



Análisis financiero de modelos de negocio de gestión de residuos sólidos

Estudios de caso en Indonesia y Brasil

Junio de 2025



CLIMATE
POLICY
INITIATIVE

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue encargado por la Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA) con financiamiento del *Global Methane Hub*. Los autores desean agradecer a Tiza Mafira, Kirsty Taylor, Rindo Saio, Natalie Hoover, Juliano Assunção, Rob Kahn, Elana Fortin y Denny Kosasih por sus aportes a modo de asesoramiento, edición, diseño y revisión interna. También agradecemos a nuestros colegas investigadores: Victor Hugo Argentino de Morais Vieira y Laís Ferreira dos Santos del Instituto Pólís en Brasil, así como a David Sutasurya, Fictor Ferdinand Pawa y Natasya Hasna Afifah de Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan (YPBB) en Indonesia por su invaluable apoyo durante todo el proceso de recopilación, análisis y revisión de datos.

AUTORES

Berliana Yusuf, Ravi Bimo, Harry Gembira, Fatihatul Nurfitriani, e Ira Purnomo

CONTACTO

Berliana Yusuf

Berliana.yusuf@cpiglobal.org

SOBRE LA INICIATIVA DE POLÍTICA CLIMÁTICA (CPI, POR SU SIGLAS EN INGLÉS)

CPI es una organización de análisis y asesoramiento con una amplia experiencia en finanzas y políticas climáticas. Nuestra misión es ayudar a los gobiernos, empresas e instituciones financieras a impulsar el crecimiento económico mientras se aborda el cambio climático. CPI tiene siete oficinas en todo el mundo en Brasil, Estados Unidos, India, Indonesia, Reino Unido y Sudáfrica.

DESCRIPTORES

SECTOR

Gestión de Residuos Orgánicos, Reducción de Metano

REGIÓN

Indonesia, Brasil

PALABRAS CLAVE

Gestión comunitaria de residuos orgánicos, reducción de metano y modelos de negocio descentralizados

TRABAJOS AFINES DE CPI

[Panorama de la financiación para la reducción del metano en 2023](#)

[Waste not: Time to rapidly scale methane abatement finance in the waste sector](#)

CONTACTO PARA LOS MEDIOS

Rindo Saio

Rindo.saio@cpiglobal.org

SE RECOMIENDA CITAR ESTE DOCUMENTO COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN:

CPI. 2025. Análisis financiero de modelos de negocio de gestión de residuos sólidos: Estudios de caso en Indonesia y Brasil



LISTA DE ABREVIATURAS

CDR	Combustible derivado de residuos
GRS	Gestión de Residuos Sólidos
LCOW	Costo nivelado de la gestión de residuos
M&E	Monitoreo y Evaluación
MoEF	Ministerio de Medio Ambiente y Bosques (dividido en dos ministerios desde octubre de 2024: Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Bosques)
MPWH	Ministerio de Obras Públicas y Vivienda (dividido en dos ministerios desde octubre de 2024: Ministerio de Obras Públicas y Ministerio de Vivienda y Zonas de Asentamiento)
MSN	Mosca soldado negra
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
YPBB	Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan

RESUMEN EJECUTIVO

Las emisiones de metano provocadas por el hombre son responsables de casi el 45% del calentamiento global neto actual (IPCC, 2023), y los residuos (sólidos y aguas residuales) contribuyen alrededor del 20% (PNUMA y CCAC, 2021). **A pesar de ello, los flujos financieros para la gestión de residuos orgánicos son alarmantemente bajos y se concentran en proyectos a gran escala.** Alrededor del 94% (USD 4.080 millones) del financiamiento para la reducción de metano en el sector de residuos se destinó a incineradores de conversión de residuos en energía en 2021/22, y solo el 1% (USD 20 millones) se asignó a la gestión de residuos orgánicos (CPI, 2023).

Además, en general, el financiamiento de la gestión de residuos no ha considerado la inclusión de las comunidades locales y de los sectores informales, en especial en los mercados emergentes y las economías en desarrollo, donde estos grupos a menudo se ven afectados por proyectos de gestión de residuos y, a su vez, participan en la implementación de la acción climática. A fin de tomar medidas rápidas para la reducción del metano en el sector de los residuos, se necesita una evaluación más profunda de los flujos financieros, la viabilidad y las oportunidades que involucre a todos los grupos de interés en la gestión de residuos orgánicos.

Bajo la coordinación de la Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA), CPI llevó a cabo un **análisis financiero de diversos modelos de negocio de gestión de residuos** basado en datos proporcionados por las ONG *Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan* (YPBB) en Bandung, Indonesia, y el Instituto Pólís en Brasil. El análisis incluyó lo siguiente:

- Siete estudios de caso en Indonesia, que abarcan tres modelos de negocio implementados por el gobierno, empresas privadas y comunidades.
- Nueve casos en Brasil, que abarcan cuatro modelos de negocio implementados por el gobierno, empresas privadas, cooperativas de recicladores y los hogares a través del compostaje doméstico. Además, se examinó por separado otro caso en Brasil, dado que fue la única asociación público-privada analizada.

PRINCIPALES CONCLUSIONES

- **Las asignaciones presupuestarias públicas (municipales) para la gestión de residuos son bajas tanto en Indonesia como en Brasil, y se destinan principalmente a proyectos a gran escala.** Brasil tiene una asignación más alta (que oscila entre el 1,9% y el 5,1% de cada presupuesto municipal en todo el país) comparado con Indonesia (que oscila entre el 0,3% y el 2,4% en las cinco ciudades de la muestra).
- **Entre los tipos de operadores de gestión de residuos incluidos en la muestra, aquellos con modelos descentralizados evidencian el potencial para una mayor eficiencia en función de los costos.** Se trata de grupos comunitarios en Indonesia y cooperativas de recolectores de residuos y de compostaje doméstico en Brasil.

- **Los operadores comunitarios e informales resultan competitivos en términos de costo nivelado de gestión de residuos (LCOW, por su sigla en inglés),¹** a pesar de registrar los márgenes operativos más bajos (entre -49% y -628% para los grupos comunitarios en Indonesia, y entre el 7% y el 16% para las cooperativas de recicladores en Brasil). El LCOW de los grupos comunitarios en Indonesia se calculó en USD 28-63/tonelada, en comparación con USD 11-92/tonelada para los operadores privados, y USD 49-59/tonelada para los operadores gubernamentales. En Brasil, el LCOW relativo al compostaje doméstico fue de USD 1,69-19,12/tonelada, en tanto para las cooperativas de recicladores fue de USD 17,63-20,90/tonelada, para los operadores privados, USD 74,65-324,10/tonelada, y para las instalaciones operadas por el gobierno, USD 22,96-46,36/tonelada.
- **Los modelos descentralizados logran eficiencias de costos debido a varias ventajas en relación con los gastos de capital y los gastos operativos.** El gasto de capital en activos fijos (por ejemplo, adquisición de tierras) es el que más contribuye al valor total de los activos (representa el 89% en los casos relevantes en Indonesia, y el 58% en Brasil), lo que presenta una importante barrera potencial para el ingreso de los actores industriales, pero no tanto para los modelos descentralizados como el compostaje doméstico.
- **El gasto operativo es el principal determinante de los costos para todos los grupos en ambos países, excepto para el compostaje doméstico en Brasil.** La mano de obra representa el mayor gasto operativo (entre el 74% y el 98% en Indonesia, y entre el 48% y el 90% en Brasil), lo que demuestra que el sector de gestión de residuos requiere mucha mano de obra y puede crear empleos.
- **Los cobeneficios se presentan, en especial, en los modelos de negocio incluidos en la muestra y operados por el gobierno y por la comunidad.** Los cobeneficios incluyen la creación de empleo, el suministro de alimentos provenientes de los cultivos para los que se utilizaron subproductos de la gestión de residuos, y una mejor calidad del aire y del agua gracias a la reducción de metano y emisiones CO₂ que provienen del procesamiento y transporte de residuos. Los cobeneficios de los distintos modelos se presentan en el Apéndice (Tablas A3 y A4).
- **Los grupos comunitarios presentan estructuras de capital más complejas,** lo que incluye financiación de entidades privadas (49%) y del gobierno (48%), así como subvenciones generadas a través de la responsabilidad social empresarial y de fuentes filantrópicas (3%). Sin embargo, su financiamiento operativo proviene íntegramente de los ingresos generados por sus propias actividades. Esto puede generar tensión financiera, en especial, por el pequeño volumen de residuos que procesan y su alta dependencia de la mano de obra, que aumenta los costos operativos por tonelada. **Su dependencia de activos de vida útil más corta aumenta aún más la necesidad de que los grupos comunitarios reciban ingresos de capital recurrentes, lo que ejerce presión sobre sus mecanismos de financiación.**

A partir de los hallazgos anteriores, se recomienda lo siguiente para ayudar a ampliar la gestión de residuos sólidos orgánicos en Indonesia y Brasil:

¹ El LCOW es el costo total de inversión y operación durante la vida útil de las instalaciones (que se considera de 20 años) dividido por el volumen total de residuos tratados durante el mismo período.

1. **Diseñar un enfoque holístico para la gestión de los residuos.** La gestión de residuos no debe considerarse de forma aislada; debe vincularse con otros sectores importantes como la salud, el medio ambiente, y la mitigación del cambio climático.
2. **Involucrar a todas las partes interesadas en la gestión de residuos, incluidas las comunidades y los trabajadores informales.** Ni el sector público ni el privado pueden cubrir por sí solos todas las necesidades de gestión de residuos. Por ende, el gobierno debería liderar, coordinar e involucrar a todos los actores, incluidos los trabajadores informales y los grupos comunitarios que participan en actividades de gestión de residuos.
3. **Crear indicadores medibles y transparentes para medir y monitorear la implementación de las intervenciones de gestión de residuos.** Tanto los proyectos públicos como privados deben contar con un sistema de monitoreo y evaluación con indicadores medibles, que incluyan el cálculo de los ahorros presupuestarios derivados de las medidas de gestión de los residuos orgánicos desde sus fases iniciales, es decir, desde la etapa de extracción y producción.
4. **Crear las condiciones y la seguridad jurídica para los actores informales en el sector de gestión de residuos.** Es importante generar un contrato jurídico entre todos los operadores de la gestión de residuos, incluidos los proveedores de servicios informales, con el gobierno u otras entidades que reciben el servicio, a fin de garantizar el flujo de caja y, por lo tanto, el acceso en iguales condiciones a la financiación de proyectos a través de los bancos u otras instituciones financieras privadas.

Las recomendaciones anteriores, basadas en las lecciones aprendidas en Indonesia y Brasil, pueden servir de base para estrategias de gestión de residuos que generen beneficios para las comunidades. **Sin embargo, observamos que este estudio inicial tuvo un tamaño de muestra limitado y presentó algunas brechas de datos en relación con los costos operativos, los activos comunitarios y los ingresos.** Para futuros estudios se deberá utilizar una muestra más amplia y datos con un mayor nivel de detalle a fin de representar con mayor precisión los modelos de negocio para el tratamiento de los residuos a los que se apunta, y así producir resultados más generalizables.

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	v
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes y objetivos	1
1.2 Selección de los estudios de caso	2
1.3 Análisis de los datos	3
1.4 Brecha de datos	3
2 Estudios de caso	4
2.1 Bandung	4
2.2 Brasil	17
3 Conclusión	29
3.1 Hallazgos que surgen del análisis financiero	29
3.2 Desafíos y oportunidades financieras	32
3.3 Oportunidades futuras	33
Apéndice	37
Referencias	43

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La concentración de metano (CH_4) aumenta rápidamente en la atmósfera y, en la actualidad, es 2,5 veces mayor que en la era preindustrial (AIE, 2023). Este gas de efecto invernadero tiene un poder de calentamiento a lo largo de 20 años que es 80 veces superior al del CO_2 (Forster *et al.*, 2021). Las emisiones de metano generadas por los seres humanos son responsables de casi un 45% del calentamiento neto actual (IPCC, 2023), y el 95% de estas emisiones se derivan de tres sectores: 1) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por su siglas en inglés; 40%); 2) combustibles fósiles (incluidos el carbón, petróleo y gas natural; 35%); y 3) desechos (20%), que abarca tanto los residuos sólidos como las aguas residuales (PNUMA y CCAC, 2021).

Dado que el financiamiento para la reducción del metano tiene una de las proporciones más altas de beneficios en materia de calentamiento global por dólar invertido (CPI, 2022), un mayor financiamiento para esta área puede ayudar a mantener al mundo dentro de una trayectoria de calentamiento de 1,5 °C. Los estudios muestran que la recolección y el tratamiento de residuos separados en origen pueden reducir las emisiones de metano de los vertederos en un 62% (GAIA, 2022). Algunos métodos existentes de tratamiento de residuos orgánicos no sólo reducen el metano, sino que también proporcionan productos con valor añadido, como las larvas de la mosca soldado negra (MSN), que se utilizan como alimento en las granjas avícolas y piscícolas. Sin embargo, la financiación para proyectos de gestión de residuos orgánicos, como el vermicompostaje, todavía es bastante escasa y se centra más en proyectos a gran escala.

Alrededor del 94% (USD 4.080 millones) del financiamiento para la reducción de metano en el sector de residuos se destinó a incineradores para la conversión de residuos en energía en 2021/22, y solo el 1% (USD 20 millones) a la gestión de residuos orgánicos (CPI, 2023). La mayor parte del financiamiento para la conversión de residuos en energía provino del sector privado, y los proyectos a menudo resultaron atractivos para los inversores gracias a considerables subsidios públicos (CPI, 2022). También es importante señalar que las tecnologías de conversión térmica de residuos en energía (es decir, la incineración de residuos) emiten 1,43 toneladas de CO_2 por tonelada de plástico quemado, algo que sucede incluso después de la recuperación de energía (GAIA, 2022).



Larvas de la mosca soldado negra (MSN)



Ejemplo de compostaje en grupos comunitarios

Un aumento en la financiación para el tratamiento de residuos orgánicos podría ayudar a aprovechar su potencial para la reducción del metano. Además, la inversión en la gestión de residuos orgánicos debe considerar la inclusión de las comunidades locales y de los sectores informales, en especial en los mercados emergentes y las economías en desarrollo, donde estos grupos a menudo se ven afectados por proyectos de gestión de residuos y, a su vez, participan en la implementación de la acción climática. Es necesaria una evaluación más profunda de los flujos financieros, la viabilidad financiera y las oportunidades de financiamiento para todas las partes interesadas en la gestión de residuos a fin de adoptar medidas rápidas para reducir el metano en el sector de los desechos.

CPI ha trabajado con *Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan* (YPBB) en Indonesia² y el Instituto Pólís de Brasil,³ bajo la coordinación de GAIA, para comprender mejor estos aspectos de los modelos de negocio para el tratamiento de residuos orgánicos en Bandung, Indonesia, y en varias ciudades de Brasil. Este informe también explora estrategias para ampliar los modelos de negocio existentes a fin de permitir una financiación más equitativa, con recomendaciones basadas en el análisis financiero de estas estrategias.

1.2 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Este informe presenta estudios de caso de Bandung y Brasil, con datos recopilados por YPBB y el Instituto Pólís, respectivamente, y compartidos con CPI para su análisis financiero:

- YPBB proporcionó siete muestras de Bandung, que abarcan empresas operadas por tres tipos de actores: gobierno, empresas privadas y grupos comunitarios.
- El Instituto Pólís tomó una muestra de diez empresas operadas por cuatro tipos de actores (gobierno, sector privado, cooperativas de recolectores de residuos, y compostaje doméstico) en ocho municipios de Brasil: Araraquara, Entre Rios, Florianópolis, Lages, San Pablo, Santa Cecília do Sul, Sertãozinho, y Rio de Janeiro.

