otros.

-Valorización Energética: Evaluar la pertinencia de utilizar residuos no reciclables como combustible para la generación de energía eléctrica. Esta decisión debe basarse en un análisis de Ciclo de Vida (ACV) riguroso de la tecnología, determinando su balance socioeconómico y ambiental. La viabilidad técnica y económica dependerá de la escala (cantidad de municipios, residuos generados y poder calorífico).

Eje 4. Cooperación Intermunicipal y Disposición Final

Este eje propone soluciones a nivel regional para optimizar el cierre del ciclo de vida de los RSD.

-Modelo de Consorcios Intermunicipales/convenios/contratos asociativos: Para municipios pequeños y medianos, la conformación de consorcios ó convenios es una estrategia clave, permite la gestión conjunta del tratamiento y la disposición final, logrando economías de escala y utilizando la inversión en infraestructura existente, que un municipio de manera individual no podría costear (p. ej., plantas de tratamiento o rellenos sanitarios gestionados de manera compartida).

- Optimización Logística: Minimizar los recorridos de los vehículos de recolección hasta las estaciones de transferencia o los sitios de disposición final para reducir costos y la huella de carbono.

- Aumento de la Tasa de Reciclaje: Establecer metas cuantificables para el aumento de la tasa de reciclaje como métrica de éxito del programa.
- Modelos de Negocio: Desarrollar modelos de negocio que transformen los residuos reciclables en un producto económico valioso, reduciendo así la cantidad de "basura".
- Esquema de Pago por Generación: Analizar la implementación de un sistema de pago por parte del vecino, basado en el peso o volumen del residuo recolectado por mes (pago por kilogramo), para incentivar directamente la reducción en origen y la separación.

3.4 Propuesta de interacción

La vinculación y el trabajo de los agentes de la Cuádruple Hélice es fundamental para lograr planes de gestión vinculados a los ejes anteriormente mencionados. La interacción de actores clave para el proceso a través de la investigación, el desarrollo y la innovación (i+d+I) puede llevarse a cabo a través de convenios y/o contratos asociativos consensuados, promovidos e integrados.

Las aplicaciones de prácticas sustentables (descritas en cada eje) dependerán de cada micro-región y podrán llevarse adelante a través de mesas de trabajo participativas, una vez conformado los Grupos de Trabajo (GT) en cada micro-región, que permitirán formular planes consensuados y realizables en función de los recursos disponibles y de un adecuado plan de comunicación (Tabla 2).

Tabla 2- Plan de comunicación básico para interactuar entre actores hacia la gestión de los RSD

Objetivo	Quién	Canal de comunicación	Frecuencia	Responsable/s
Garantizar la comunicación interna del GT	Miembros del Grupo de trabajo (Cuádruple Hélice)	Grupo de WhatsApp, correo electrónico, mesas o reuniones presenciales y virtuales	Semanal	Integrantes del GT
Informar avances y decisiones del GT	Actores clave (Estado, Empresas, ONG, Academia)	Informes internos, actas de reunión compartidas en Drive	Trimestral	Responsable del GT
Difundir información sobre la gestión de residuos a la comunidad	Ciudadanos y organizaciones locales	Redes sociales, sitio web municipal, boletines impresos y digitales	Mensual	Actores participantes de la red colaborativa
Fomentar la participación de nuevos actores	Empresas, instituciones educativas, asociaciones civiles	Convocatorias abiertas por redes sociales, página web, e-mail y prensa local	Cada 15 días	Responsable ó suplente del GT

Fuente: Elaboración propia

Si el grupo de trabajo (con agentes del Estado, Academia, Organizaciones Locales y Empresas) se constituye de manera adecuada, podrá avanzar (según el modelo de la Cuádruple Hélice), incorporando otros agentes al grupo de trabajo según plazos establecidos.

4. Conclusiones

A partir de la recolección de la información mediante charlas con actores clave y la revisión bibliográfica especializada, se evidenció que el trabajo colaborativo entre los actores de las cuatro hélices constituye la base para avanzar en la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en micro-regiones siendo necesario mantener un plan de comunicación desde el inicio.