Este estudio se centra en la gestión de residuos sólidos orgánicos. Sin embargo, algunos de los modelos de negocio en la muestra (y un modelo de negocio convencional considerado para fines de comparación)⁴ gestionan residuos tanto orgánicos como inorgánicos. Nos referiremos a “gestión de residuos sólidos” y a “gestión de residuos orgánicos” para diferenciarlos, cuando ello resulte relevante.

CPI ha agrupado a las entidades de la muestra en función de sus características. Por ejemplo, debido a que todas las muestras de Bandung utilizan las mismas tecnologías de tratamiento de residuos (compostaje y MSN), estas muestras se agruparon según su tipo de operador.

² YPBB es una organización sin fines de lucro con sede en Bandung, Java Occidental, Indonesia, que promueve un estilo de vida en armonía con la naturaleza para lograr una alta calidad de vida que resulte sostenible.

³ El Instituto Pólís es una ONG con sede en Brasil que lleva a cabo acciones en el ámbito nacional e internacional para construir ciudades justas, sostenibles y democráticas a través de la investigación, el asesoramiento y la capacitación, el apoyo a políticas públicas y la promoción del desarrollo local.

⁴ El modelo de negocio convencional considerado para la comparación es Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Edukasi, una instalación que gestiona los residuos a través de diversos procesos de tratamiento y que también sirve como centro de educación pública para generar conciencia respecto de las prácticas sostenibles de gestión de residuos.

1.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

CPI realizó un análisis financiero de los casos seleccionados utilizando indicadores de desempeño, incluido el margen de ingresos operativos, el período de recuperación de la inversión y el costo nivelado de gestión de residuos (LCOW).

El LCOW es el costo total de la inversión y operación durante la vida útil de las instalaciones (que se considera de 20 años) dividido por el volumen total de residuos tratados durante el mismo periodo. La fórmula es similar a la del costo nivelado de la electricidad (LCOE, por su sigla en inglés), pero sin índice de degradación. El LCOW se utiliza para comparar diferentes modelos de negocio en el supuesto de que no haya degradación en el volumen de residuos tratados durante el año y utilizando tecnología similar.

Todas las muestras de modelos de negocio en Bandung proporcionadas a CPI utilizan tecnología similar (compostaje y MSN), lo que significa que puede haber poca variación en la tasa de degradación. Si bien en la mayoría de los casos considerados para Brasil se tratan los residuos mediante compostaje, no hay una variación significativa en el volumen tratado a lo largo del año. Sin embargo, si ocurriese lo contrario, la fórmula debe ajustarse utilizando un factor de descuento (véanse más detalles sobre el análisis de datos en la Sección 2). Además de realizar el análisis del desempeño financiero, CPI también efectuó un mapeo de los flujos de las finanzas públicas (provenientes de los presupuestos gubernamentales) en ambos países.

1.4 BRECHA DE DATOS

No todos los datos necesarios estaban disponibles para el análisis financiero. Ello incluye datos sobre los precios de los activos utilizados por los grupos comunitarios, ciertos ingresos como, por ejemplo, aquellos provenientes de las ventas de larvas de la MSN y de vegetales, y algunos costos operativos. Para aproximar el valor del equipo que los grupos comunitarios recibieron a través de subvenciones, CPI utilizó precios de mercado obtenidos de sitios web en cada una de las áreas. Para las ventas de larvas de MSN y vegetales, se obtuvo una estimación de los ingresos promedio mediante entrevistas. En algunos casos, sin embargo, las comunidades utilizaron productos resultantes de sus actividades de gestión de residuos de forma gratuita, sin registrar su distribución. Esto podría socavar la validez de los datos sobre la generación de ingresos en los diferentes modelos de negocio.

Para estudios futuros, estas brechas podrían reducirse a través de una mejora en la granularidad de los datos, en especial en términos contables/ de transacciones, y mediante un aumento en el tamaño de la muestra para representar con mayor precisión los modelos de negocio objetivo para el tratamiento de residuos, lo que daría como resultado hallazgos más generalizables.

2. ESTUDIOS DE CASO

2.1 BANDUNG

2.1.1 ANÁLISIS DE LAS FINANZAS PÚBLICAS

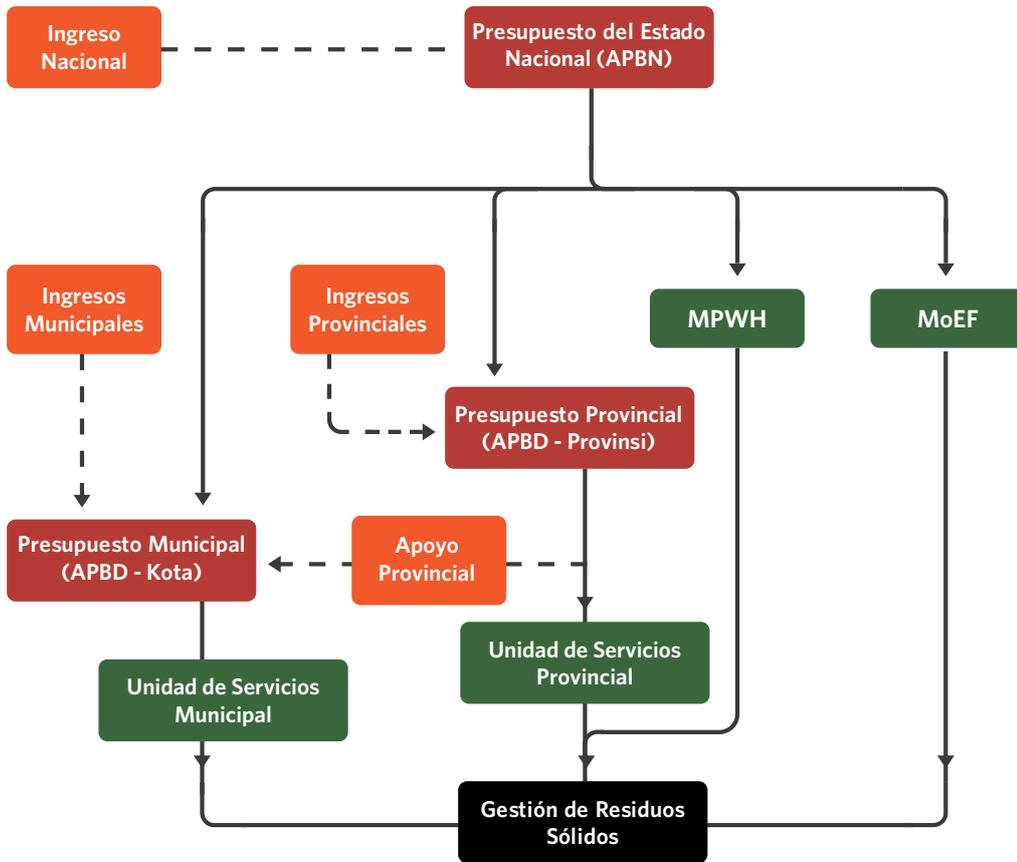
GOBERNANZA DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN INDONESIA

En Indonesia, las responsabilidades de la gestión de residuos sólidos se dividen entre los niveles nacional y regional (provincial y municipal/distrital). El Ministerio de Obras Públicas y Vivienda (MPWH) y el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques (MoEF) supervisan los programas y las actividades a nivel nacional, en tanto las responsabilidades subnacionales se comparten entre los gobiernos provinciales y municipales. Por ejemplo, la gestión de los vertederos habitualmente recae en los gobiernos provinciales, mientras que los sitios de gestión integrada de residuos municipales son gestionados por los gobiernos de las ciudades.

El enfoque de Indonesia de “el dinero sigue al programa” asigna fondos en función de las necesidades programáticas. La figura a continuación proporciona un resumen visual de los flujos de financiación para la gestión de los residuos sólidos en Indonesia.



Gestión de residuos orgánicos a pequeña escala en Bandung, Indonesia

Figura 1: Flujos de financiación pública para la gestión de residuos sólidos en Indonesia⁵

Desde octubre de 2024, bajo la nueva Administración, el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques se dividió en Ministerio de Medio Ambiente (MoE) y Ministerio de Bosques. El MPWH también se separó en dos para constituir el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Vivienda y Zonas de Asentamiento. Hasta que haya nuevas reglamentaciones sobre la gestión de residuos que reemplacen a las existentes, los flujos de financiación mencionados anteriormente siguen siendo relevantes, y la responsabilidad de gestión de residuos ahora recae en el Ministerio de Medio Ambiente.

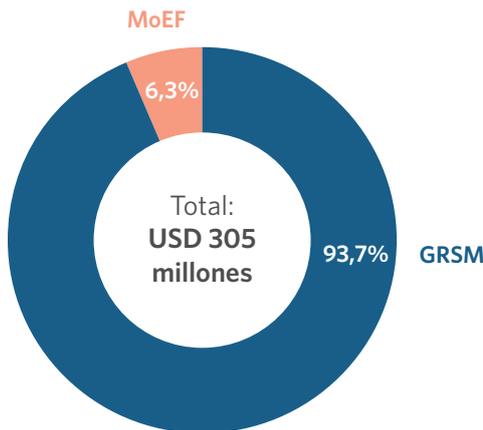
La financiación proviene del Presupuesto del Estado Nacional (APBN), que canaliza fondos públicos tanto al MPWH como al MoEF (ahora MoE) para sus respectivos programas/actividades de gestión de residuos sólidos. El APBN también canaliza fondos a los gobiernos regionales a través de sus respectivos presupuestos regionales (APBD). A nivel regional, el presupuesto provincial (APBD-Provinsi) financia unidades de servicio encargadas de administrar la gestión de los residuos sólidos a nivel provincial. De manera similar, los presupuestos municipales (APBD-Kota) financian unidades de servicios en las ciudades para supervisar la infraestructura de gestión de residuos del distrito. Además de los ingresos generados por las ciudades, por ejemplo, mediante los impuestos locales, el APBD-Kota también recibe apoyo financiero del gobierno provincial a través del Apoyo Provincial (Bantuan Provinsi).

⁵ Basado en los flujos de financiación de la anterior estructura de gobierno/gabinete y sujeto a revisión

PERFIL DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO

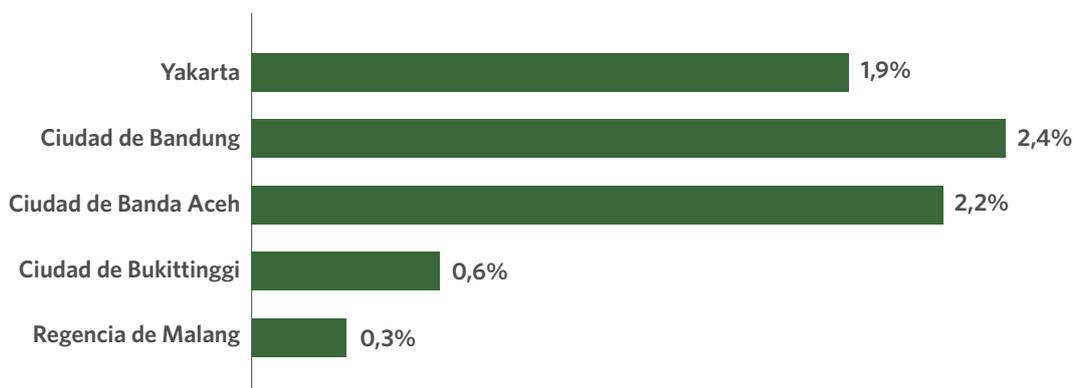
Entre 2016 y 2022, el Ministerio de Obras Públicas y Vivienda gestionó alrededor del 93% del presupuesto de 305 millones de dólares que Indonesia destina a la gestión de residuos sólidos. El Ministerio de Medio Ambiente y Bosques gestionó el resto, en su mayoría para programas no relacionados con la infraestructura.

Figura 2: Gasto del gobierno central en la Gestión de Residuos Sólidos (2016-2020)



A nivel de ciudad, el gasto del gobierno municipal en gestión de residuos sólidos varía según la ciudad y el tamaño de su población. La Figura 3 ilustra disparidades considerables en la proporción de los presupuestos dedicados a la gestión de residuos sólidos municipales (GRSM), lo que refleja distintos niveles de priorización y capacidad financiera entre ciudades en relación con dichos servicios.

Figura 3: Asignación de gastos promedio de los gobiernos regionales en la gestión de residuos sólidos municipales (2020-2022)⁶



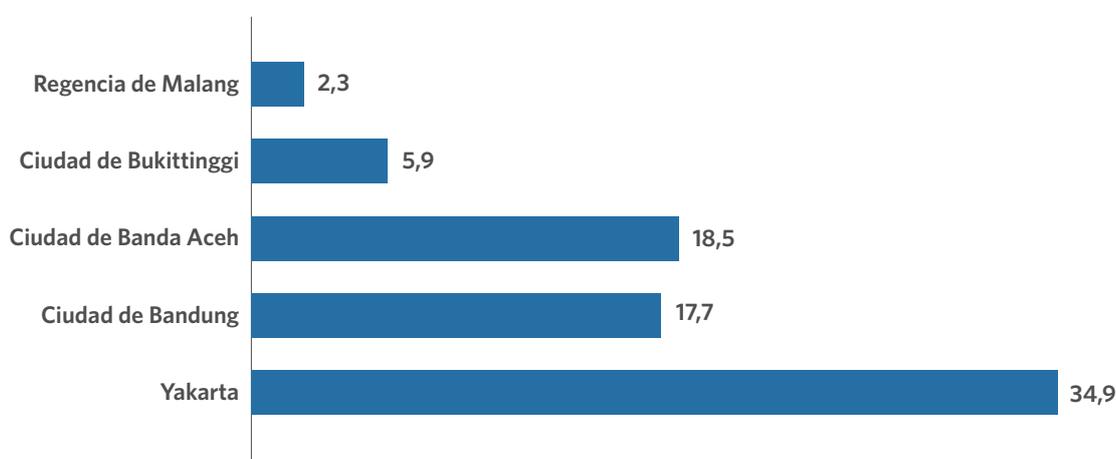
Fuente: Estudio sobre la financiación de la gestión de residuos sólidos en Indonesia (Ministerio de Dinamarca) 2020, Presupuestos regionales 2020-2022, sitio web de SIPSN (KLHK) 2024

⁶ Existe una variación en la disponibilidad de datos de acceso público sobre el gasto regional en gestión de residuos sólidos y se utilizan diferentes años fiscales. Regencia de Malang: 2015-2019, 2021-2022; Ciudad de Bukittinggi 2014-2019; Ciudad de Banda Aceh 2014-2018; Ciudad de Bandung 2020-2022; Jakarta 2019-2022.

La regencia de Malang asigna una parte muy pequeña de su presupuesto a la gestión de residuos sólidos municipales-GRSM (0,3%), seguida por la ciudad de Bukittinggi (0,6%), ambas muy por debajo del promedio nacional del 2%. Yakarta, la capital de Indonesia, destina el 1,9%. Por el contrario, la ciudad de Banda Aceh asigna el 2,2%, y la ciudad de Bandung encabeza esta lista con el 2,4% de su presupuesto asignado a GRSM.

El costo de procesar los residuos, medido en dólares por tonelada, revela variaciones entre ciudades, lo que refleja la interacción entre las asignaciones presupuestarias y la eficiencia de la gestión de residuos. Cuando se analiza en conjunto con el porcentaje de los presupuestos de las ciudades asignado a la gestión de residuos sólidos municipales, surge un patrón que vincula el compromiso de gasto con la eficiencia financiera y operativa de los sistemas de procesamiento de residuos.

Figura 4: Gasto medio de las administraciones regionales por tonelada de residuos



Al comparar el porcentaje del gasto regional asignado a la gestión de residuos sólidos municipales con el costo del procesamiento de residuos (USD por tonelada), surge una correlación general entre las dos variables. Los datos sugieren que las ciudades con mayores asignaciones presupuestarias tienden a tener costos más altos por tonelada. Esto puede ser reflejo de las demandas financieras asociadas con los sistemas GRSM más avanzados, que a menudo requieren una inversión significativa en infraestructura, tecnología y capacidad operativa.

Las ciudades con menores asignaciones presupuestarias y costos de procesamiento probablemente adopten un enfoque limitado para la gestión de residuos, concentrándose principalmente en servicios básicos de recolección, con poco o nada de procesamiento avanzado. Este enfoque puede indicar una capacidad operativa limitada o una infraestructura subdesarrollada, lo que resulta en menores costos, pero posiblemente en una menor efectividad o sostenibilidad ambiental.

Sin embargo, la relación entre estas variables no es estrictamente lineal. Por ejemplo, Yakarta incurre en el mayor costo por tonelada a pesar de asignar un porcentaje menor de su presupuesto a GRSM que Bandung. Esta discrepancia sugiere que factores más allá de la asignación presupuestaria, como la densidad urbana, los volúmenes de generación de residuos, los desafíos logísticos o las ineficiencias en la prestación de servicios, pueden influir significativamente en el costo por tonelada.

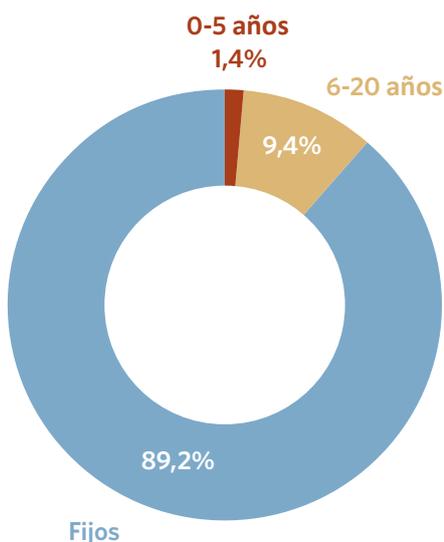
2.1.2 ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS ESTUDIOS DE CASO

ANÁLISIS DE COSTOS DE ACTIVOS Y OPERACIONES EN LA MUESTRA CONSIDERADA PARA BANDUNG

La sostenibilidad financiera y operativa de las entidades de gestión de residuos sólidos considerados en la muestra de Bandung se ve influenciada por sus estructuras de activos, volúmenes de procesamiento de residuos y composición de costos. Estos factores determinan sus gastos operativos por tonelada de residuos y resaltan disparidades clave entre entidades operadas por entes privados, gubernamentales y comunitarios.

Como aparece a continuación, la estructura de activos en las entidades de gestión de los residuos sólidos está dominada por activos fijos (89,2%), que constituyen la base para este tipo de operaciones.

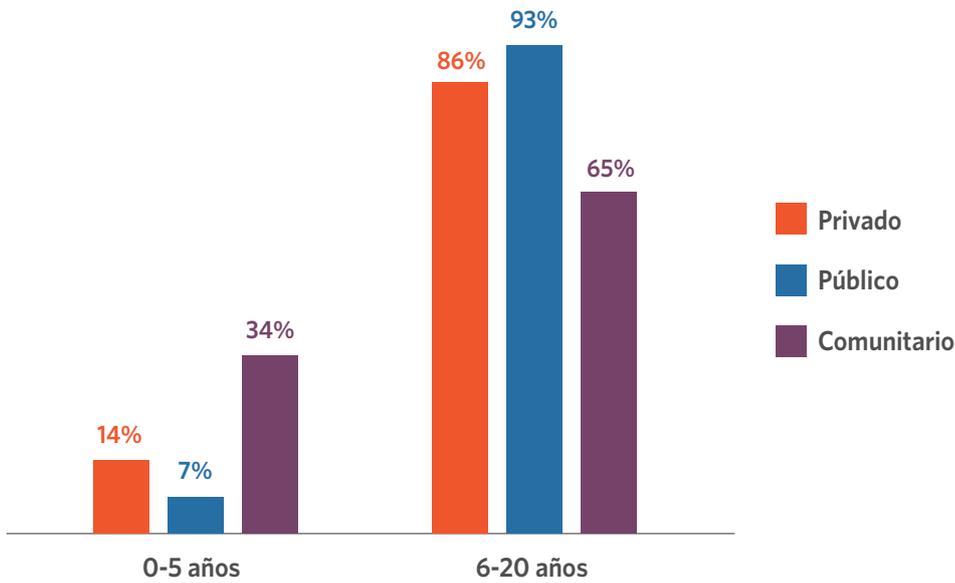
Figura 5: Participación en el valor de los activos para las actividades de gestión de residuos sólidos agrupadas por el uso a lo largo de su vida útil



Sin embargo, al excluir los activos fijos de nuestro análisis, los activos de corto plazo (0 a 5 años) representan una proporción mayor para los grupos comunitarios (34%) que para las entidades privadas (14%) y las entidades operadas por el gobierno (7%), lo que implica ciclos de reemplazo frecuentes y costos recurrentes para los grupos comunitarios, como se muestra en la Figura 6.

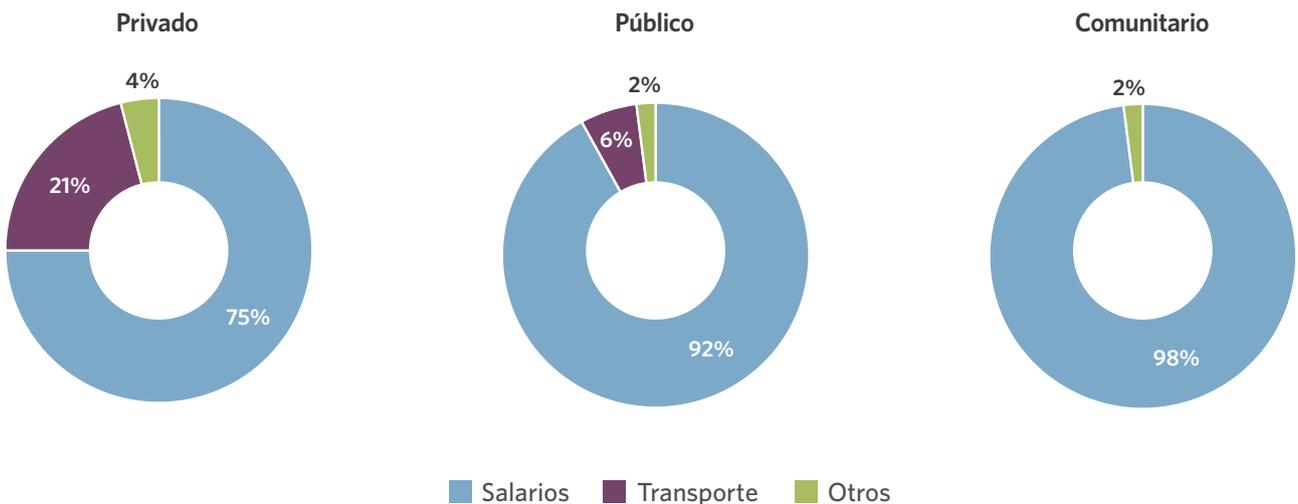
La Figura 6 también indica que las entidades operadas por el gobierno tienen la mayor porción de activos en el rango de 6 a 20 años (alrededor del 93%), seguidas por las entidades del sector privado con el 86%, y los grupos comunitarios con el 65%. Esto indica que las entidades públicas y privadas invierten más en activos a largo plazo, mientras que los grupos comunitarios utilizan los activos durante periodos más cortos, lo que probablemente conduce a reemplazos más frecuentes.

Figura 6. Porcentaje del valor de los activos según el uso a lo largo de su vida útil (excluidos los activos fijos), por tipo de entidad



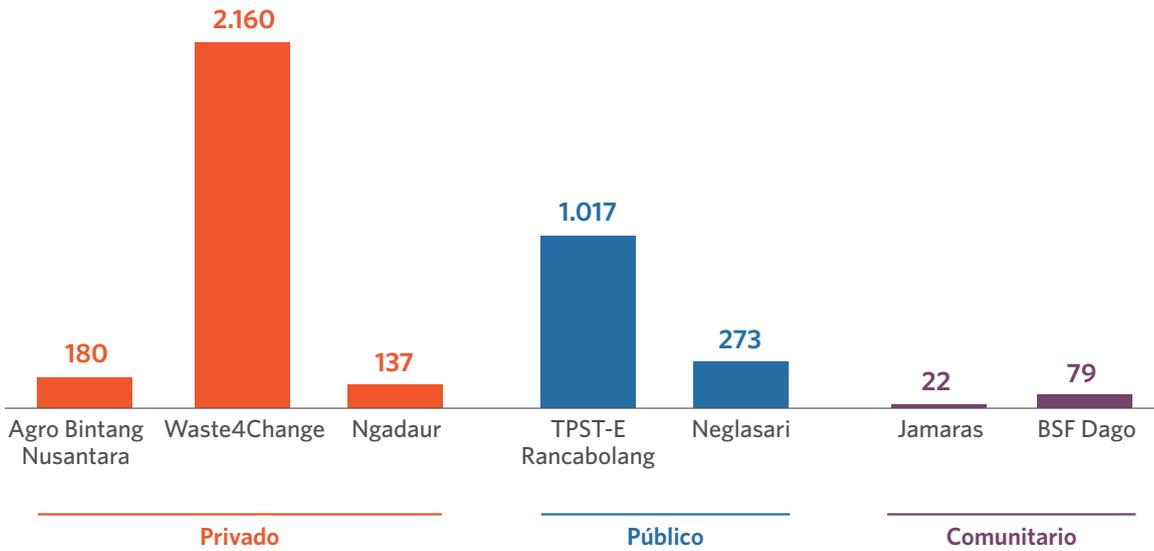
Los gastos de las entidades privadas se dividen entre salarios (74,8%) y transporte (21,2%), lo que refleja estrategias eficientes de asignación de costos que aprovechan las economías de escala. Los gastos de las entidades gubernamentales corresponden en gran parte a salarios (92,0%), con un gasto mínimo en transporte (6,2%). Los grupos comunitarios gastan el 98% en salarios, con costos varios que resultan insignificantes.

Figura 7: Composición de los costos operativos por tipo de entidad



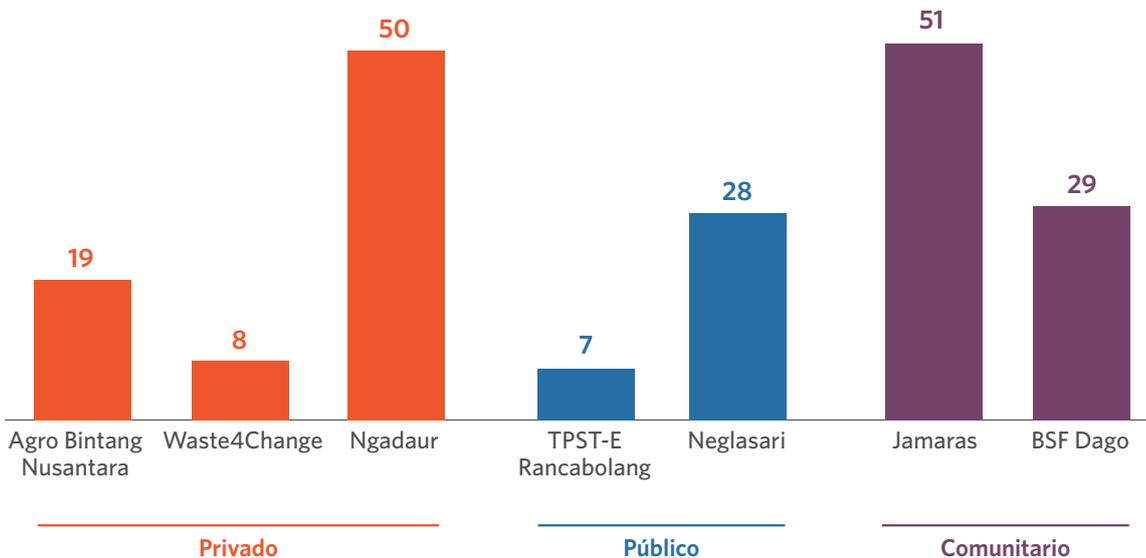
A pesar de los costos operativos más elevados, las entidades privadas procesaron volúmenes significativamente mayores de residuos. Como aparece en la Figura 8, esto les permite lograr mayores economías de escala. Por otro lado, los grupos comunitarios, que procesan volúmenes muy inferiores, incurren en costos operativos por tonelada más elevados que otros grupos.

Figura 8: Volumen anual de residuos procesados por tipo de entidad (toneladas)



Como se ilustra además en la Figura 9, la disparidad en los volúmenes de desechos y los costos asociados se correlaciona directamente con la tensión financiera que enfrentan los grupos comunitarios para ampliar sus operaciones de un modo eficiente. Mientras que la entidad privada Waste4Change mantiene costos operativos por tonelada más bajos que la entidad gubernamental Neglasari, el grupo comunitario Jamaras enfrenta costos más elevados.

Figura 9: Gastos operativos anuales por tonelada de residuos, por tipo de entidad (USD/tonelada)

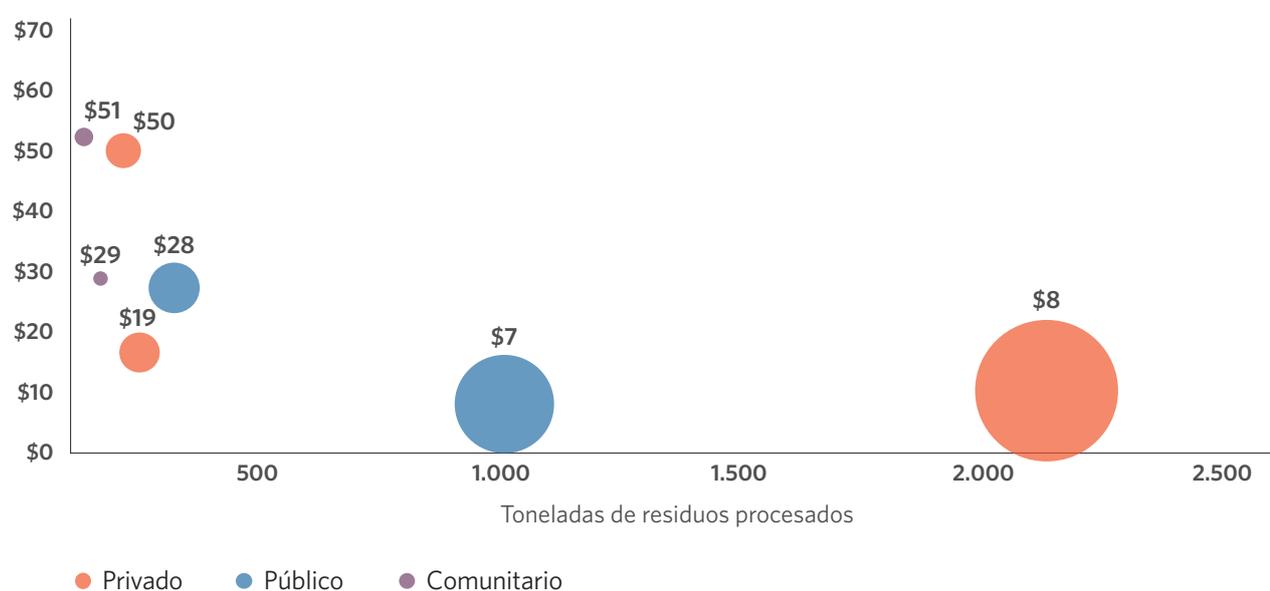


La Figura 10 combina los datos de las Figuras 8 y 9 al representar en un solo gráfico los volúmenes anuales de residuos frente a los gastos operativos por tonelada, donde el tamaño de las burbujas refleja la escala general de las operaciones. En general, las instalaciones que operan a mayor escala tienden a hacerlo a costos más bajos debido a las economías de escala, como lo ilustra el sitio administrado por el gobierno que ronda los 7 USD/tonelada y una gran instalación

privada con alrededor de 8 USD/tonelada. Sin embargo, el patrón es un tanto disperso: una instalación operada por el gobierno logra operar a costos inferiores que una instalación privada a pesar de procesar un volumen menor, lo que indica que factores más allá de la escala (como el modelo de negocio, la eficiencia operativa y la gestión de recursos) también pueden influir de un modo significativo en los costos.