En los municipios periféricos, donde suelen presentarse mayores limitaciones estructurales, el Estado cumple un rol central como facilitador y articulador de planes de gestión, generando las condiciones para impulsar alternativas y estrategias colaborativas con otros municipios.

La conformación de grupos de trabajo intersectoriales implica un esfuerzo significativo, ya que su funcionamiento se basa en la asociación y cooperación entre diversos actores, donde la voluntad de participación y la confianza mutua son condiciones iniciales.

Los planes de gestión deben ser contextualizados, considerando las capacidades locales, las dinámicas territoriales y las prácticas de economía circular existentes, por lo tanto, cada acción deberá ser adaptada según características de cada micro-región, lo que incluye la elección de tecnologías apropiadas según la cantidad y composición de RSD generados.

La triangulación de la información permitió otorgar validez a los hallazgos, en el marco de una investigación más amplia orientada a construir un modelo alternativo de RSD.

Como línea futura de investigación, se propone profundizar en el análisis del ciclo de vida de los materiales con el objetivo de evaluar viabilidad en la instalación de plantas de valorización energética en una región. Este análisis deberá incorporar un enfoque de balance de carbono, dado que, sin el uso de tecnologías adecuadas, estas soluciones podrían generar un impacto ambiental mayor al que buscan mitigar.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo de CAPES entidad del gobierno brasileño enfocada en la formación de recursos humanos y el CONICET (Argentina).

Referencias Bibliográficas

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), "COP 30 – 30th Conference of the Parties to the UNFCCC," Belém, Brazil, 2025. [Online]. Available: <https://unfccc.int/documents>. Accessed: Jul. 1, 2025.
- [2] S. R. Niezwida, J. C. M. Juszczynszyn, and G. B. Gavazzo, "Revisión bibliográfica sobre los residuos sólidos urbanos," **InGenio Journal**, vol. 6, no. 2, pp. 30–39, 2023.
- [3] D. Pearce and R. Turner, **Economics of Natural Resources and the Environment**. Baltimore, MD, USA: Johns Hopkins Univ. Press, 1989.
- [4] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. P. Bocken, and E. J. Hultink, "The circular economy – a new sustainability paradigm?," **J. Clean. Prod.**, vol. 143, pp. 757–768, 2017. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- [5] Ellen MacArthur Foundation, **Glosario de economía circular**, 2021. [Online]. Available: <https://emf.thirdlight.com/file/24/w2e0YaBw2YyAsdxw2JDjwygKuRN/%5BES%5D%20Circular%20Economy%20Glossary.pdf>
- [6] R. Arnkil, A. Järvensivu, P. Koski, and Y. Piirainen, **Exploring the Quadruple Helix: Report of the Quadruple Helix Research for the CLIQ Project**. Tampere, Finland: Work Research Centre, Univ. of Tampere, 2010.
- [7] J. C. Michalus, "Modelo cooperativo de integración flexible de PyMEs orientado al desarrollo local. Factibilidad de aplicación en municipios de la provincia de Misiones, Argentina," Ph.D. dissertation (predefensa), Univ. Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2011.
- [8] E. Betrián Villas, N. Galitó Gispert, N. García Merino, G. Jové Monclús, and M. Macarulla Garcia, "La triangulación múltiple como estrategia metodológica," **REICE. Rev. Iberoam. sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educ.**, vol. 11, no. 4, pp. 5–24, 2013.
- [9] IFAT Brasil, "Feira Internacional para Água, Esgoto, Drenagem e Soluções em Recuperação de Resíduos," Messe München do Brasil, São Paulo Expo, São Paulo, Brazil, Apr. 23–25, 2025. [Online]. Available: <https://ifatbrasil.com.br/>. Accessed: Jul. 1, 2025.
- [10] S. R. Niezwida, J. C. Michalus, and G. B. Gavazzo, "Alternativas para la localización de estaciones de clasificación de RSU en la Provincia de Misiones," **AACINI - Rev. Int. Ing. Ind.**, no. 1, pp. 74–84, 2023.
- [11] M. F. Kaczynski, M. G. Jansat, S. E. Yasinski, M. A. Kozlowski, J. C. Michalus, and S. R. Niezwida, "Estudio sobre la generación de residuos per cápita de la ciudad de Oberá, Misiones, Argentina," **JIDeTEV**, no. 14, 2024.
- [12] Subsecretaría de Economía Circular de Misiones and Universidad Nacional de Misiones, **Primer Informe de Economía Circular de la Provincia de Misiones, Argentina**, Posadas, Misiones, Argentina, 2024. [Online]. Available: <https://cambioclimatico.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2024/09/Misiones-Informe-Economia-Circular-2024.pdf>. Accessed: Jul. 1, 2025.