En el caso de las iniciativas comunitarias o aquellas a menor escala, los datos reflejan en la mayoría de los casos, costos más elevados, aunque algunas operaciones más pequeñas se acercan a niveles más competitivos en cuanto a los costos. Esto sugiere que las mejoras específicas en la optimización de los procesos, la asignación de los recursos y la tecnología podrían ayudar a que estos esfuerzos liderados por la comunidad mejoren la eficiencia en función de los costos y que se mantengan competitivos en la gestión de residuos sólidos.

Figura 10: Costos operativos (USD/tonelada), por tipo de entidad



ESTRUCTURAS DE FINANCIAMIENTO Y RETOS FINANCIEROS

La sostenibilidad financiera de las entidades de gestión de residuos sólidos en Bandung está vinculada a sus estructuras de financiamiento, que interactúan con la utilización de sus activos y su dinámica operativa. Los perfiles de financiamiento de entidades privadas, gubernamentales y comunitarias muestran disparidades en su capacidad financiera y en su resiliencia.

Las entidades privadas utilizan fondos autogenerados para gastos de capital y operativos, como se ilustra en las Figuras 11 y 12. Esto refleja su capacidad de recuperar costos a través de los ingresos por servicios, gracias a modelos operativos eficientes que equilibran los costos y aprovechan las economías de escala. Como se vio en la sección anterior, los altos volúmenes de procesamiento y los activos de mayor vida útil de las entidades privadas contribuyen a que sus operaciones sean eficientes en función de los costos.

Al contrario, las entidades operadas por el Gobierno dependen principalmente de los fondos públicos, que cubren el 98% de su capital y el 50% de sus costos operativos. Para mantener sus

modelos intensivos en mano de obra y volúmenes de procesamiento de rango medio dependen del apoyo continuo del gobierno.

Figura 11: Fuente de financiamiento del capital, por tipo de entidad

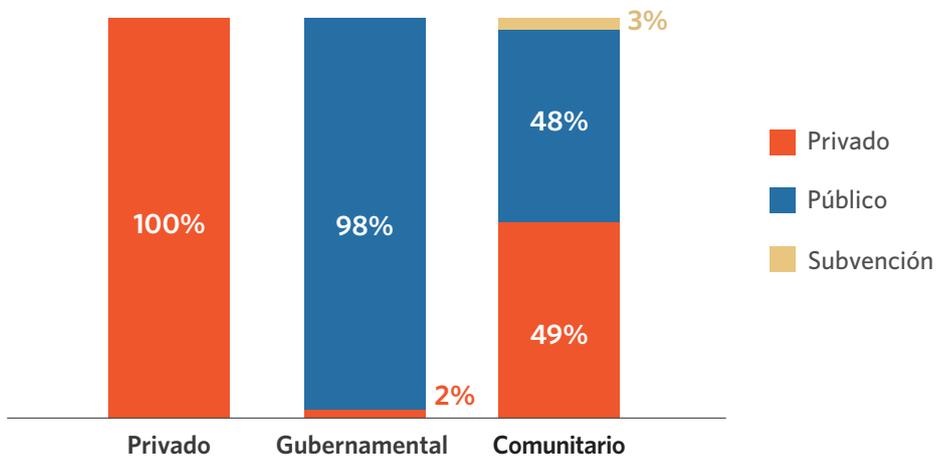
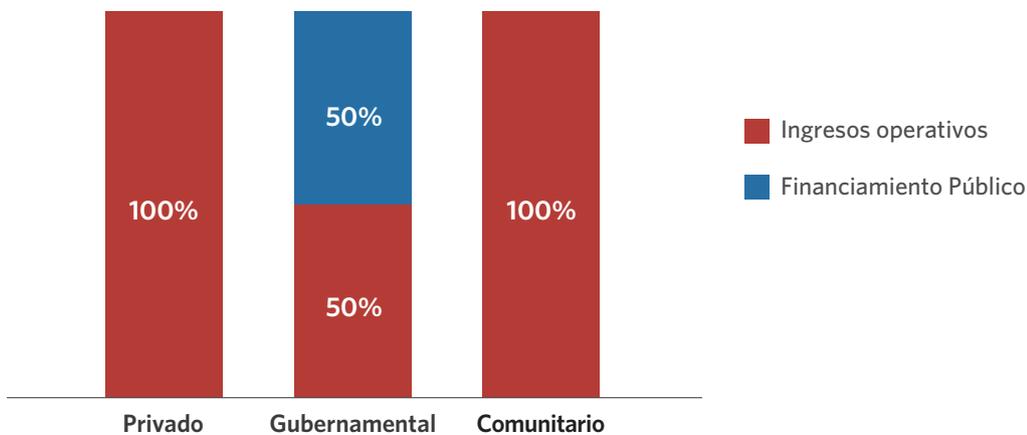


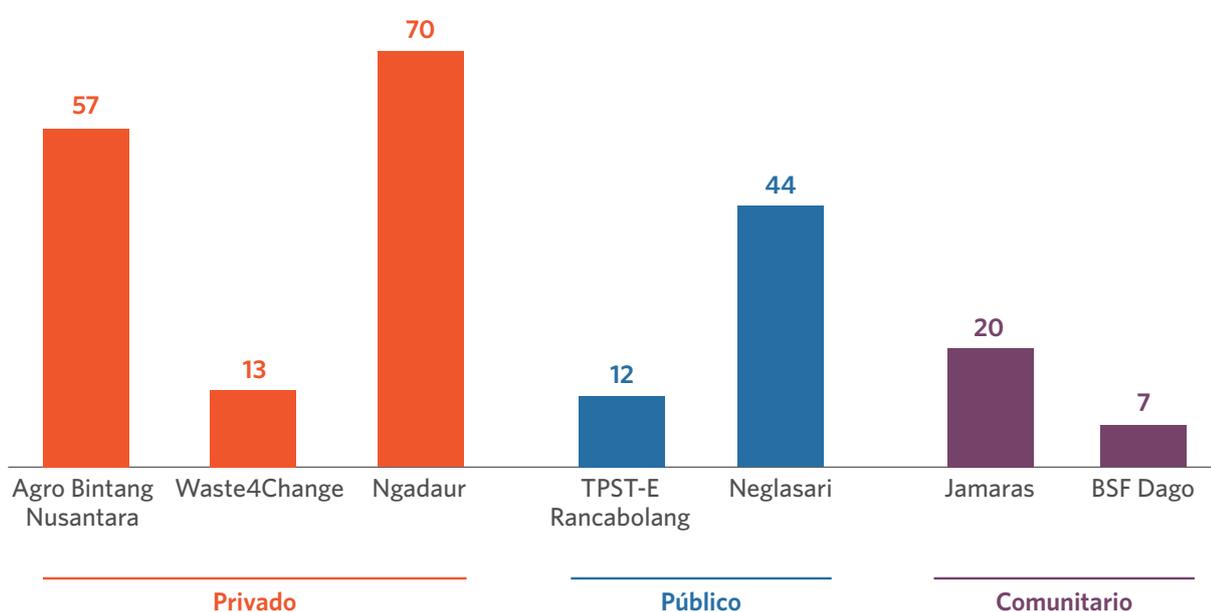
Figura 12: Fuentes de fondos operativos, por tipo de entidad



Las entidades comunitarias en nuestra muestra tienen las estructuras más complejas, lo que incluye financiamiento de entidades privadas (49%) y del gobierno (48%), así como subvenciones a través de la responsabilidad social empresarial (CSE) y de fuentes filantrópicas (3%) para gastos de capital. Sin embargo, la financiación operativa proviene en su mayor parte de sus ingresos operativos y/o de contribuciones del operador comunitario, lo que refleja un apoyo financiero externo limitado. Esto puede crear tensión financiera, en especial, por el pequeño volumen de residuos que procesa y su alta dependencia de la mano de obra, que incrementa los costos operativos por tonelada. La dependencia de activos de vida más corta aumenta aún más la necesidad de que los grupos comunitarios reciban ingresos de capital recurrentes, lo que ejerce presión sobre sus mecanismos de financiación.

La Figura 13 destaca que las entidades privadas generan ingresos significativamente mayores por tonelada de residuos. Ngadaur y Agro Bintang Nusantara alcanzan los 70 USD/tonelada y 57 USD/tonelada, respectivamente, debido a su mayor escala y eficiencia operativa. Waste4Change, a pesar de procesar un volumen mucho mayor de residuos (2.160 toneladas), genera ingresos relativamente bajos de USD 13/tonelada, con una generación de ingresos por unidad menos eficiente que la de las otras entidades privadas. La entidad gubernamental Neglasari genera ingresos moderados (USD 44/tonelada), mientras que los grupos comunitarios Jamaras y BSF Dago tienen ingresos mucho menores (USD 20/tonelada y USD 7/tonelada), lo que refleja las limitaciones financieras y la fuerte dependencia de la financiación externa.

Figura 13: Gastos operativos anualizados por volumen de residuos en las entidades de gestión de residuos sólidos (USD/tonelada)



Los márgenes operativos resaltan aún más las vulnerabilidades financieras de las entidades comunitarias. En tanto las entidades privadas y gubernamentales mantienen márgenes sólidos de 28-67% y 37-45%, respectivamente, los grupos comunitarios muestran graves déficits. Jamaras tuvo un margen de -49% y BSF Dago, de -628%.

La planta gubernamental TPST-E Rancabolang recibe alrededor de USD 1.500 por año del gobierno del distrito, que también proporcionó un financiamiento extraordinario de USD 8.500 en 2023. Los grupos comunitarios no reciben ese apoyo ni cobran tasa de recolección de los hogares y vecindarios a los que sirven.⁷ Más bien, dependen de los ingresos provenientes de las prácticas de economía circular, como la producción de larvas de MSN y la cría de bagres. A pesar del poco apoyo recibido, los grupos comunitarios tratan de forma independiente alrededor del 15% de los residuos comunitarios, que de otro modo serían manipulados por plantas operadas por el gobierno, lo que pone de relieve una brecha entre su contribución a la reducción de residuos y el apoyo que reciben.

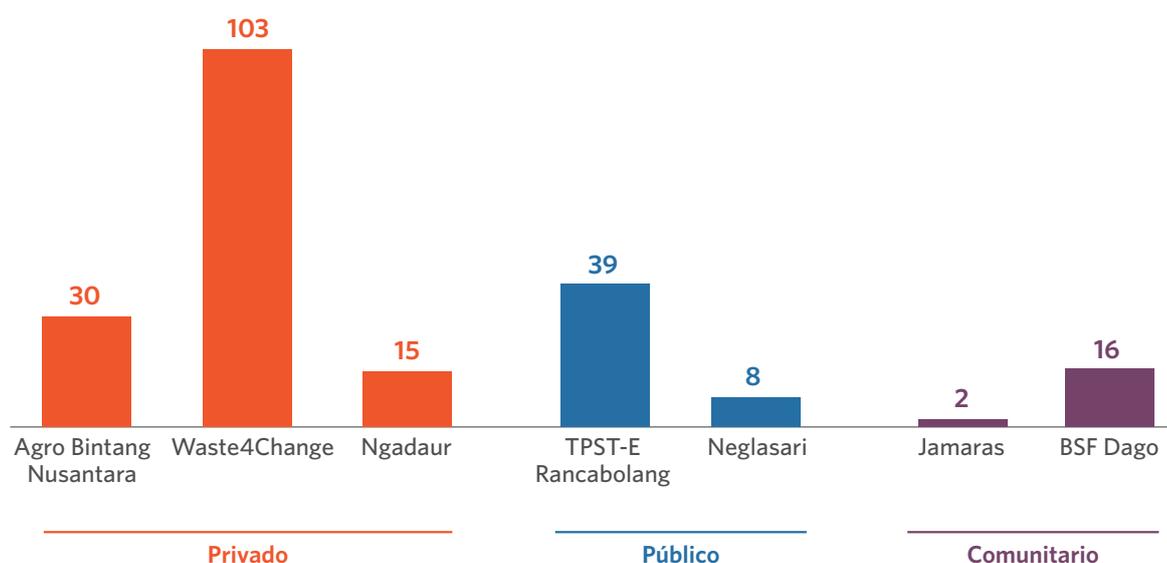
7 Rukun Warga (asociaciones comunitarias) y Rukun Tetangga (asociaciones de vecinos).

Figura 14: Márgenes operativos de las entidades de gestión de residuos sólidos incluidos en la muestra

INFORMACIÓN SOBRE LA EFICIENCIA EN FUNCIÓN DE LOS COSTOS Y LA PRODUCTIVIDAD

Las entidades de gestión de residuos sólidos de la muestra considerada para Bandung presentan disparidades en cuanto a su eficiencia en función de los costos y su productividad, que están vinculadas a sus escalas operativas, estructuras de financiamiento y perfiles de activos. Sobre la base de los desafíos operativos y financieros analizados más arriba, esta sección examina las métricas de productividad y los costos nivelados de la gestión de residuos (LCOW) en entidades privadas, gubernamentales y comunitarias para entender mejor su sostenibilidad financiera.

El volumen anual de residuos procesado por trabajador, que se ilustra en la Figura 15, indica disparidades significativas en la productividad laboral entre entidades. Las entidades privadas ostentan una mayor productividad: Waste4Change procesa 103 toneladas por trabajador al año. Esto está respaldado por su gran escala operativa, cargas de trabajo bien distribuidas y acceso a activos duraderos y de largo plazo. Las entidades gubernamentales tienen una productividad moderada; TPST-E Rancabolang logra 39 toneladas por trabajador, lo que refleja un modelo centrado en la mano de obra, respaldado por una financiación constante. Las entidades comunitarias ostentan una productividad significativamente menor: Jamaras y BSF Dago procesan solo 2 y 16 toneladas por trabajador, respectivamente. Ello refleja operaciones más pequeñas y una fuerte dependencia de la mano de obra, como se señaló en secciones anteriores.

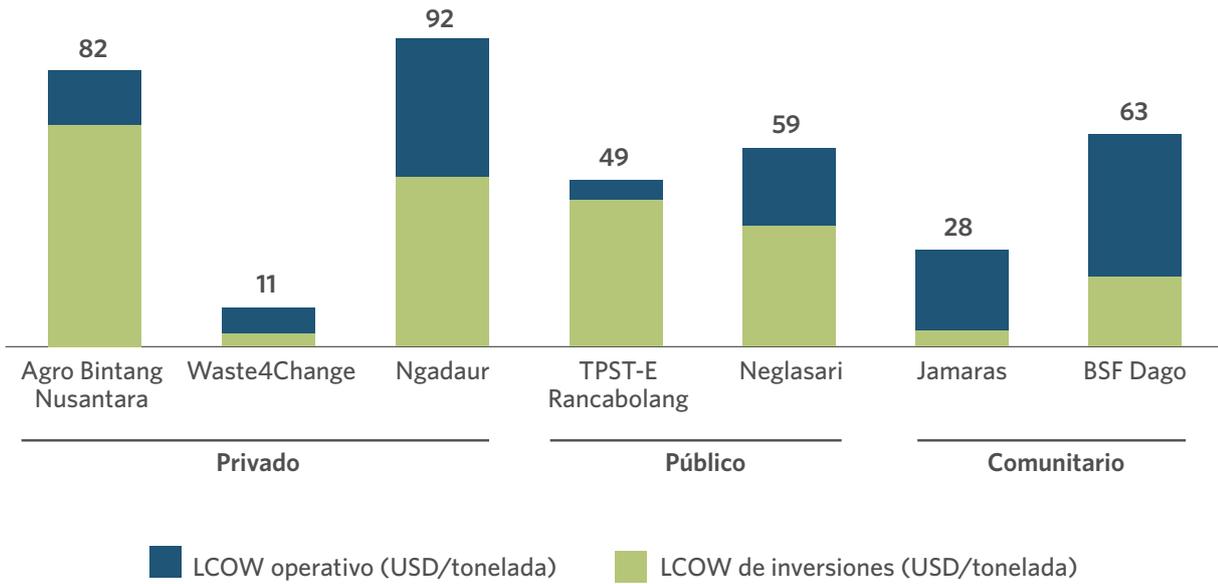
Figura 15: Volumen anual de residuos, por entidad (toneladas/trabajador)

Las disparidades en la escala y productividad se reflejan en el LCOW que es el costo total de inversión (gastos de capital y operativos) durante la vida útil de las instalaciones (20 años) dividido por el volumen total de residuos tratados durante el mismo período. La Figura 16 muestra el LCOW segmentado en componentes de inversión y operativos, proporcionando una medida integral de eficiencia en función de los costos. Las entidades privadas presentan costos de amplio espectro. La entidad privada Waste4Change logra el LCOW más bajo, USD 11/tonelada, respaldada por una alta productividad laboral y un gran volumen de procesamiento. Las otras entidades privadas, Agro Bintang Nusantara y Ngadaur, incurren en costos más elevados, de USD 82/tonelada y USD 92/tonelada, respectivamente, impulsados por mayores requisitos de inversión y menores volúmenes de procesamiento.

La combinación de escala, mecanismos innovadores de créditos de residuos y una gestión operativa rentable permite a Waste4Change mantener un LCOW competitivo al tiempo que fomenta la participación de la comunidad local. Esto se debe en parte a su gran escala de procesamiento de residuos (2.160 toneladas anuales), que permite una distribución eficiente de los costos, en particular de los gastos operativos (USD 8/tonelada). Aprovecha diversas fuentes de ingresos provenientes del reciclaje, asociaciones comunitarias y soluciones innovadoras como los créditos de residuos, fomentando la participación de la comunidad en la recolección de residuos para reducir los costos operativos.

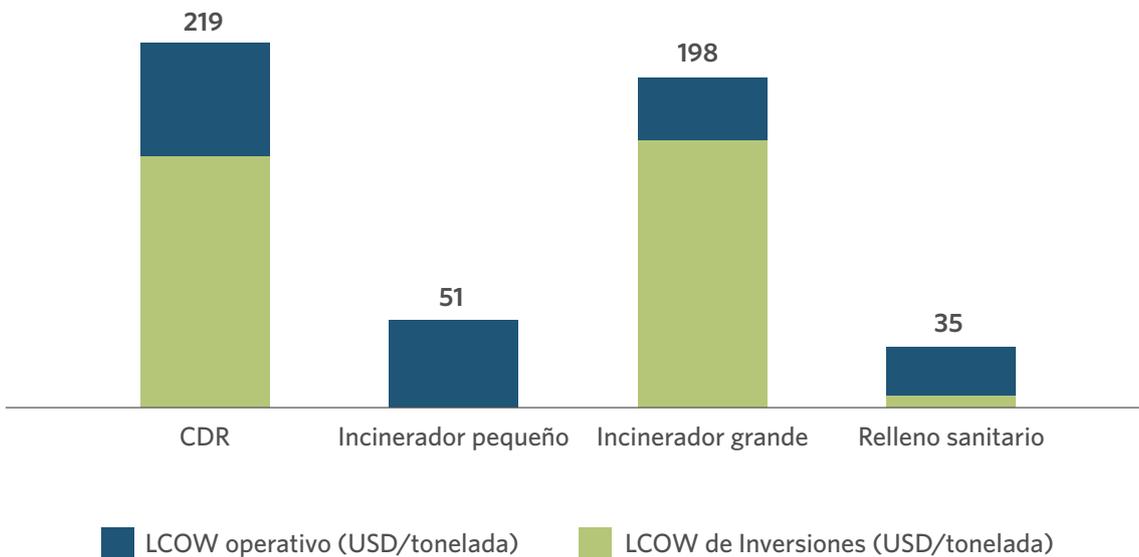
Las entidades gubernamentales mantienen valores LCOW de rango medio, que reflejan el equilibrio entre el apoyo financiero público y una productividad operativa moderada. Entre las dos entidades comunitarias, BSF Dago incurre en costos más altos (USD 63/tonelada), impulsados por mayores requerimientos de inversión y mano de obra, mientras Jamaras logra un LCOW competitivo de USD 28/tonelada. Este costo relativamente bajo, a pesar de las ineficiencias operativas, refleja el potencial para una gestión rentable de los residuos comunitarios, en particular cuando se minimizan los requisitos de inversión y se optimizan los modelos operativos.

Figura 16: Costo nivelado de gestión de residuos por composición, por entidad



La Figura 17 ilustra que la intensidad de capital domina el LCOW: tanto para CDR como para los grandes incineradores, aproximadamente el 80-90% del LCOW total es inversión inicial. En comparación con los LCOW a nivel de entidad en la Figura 16, los modelos a escala comunitaria tienen un LCOW inferior que estas tecnologías de alto gasto de capital y pueden competir directamente con pequeños incineradores y vertederos sanitarios.

Figura 17: Costo nivelado de gestión de residuos por composición, por tecnología



El análisis destaca el papel crítico de la escala operativa y la productividad para determinar la eficiencia en función de los costos. Si bien las entidades privadas aprovechan las economías de escala, el desempeño de Jamaras sugiere que los modelos comunitarios también podrían lograr operar a escala con intervenciones específicas. Al abordar las ineficiencias operativas y aprovechar las ventajas inherentes de los sistemas impulsados por la comunidad, la gestión comunitaria de los residuos sólidos tiene el potencial de lograr un LCOW competitivo.

2.1.3 COBENEFICIOS DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN INDONESIA

Además de reducir el volumen de residuos que llegan a los vertederos, así como las emisiones de metano, la gestión de residuos sólidos orgánicos en Indonesia proporciona una amplia gama de beneficios financieros, económicos, sociales/comunitarios, para la salud y ambientales. Al cuantificarlos, estos cobeneficios pueden hacer que las tecnologías resulten más atractivas para la inversión. Estos cobeneficios se enumeran en el Cuadro A3 del Apéndice.

2.2 BRASIL

2.2.1 ANÁLISIS DE LAS FINANZAS PÚBLICAS

PANORAMA GENERAL DE LA GOBERNANZA DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (GRS) EN BRASIL

En Brasil, el financiamiento público para la gestión de residuos sólidos funciona en un marco de gobernanza descentralizada, donde los municipios tienen la responsabilidad principal de los servicios de gestión de residuos, según lo dispuesto en la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) de 2010. Si bien los gobiernos municipales tienen autonomía operativa y financiera para administrar sus programas de gestión de residuos sólidos, reciben apoyo a través del Ministerio de Medio Ambiente y otros esquemas de financiamiento federal.

Cada gobierno municipal determina su GRS. El Gobierno Federal se enfoca principalmente en establecer lineamientos nacionales como el Plan Nacional de Residuos Sólidos (Planares), brindar apoyo técnico, y ofrecer mecanismos de financiamiento a través de diferentes programas. Los gobiernos estatales actúan como organismos reguladores y brindan asistencia técnica. El análisis del financiamiento que se realiza en este informe se centra en el nivel de los gobiernos municipales en Brasil.



Gestión de residuos orgánicos en Brasil

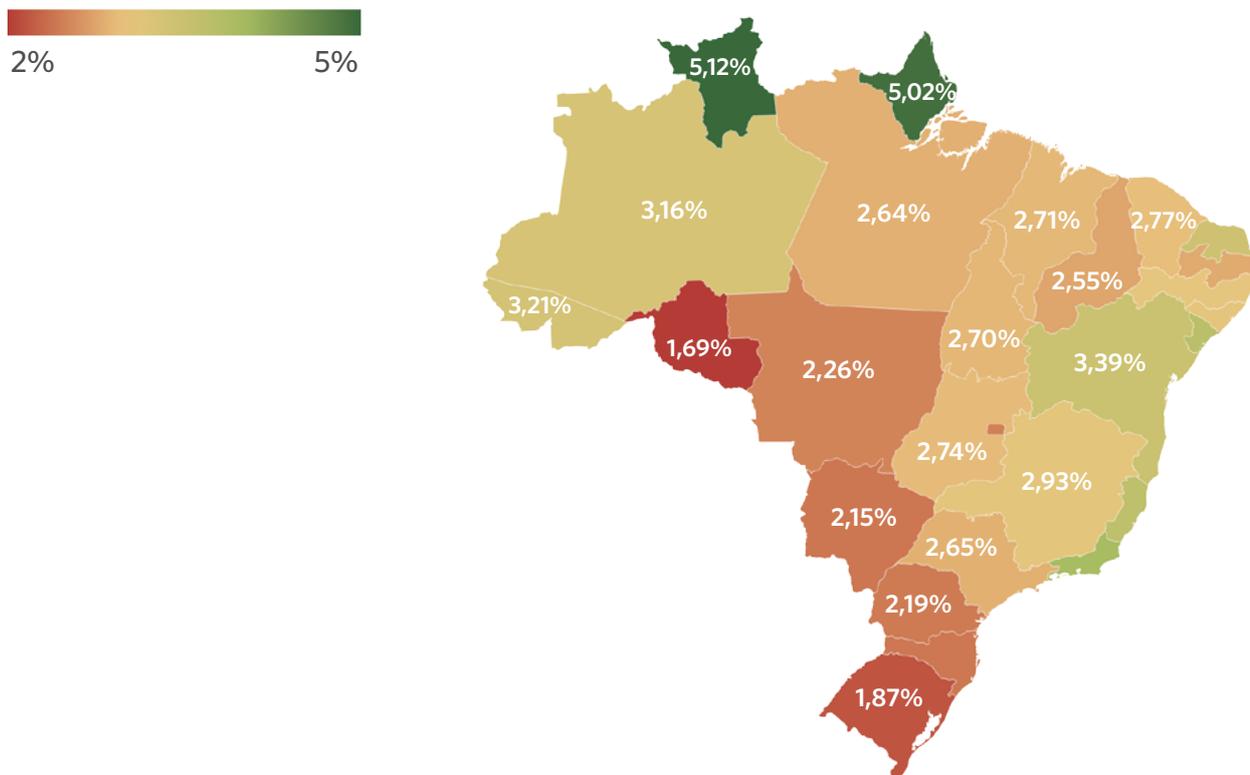
Reconocimientos (de izquierda a derecha): Prefeitura de Florianópolis, VerdeCoop, Angeoletto/CEPAGRO/Acervo Revolução dos Baldinhos

PERFIL DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO

Los datos de 2022 captados por el Sistema Nacional de Información sobre Saneamiento Básico (SINISA) muestran variaciones entre los gastos de los gobiernos municipales en gestión de residuos sólidos municipales en todo Brasil, lo que refleja sus diferentes capacidades fiscales, así como la diversidad del paisaje del país y sus diferentes patrones de urbanización.

Como se ilustra en la Figura 18, la mayoría de los estados de la región norte de Brasil (excepto Rondonia) destinan una mayor proporción de sus presupuestos municipales a la gestión de residuos sólidos, siendo Roraima y Amapá los que destinan el 5,12% y el 5,02%, respectivamente. Esto puede atribuirse a sus desafíos de infraestructura y a su menor densidad poblacional, que exigen mayores inversiones per cápita. Mientras tanto, los estados del sur asignan proporciones menores de sus presupuestos a la gestión de residuos sólidos, que oscilan entre el 1,87% y el 2,19%, debido a su infraestructura ya más establecida y a las economías de escala para la GRS. La mayoría de los estados de las otras regiones (Noreste, Centro-Oeste y Sudeste) mantienen asignaciones promedio moderadas de entre el 2,15% y el 3,39% del presupuesto municipal para la GRS.

Figura 18: Presupuesto/gasto promedio del gobierno municipal en concepto de gestión de residuos sólidos municipales (%), por estados y distritos federales



Los datos muestran además variaciones en las asignaciones presupuestarias en materia de GRS en las principales ciudades de Brasil; la Figura 19 ilustra un rango de entre el 1,70% y el 6,59% de los presupuestos municipales. En tanto Río de Janeiro tiene la mayor asignación presupuestaria (6,59%) y uno de los mayores costos por tonelada (USD 133), San Pablo demuestra una mayor eficiencia operativa con una asignación presupuestaria moderada (3,75%), aunque sostiene

costos por tonelada similares (USD 128). Ambas ciudades tienen un gran número de habitantes, lo que sugiere mayores costos operativos por tonelada en áreas más urbanizadas.

Figura 19: Presupuesto/gasto del gobierno municipal en concepto de gestión de residuos sólidos municipales (%), por ciudad

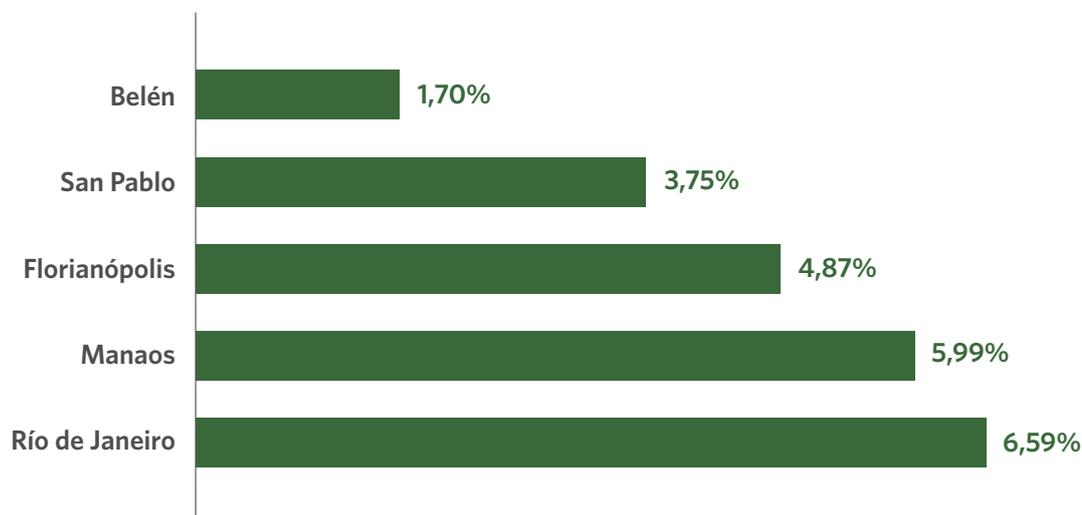
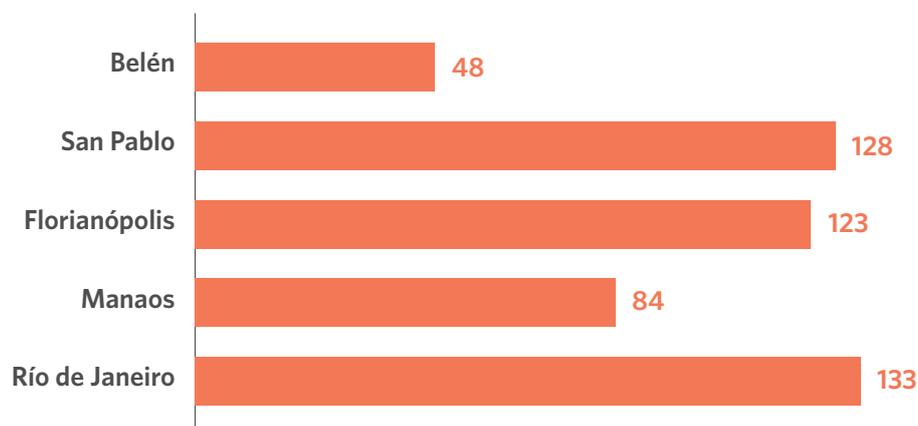
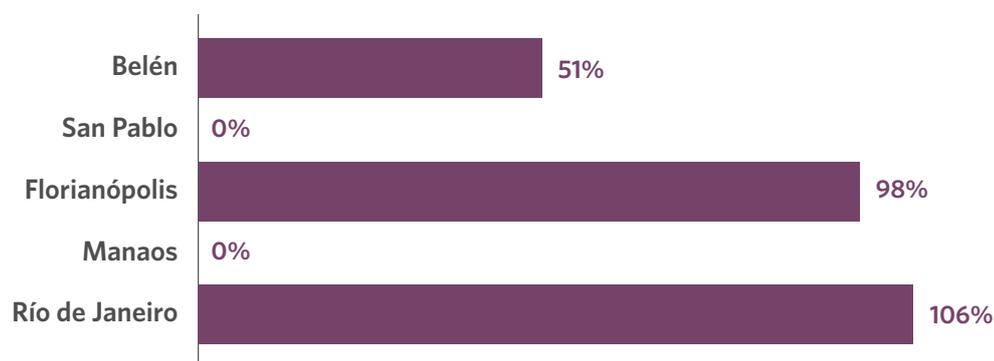