- [13] P. Morsetto, "Restorative and regenerative: Exploring the concepts in the circular economy," **J. Ind. Ecol.**, vol. 24, no. 4, pp. 763–773, 2020. doi: 10.1111/jiec.12992.
- [14] Ellen MacArthur Foundation, **Circulytics – Measuring Circularity**, 2020. [Online]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circulytics-measuring-circularity>. Accessed: Apr. 25, 2022.
- [15] J. Kirchherr, D. Reike, and M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," **Resour. Conserv. Recycl.**, 2017. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- [16] A. Segura, L. Rojas, and Y. Pulido, "Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos," **Rev. Espacios**, vol. 41, no. 17, pp. 1–9, 2020.
- [17] J. A. Cardona Giraldo, "Estudio de pre-factibilidad de una planta térmica Waste to Energy (WtE), para el aprovechamiento de residuos sólidos municipales en el Valle de Aburrá," **Trabajo de grado en Ingeniería Ambiental**, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2023.
- [18] H. Etzkowitz and L. Leydesdorff, "La dinámica de la innovación: de los sistemas nacionales y el 'Modo 2' a una triple hélice de relaciones universidad-industria-gobierno," **Research Policy**, vol. 29, no. 2, pp. 109–123, 2000.
- [19] O. Afonso, S. Monteiro, and M. Thompson, "A growth model for the quadruple helix," **J. Bus. Econ. Manag.**, vol. 13, no. 5, pp. 849–865, 2012. doi: 10.3846/16111699.2011.626438.
- [20] E. G. Carayannis and D. F. J. Campbell, "The Quadruple Helix and the Triple Helix in action: A comparative study of innovation systems in northern Virginia and Baden-Württemberg," **Technovation**, vol. 32, no. 11, pp. 593–605, Nov. 2012.
- [21] E. G. Carayannis and D. F. J. Campbell, "Towards an emerging unified theory of helix architectures (EUTOHA): Focus on the quintuple helix innovation framework as the integrative device," **Triple Helix**, vol. 9, no. 1, pp. 65–75, 2022.
- [22] O. Vásquez, "Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile," **Rev. Dinam. Sist.**, vol. 1, no. 1, pp. 27–52, 2005.
- [23] H. Carvajal Romero, M. Teijeiro Álvarez, M. T. García Álvarez, and H. Vite Cevallos, "Modelo de gestión del manejo de residuos sólidos urbanos en la provincia de El Oro, Ecuador," **Univ. Soc.**, vol. 14, no. 6, pp. 314–321, 2022.
- [24] I. R. Passos Ibiapina, D. Arruda Gomes, and Á. Lúcio Leocádio, "¿Otro 7x1? Las prácticas sociales de descartar residuos sólidos urbanos en Brasil y Alemania," **Aposta. Rev. Cienc. Soc.**, no. 92, pp. 25–43, Jan.–Mar. 2022.
- [25] K. D. D. S. A. Fratta, J. D. C. Toneli, K. B. B. Marana, and G. C. Antonio, "Revisión sistemática da situação da gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil, visando o seu aproveitamento energético," in **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, IBEAS, Fortaleza, Brazil, vol. 7, no. 11, 2019.

[26] K. Fratta Alcântara, “Análise multicritério da gestão de resíduos sólidos urbanos com enfoque nos sistemas de tratamento: um estudo de caso nos municípios do ABC Paulista,” Ph.D. dissertation, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brazil, 2022.