Figura 20: Presupuesto/gasto promedio del gobierno municipal en concepto de GRSM (USD/tonelada)



El nivel de recuperación de costos a través de tasas por residuos, como se ilustra en la Figura 21, revela información sobre las estrategias de financiamiento de la gestión de residuos sólidos municipales en todo Brasil. Río de Janeiro tiene la mayor asignación presupuestaria (6,59%) y una recuperación total de costos, con una relación tasa/costo de los residuos del 106%, lo que indica un modelo de financiamiento sostenible. En cambio, San Pablo y Manaus reportan una recaudación en concepto de residuos del 0% y dependen completamente de fondos municipales generales en lugar de recaudar tasas directamente de los usuarios.

Figura 21: Relación entre la tasa por residuos y el costo que insumen los residuos sólidos municipales, por ciudad



Río de Janeiro cobra una tasa específica por residuos dentro del impuesto predial, lo que le permite alcanzar la autosuficiencia financiera en materia de gestión de residuos sólidos municipales. Las tasas que se cobran por residuos cubren en su totalidad las actividades de gestión de residuos sólidos municipales (GRSM) de la ciudad y podrían ofrecer lecciones para otras ciudades que tienen problemas con la recaudación de tasas por recolección de residuos.

La tasa por recolección de residuos de Río de Janeiro es un monto fijo anual basado en la ubicación de cada grupo y se cobra junto con el impuesto predial con exenciones que se aplican según el valor de la tierra. Estas tasas son las siguientes:

- BRL 95 - BRL 635 (USD 17,3 - USD 115) para zonas residenciales
- BRL 236 - BRL 1.588 (USD 42,9 - USD 288,7) para zonas no residenciales

Estas variaciones indican que, si bien las asignaciones presupuestarias son importantes, la eficiencia en el gasto y los contextos operativos locales juegan un papel decisivo en la gestión de los residuos sólidos municipales.

2.2.2 ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Para los casos de Brasil, el Instituto Pólís recopiló datos para la muestra a partir de modelos de negocio que operan en los siguientes municipios: Araraquara, Entre Rios, Florianópolis, Lages, São Paulo, Santa Cecília do Sul, Sertãozinho, y Rio de Janeiro. La información detallada de la muestra se proporciona en el Cuadro A.2 del Apéndice. El Instituto Pólís llevó a cabo los tres primeros pasos que se muestran en la siguiente figura (identificación de la muestra y dos niveles de selección).

Figura 22: Proceso de selección de muestras para los estudios de caso

Para el cuarto paso (análisis preliminar de la muestra), CPI agrupó los distintos casos según su forma jurídica. Estos grupos comprenden los siguientes modelos, que reflejan diferentes formas en que se realiza la gestión de residuos sólidos municipales en Brasil:

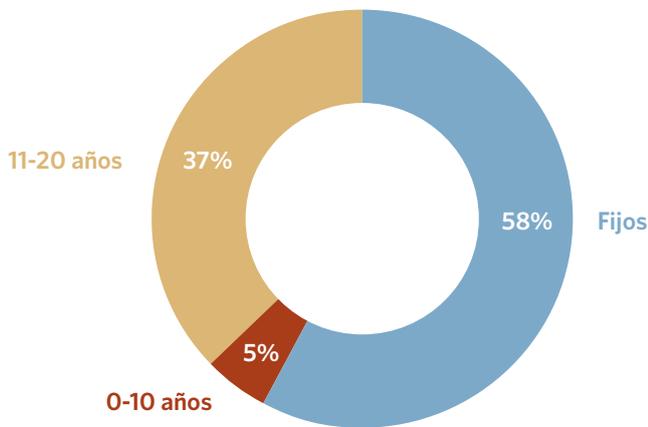
- **Cooperativa de recicladores:** Un grupo organizado de trabajadores informales que recogen y procesan residuos a través de esfuerzos colectivos.
- **Empresa privada:** Empresas con fines de lucro responsables de la recolección, el procesamiento y la disposición de residuos.
- **Público, con operador privado:** Una asociación en la que el sector público establece políticas y proporciona financiamiento, en tanto una empresa privada se encarga de los aspectos operativos de los servicios de gestión de residuos.
- **Público, con compostaje doméstico:** Un programa apoyado por el gobierno que proporciona kits a los hogares para compostar residuos orgánicos en casa.

ANÁLISIS DE ACTIVOS Y COSTOS OPERATIVOS

Se realizó un análisis financiero comparativo de los activos y los costos operativos de las entidades de gestión de residuos para identificar posibles disparidades entre ellas y obtener información sobre su viabilidad financiera.

El análisis, basado en datos provenientes de las entrevistas realizadas en 2024, halló que una parte significativa de las inversiones promedio de todas las entidades incluidas en la muestra se destinó a activos fijos, que comprenden el 58% del valor total de los activos, y consisten principalmente en terrenos y edificios. Esto refleja el hecho de que algunas entidades recibieron apoyo en especie en forma de provisión de tierras. Además, el 37% de las inversiones se destinaron a activos a mediano plazo (es decir, con una vida útil prevista de entre 11 y 20 años), incluido el equipamiento como trituradoras y camiones recolectores de residuos. Debido a la implementación de tecnologías de compostaje que dependen de un equipamiento de mayor vida útil, como el de Recuperación de Materiales y Tratamiento Biológico (MRBT, por su sigla en inglés), estos tipos de activos representan una proporción mayor (43% del valor total de los activos) que en las muestras de Bandung (10%). El 5% restante se asignó a activos de corto plazo (vida útil esperada de 0 a 10 años), como baldes, motosierras y bolsas compostables, lo que indica una inversión relativamente pequeña en herramientas que se reemplazan con frecuencia.

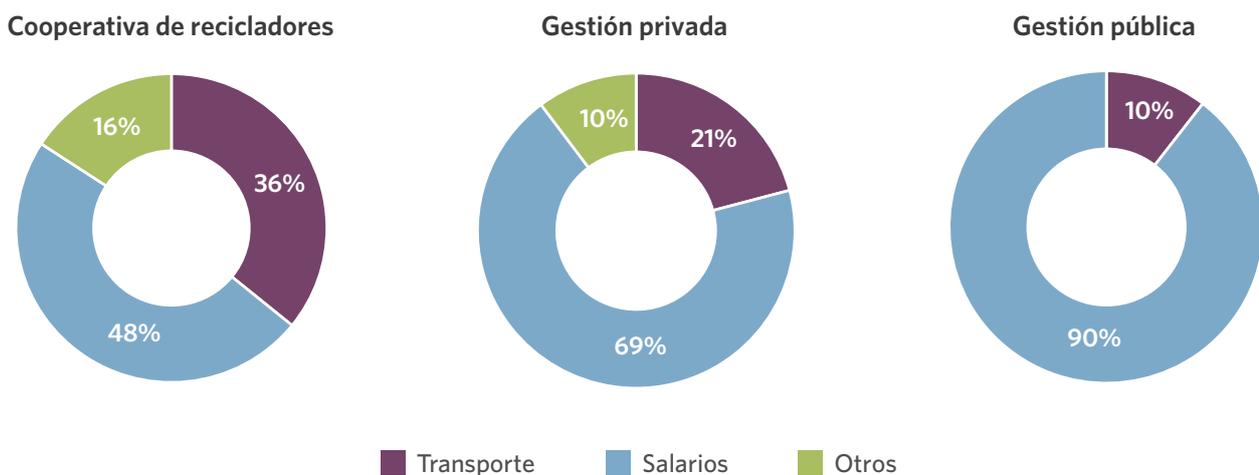
Figura 23: Valor de los activos para la gestión de los residuos sólidos municipales, según el uso a lo largo de su vida útil en la muestra de Brasil⁸



Las actividades de gestión de residuos sólidos orgánicos suelen ser intensivas en mano de obra. Como muestran las composiciones de los costos operativos de los diferentes modelos de negocio a continuación, la mano de obra constituye el costo más alto en las diferentes entidades.

Los estudios de caso muestran estructuras de costos específicas de cada entidad. Las cooperativas de recicladores destinan el 48% de los costos que se les asignan a salarios, el 36% a transporte y el 16% a otros gastos. Los operadores privados ponen mayor énfasis en los costos laborales (69%), con gastos de transporte reducidos (21%) y otros costos operativos que rondan el 10%. Los operadores públicos tienen la mayor asignación en materia salarial (90%), principalmente porque contratan operaciones a entidades privadas, incluido el transporte.

Figura 24: Costos operativos de cada entidad en la muestra de Brasil

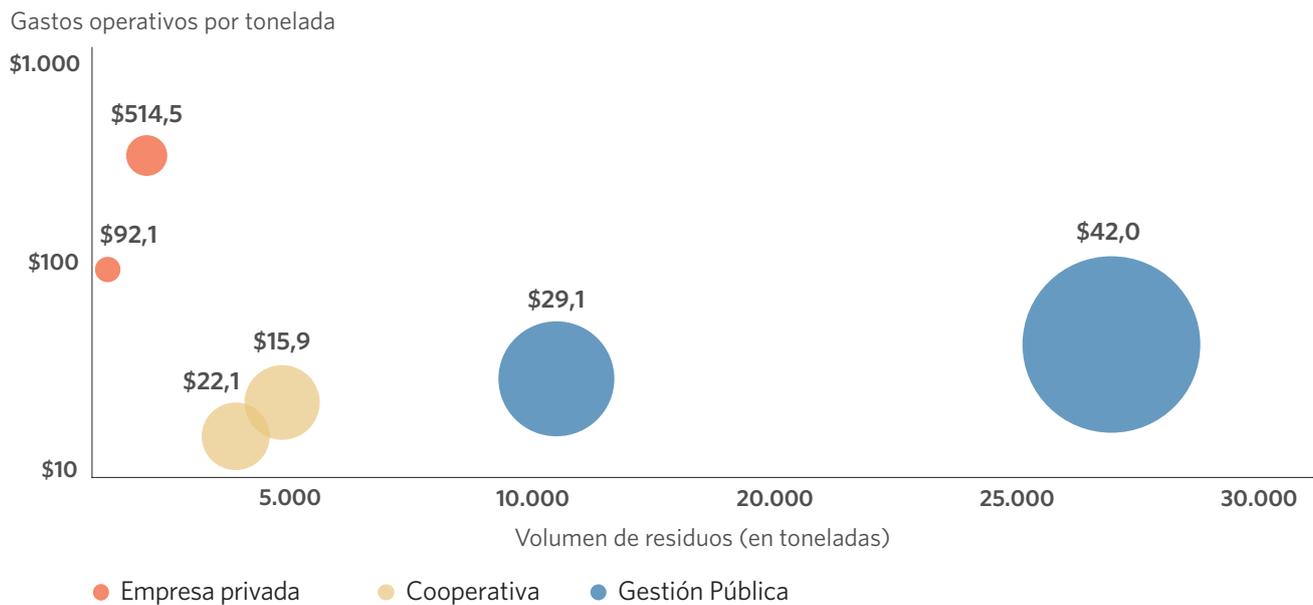


Nota: El compostaje doméstico no está incluido en la cifra, dado que esta actividad supone un gasto que se realiza por única vez.

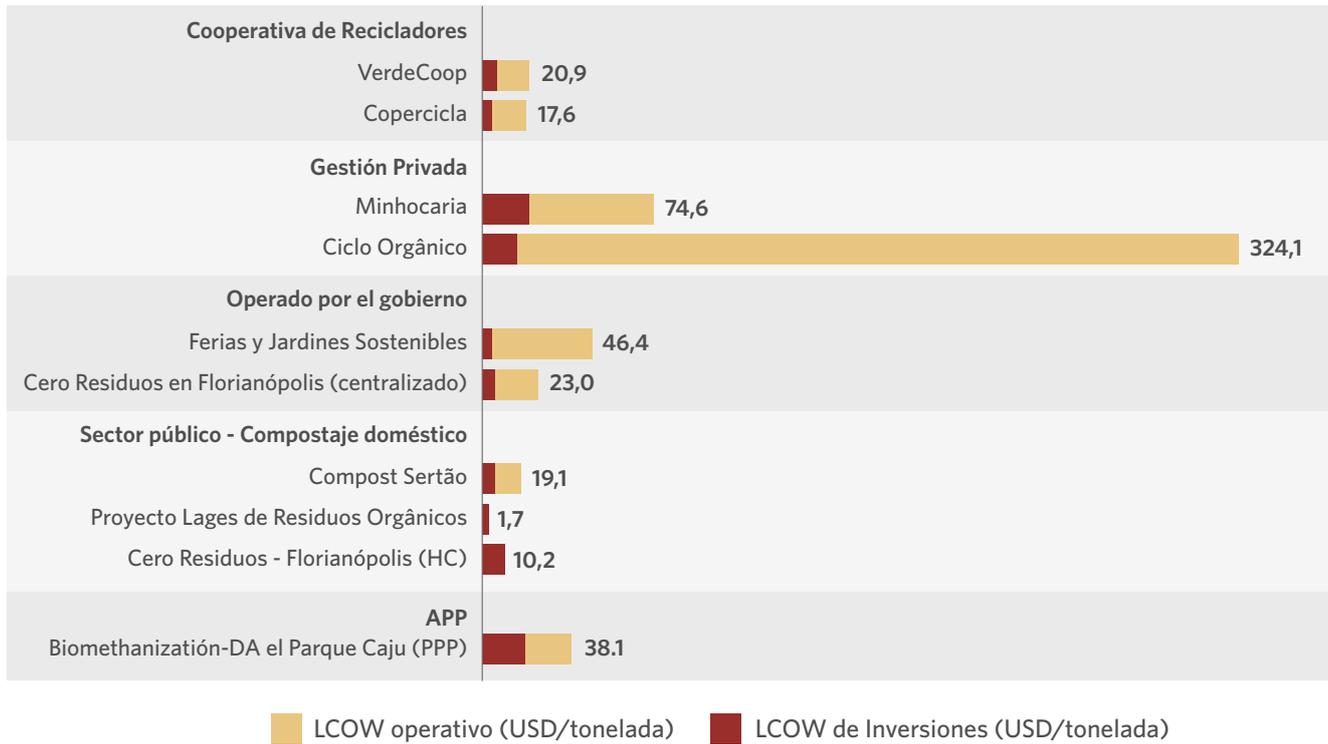
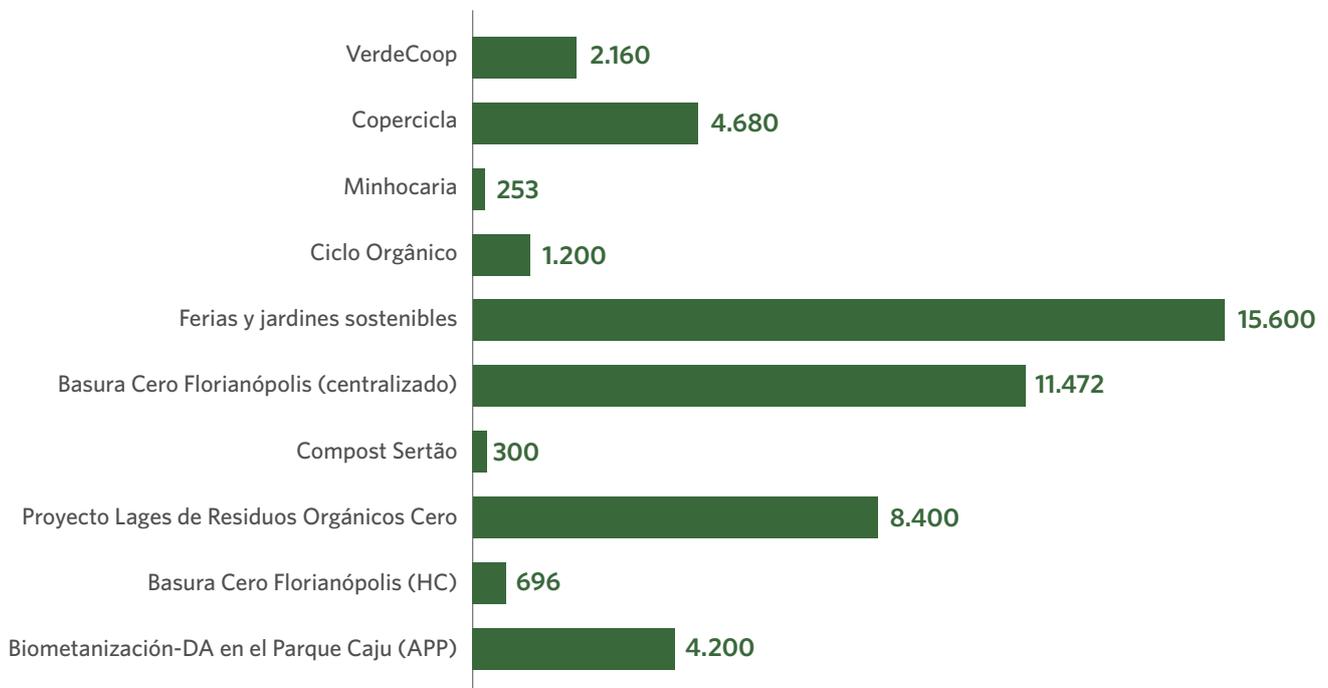
⁸ Observamos que se utilizan períodos diferentes para indicar la vida útil de los activos en los casos de Indonesia y Brasil. Esto se debe a diferencias metodológicas entre YPBB y el Instituto Polis, encargados de recoger los respectivos datos.

Existen diferencias significativas en los costos operativos entre los distintos tipos de entidades. Las empresas privadas tienen el rango de costos operativos más elevado (USD 92,1-514,5/tonelada), probablemente debido a los menores volúmenes de residuos que procesan. Las cooperativas tienen gastos operativos más bajos (USD 15,9-22,1/tonelada) para volúmenes moderados de residuos procesados. Los costos de las entidades públicas oscilan entre USD 29,1 y 42,0/tonelada, con los mayores volúmenes de residuos.

Figura 25: Costos operativos (USD/tonelada) por tipo de entidad en la muestra de Brasil



El costo nivelado de la gestión de residuos (LCOW, por su sigla en inglés) se utiliza para evaluar la relación costo-efectividad general de varias entidades a cargo de la gestión de residuos sólidos municipales orgánicos a lo largo de su vida útil, como se ilustra en la Figura 26.

Figura 26: Costo nivelado de gestión de residuos por composición, en la muestra de Brasil**Figura 27:** Volumen anual de residuos por entidad en la muestra de Brasil (toneladas)

El análisis de costo nivelado halló que los operadores privados tienen los costos más elevados. Ciclo Orgânico registra el precio más alto de USD 324,1/tonelada, impulsado principalmente por los gastos operativos. Esto contrasta con las instalaciones de las "Ferias y Jardines Sostenibles"

administradas por el gobierno, con costos moderados de USD 46,4/tonelada mientras procesan un volumen sustancialmente mayor de residuos (15.600 toneladas anuales). El modelo más eficiente en función de los costos de entre los que se han tomado como muestra es el compostaje doméstico, que consigue un costo nivelado notablemente bajo, de entre 1,1 y 19,1 USD/tonelada. Esto se atribuye a sus mínimos costos fijos y a la falta de requisitos para la tierra, en tanto procesan grandes volúmenes de desechos con solo una inversión inicial al proporcionar kits de compostaje a los hogares. Las cooperativas de recicladores de residuos consideradas en la muestra ocupan un lugar intermedio, con un costo nivelado de USD 17,0-20,9/tonelada, en tanto que procesan volúmenes moderados de residuos de 2.160-4.680 toneladas al año.

Los datos muestran una relación inconsistente entre la escala operativa y el costo. Por ejemplo, Coopercicla procesa 4.680 toneladas anuales a USD 17,63/tonelada, mientras que la planta de Biometanización-Digestión Anaeróbea(DA) en el Parque de Caju, procesa un volumen similar de 4.200 toneladas por USD 38,09/tonelada.

La comparación de Sertãozinho (300 toneladas a USD 19,12/tonelada) con Minhocaria (253 toneladas a USD 74,65/tonelada) ilustra aún más que los volúmenes operativos similares pueden tener costos muy diferentes. Esto indica que la escala por sí sola no determina el costo: las condiciones locales y los modelos operativos también inciden.

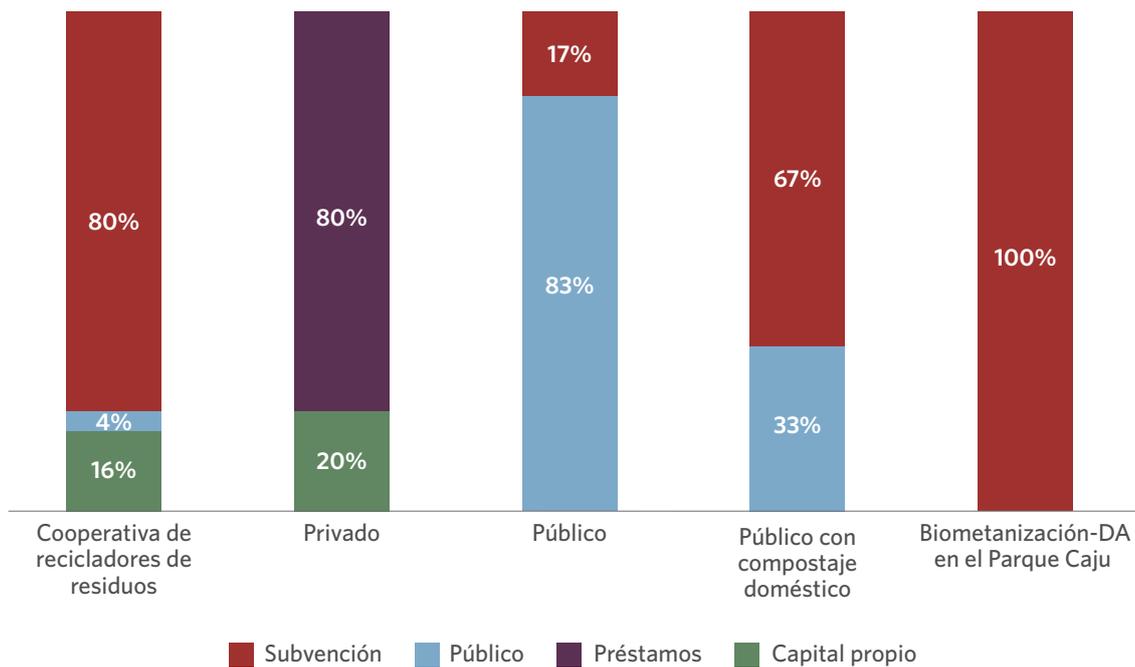
ESTRUCTURAS DE FINANCIAMIENTO Y RETOS FINANCIEROS

Los tipos de entidades del sector de gestión de residuos sólidos orgánicos de Brasil tienen diversas estructuras de financiamiento. La variación en las fuentes de financiamiento y el desempeño financiero demuestra la manera en que los diferentes modelos organizacionales plantean diferentes necesidades operativas.

Las cooperativas de recicladores cuentan con diversas fuentes de financiamiento para gastos de capital: obtienen el 80% de su capital a través de subvenciones, el 16% es capital propio y el 4% proviene de apoyo gubernamental, como se ilustra en la Figura 28. Esta ayuda financiera es valiosa para las cooperativas que tienen acceso limitado a los mecanismos de crédito tradicionales.

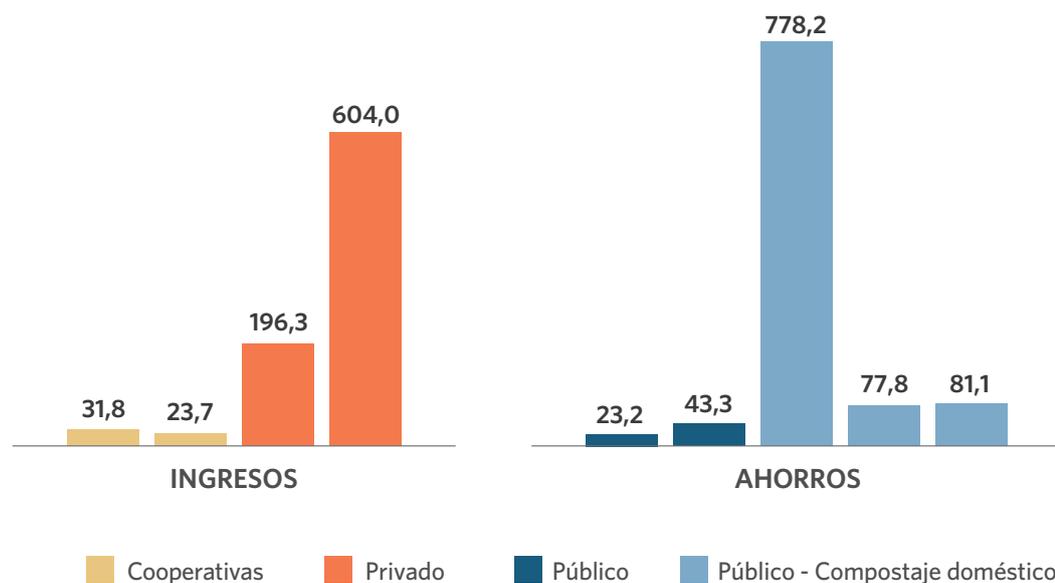
Por el contrario, el gasto de capital de los operadores privados se financia principalmente mediante préstamos (80%), lo que refleja su sólida solvencia. Las entidades públicas, incluidas las iniciativas de gestión de residuos sólidos municipales y de compostaje doméstico, dependen del financiamiento y de las subvenciones del gobierno. Los establecimientos públicos incluidos en la muestra funcionan con un 83% de financiamiento gubernamental y el resto proviene de subvenciones. Por último, las iniciativas de compostaje doméstico reciben financiación en forma de donaciones filantrópicas (67%) y aportes gubernamentales (33%). La Biometanización-DA en Río de Janeiro fue financiada íntegramente por subvenciones del gobierno, lo que refleja la manera en que aquellos grandes proyectos de infraestructura dependen del capital público.

Figura 28: Fuente de financiamiento del capital, por tipo, en la muestra de Brasil



Independientemente de la estructura de financiamiento, los desafíos persisten en todos los tipos de entidades. Las cooperativas de recicladores y los programas públicos exhiben/ostentan menores ingresos/ahorros que otros. La Figura 29 ilustra que las cooperativas generan ingresos modestos (USD 24-32/tonelada), lo que las hace altamente dependientes de subvenciones y de ahorros en los costos. El sector privado se destaca por su capacidad de generar ingresos importantes (USD 193-604/tonelada), superando ampliamente a otras entidades.

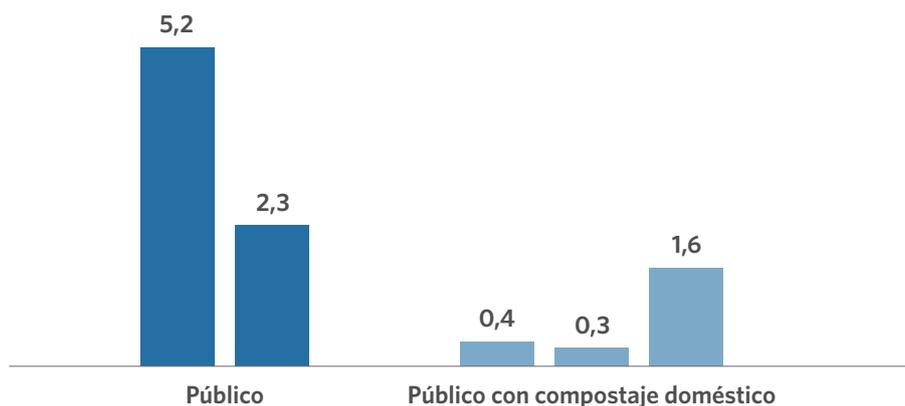
Figura 29: Ingresos/ahorros anualizados⁹, por tipo de entidad (USD/tonelada)



⁹ "Ahorros" se refiere a los costos que se evitan cuando los residuos sólidos orgánicos se desvían de los sistemas de gestión de residuos municipales, reduciendo así el gasto público.

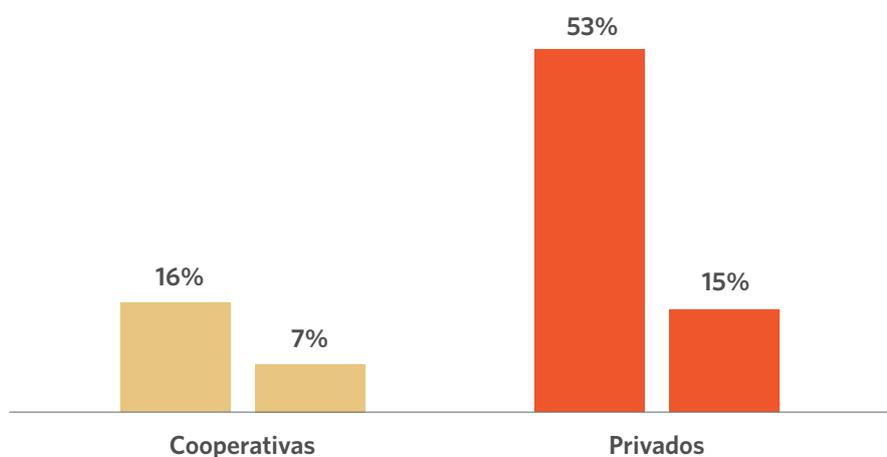
De manera similar, las instalaciones públicas consideradas en la muestra a menudo experimentaron bajos rendimientos financieros, como lo demuestran sus largos períodos de recuperación de costos¹⁰ de hasta 5,2 años (véase la Figura 30). Por el contrario, los programas de compostaje doméstico incluidos en la muestra revelan períodos de recuperación más cortos (0,3-1,6 años), en gran medida debido a que requieren una inversión inicial por única vez y el compostaje continuo lo realizan los hogares.

Figura 30: Período de amortización de los ahorros para los municipios, por tipo de entidad (años)



El análisis muestra que las cooperativas de recicladores y las empresas privadas pueden cubrir sus costos operativos. Si bien existen disparidades en los márgenes operativos (que aparecen en la Figura 31), las entidades privadas tienen un rango más elevado (15-53%) que las cooperativas (7-16%), probablemente debido a que cobran precios más altos a un segmento de mercado comparativamente más pequeño.

Figura 31: Margen operativo anualizado, por tipo de entidad (%)



¹⁰ El período de recuperación de costos mide la rapidez con la que se recupera la inversión inicial a través del ahorro en costos operativos al evitar las instalaciones tradicionales de gestión de residuos.

La disparidad entre los ingresos y el potencial de ahorro en los sectores privado y público resalta el desafío de garantizar la equidad financiera en todos los sistemas de gestión de residuos sólidos. Mientras que las entidades privadas obtienen préstamos y alcanzan márgenes superiores, los programas públicos y las cooperativas de recicladores dependen de subvenciones y del apoyo gubernamental para su viabilidad operativa.

2.2.3 COBENEFICIOS DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN BRASIL

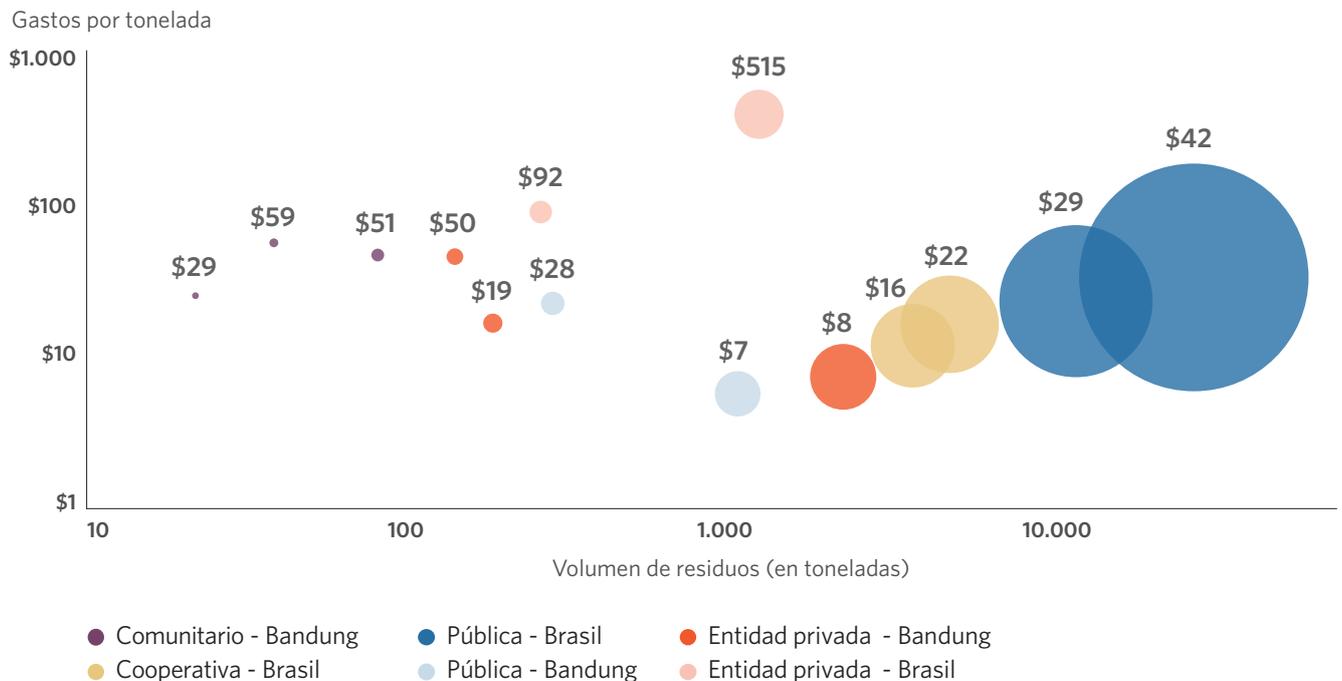
Al igual que en Indonesia, los beneficios del tratamiento de residuos orgánicos en Brasil incluyen desde beneficios financieros y económicos hasta aquellos sociales/comunitarios, para la salud y ambientales; esto puede hacer que las tecnologías sean más atractivas para la inversión. Véase el Apéndice, Cuadro A.4, para obtener una lista completa de cobeneficios.

3. CONCLUSIÓN

3.1 HALLAZGOS QUE SURGEN DEL ANÁLISIS FINANCIERO

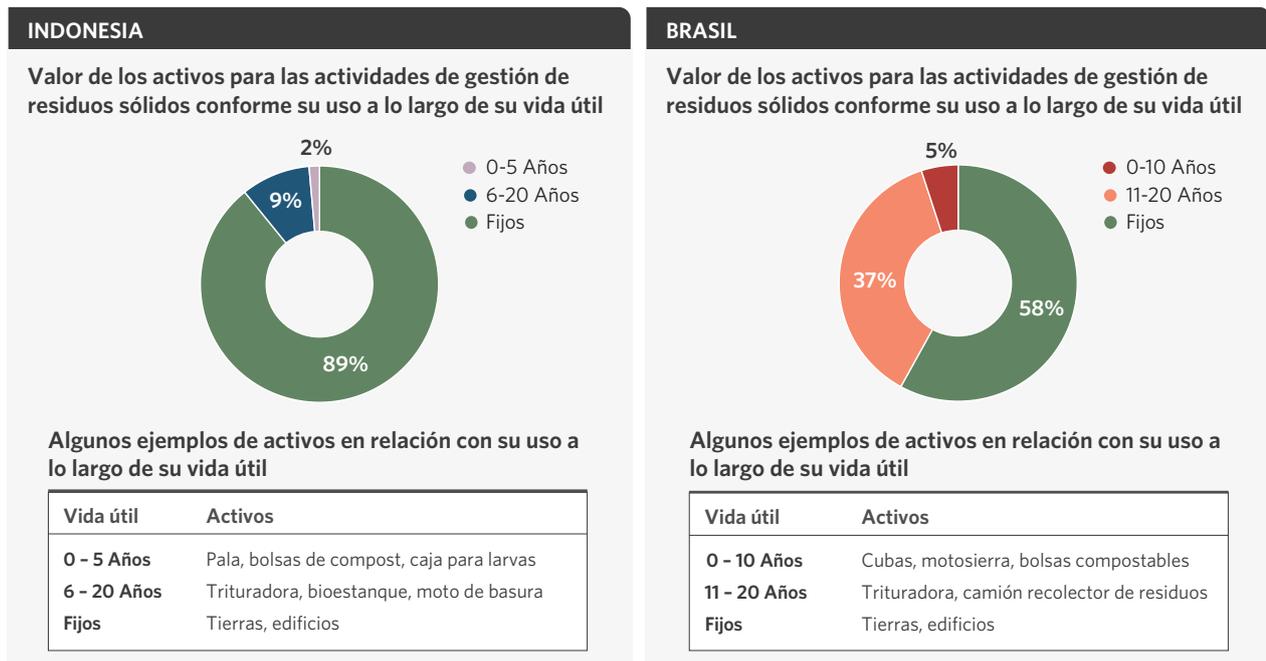
1. Un mayor volumen de tratamiento de residuos no siempre implica un menor gasto operativo por tonelada. Otros factores, como el mayor tamaño del área operativa, pueden incrementar los costos operativos (es decir, los de transporte y manipulación). Por lo tanto, los modelos descentralizados de tamaño mediano, con áreas operativas y volúmenes de residuos más pequeños, pueden ofrecer eficiencias en los costos operativos. Ello se evidencia, en particular, en las muestras de Brasil, donde las cooperativas pueden tener costos operativos más bajos por tonelada de residuos, como se indica en la figura siguiente.

Figura 32: Gastos operativos por tonelada de residuos para todas las muestras



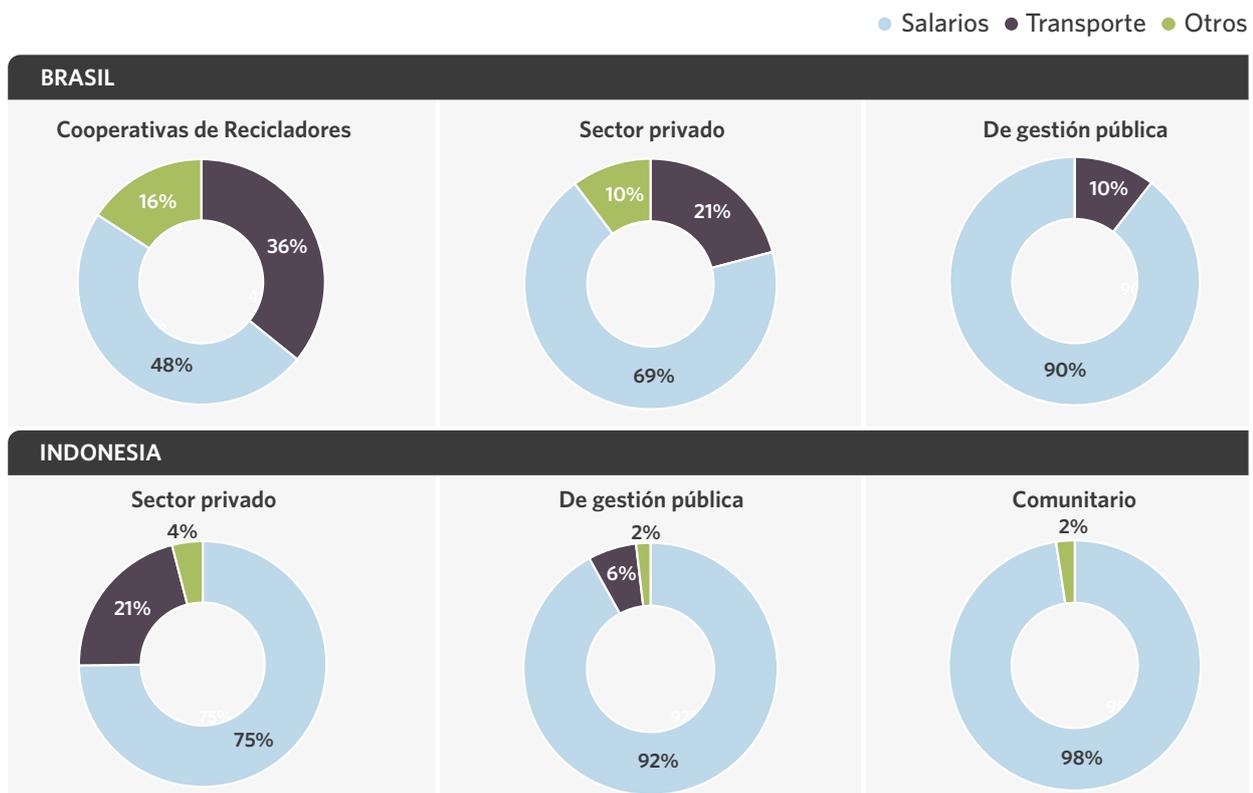
2. El gasto de capital en activos fijos (por ejemplo, la adquisición de tierras) es el que más contribuye al valor total de los activos, tal como se ilustra en la figura a continuación, lo que indica que esto puede ser una barrera importante de entrada para los actores industriales, pero no tanto para el compostaje doméstico.

Figura 33: Composición de los activos en las muestras de Indonesia y Brasil



- La mano de obra representa la mayor parte de los costos operativos, entre el 75 y el 98% de estos gastos en los casos de Indonesia, y entre el 48 y el 90% en Brasil. Esto demuestra que la gestión de residuos sólidos orgánicos requiere mucha mano de obra y, por lo tanto, puede crear puestos de trabajo.

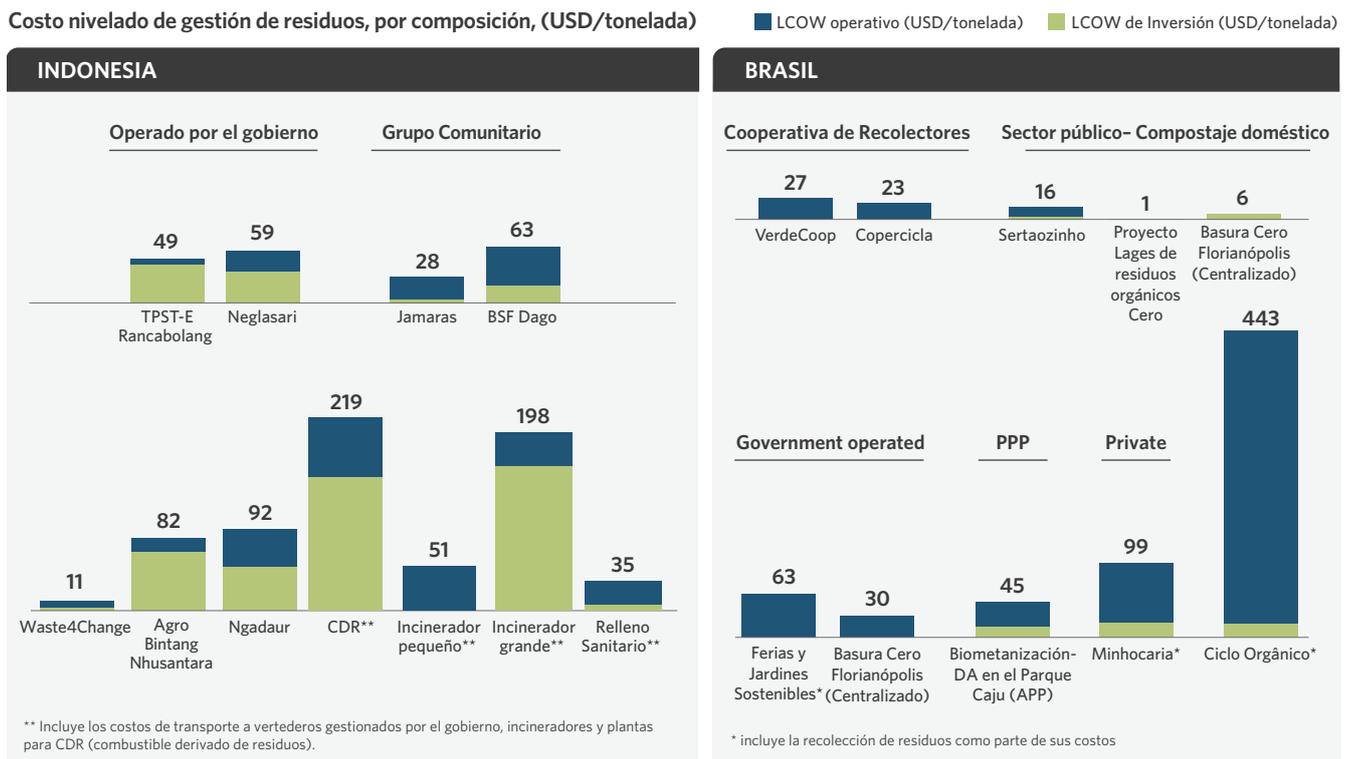
Figura 34: Composición de los costos operativos en las muestras de Indonesia y Brasil



Notas: El compostaje doméstico con fondos públicos no se incluyó porque supone un gasto de una única vez.

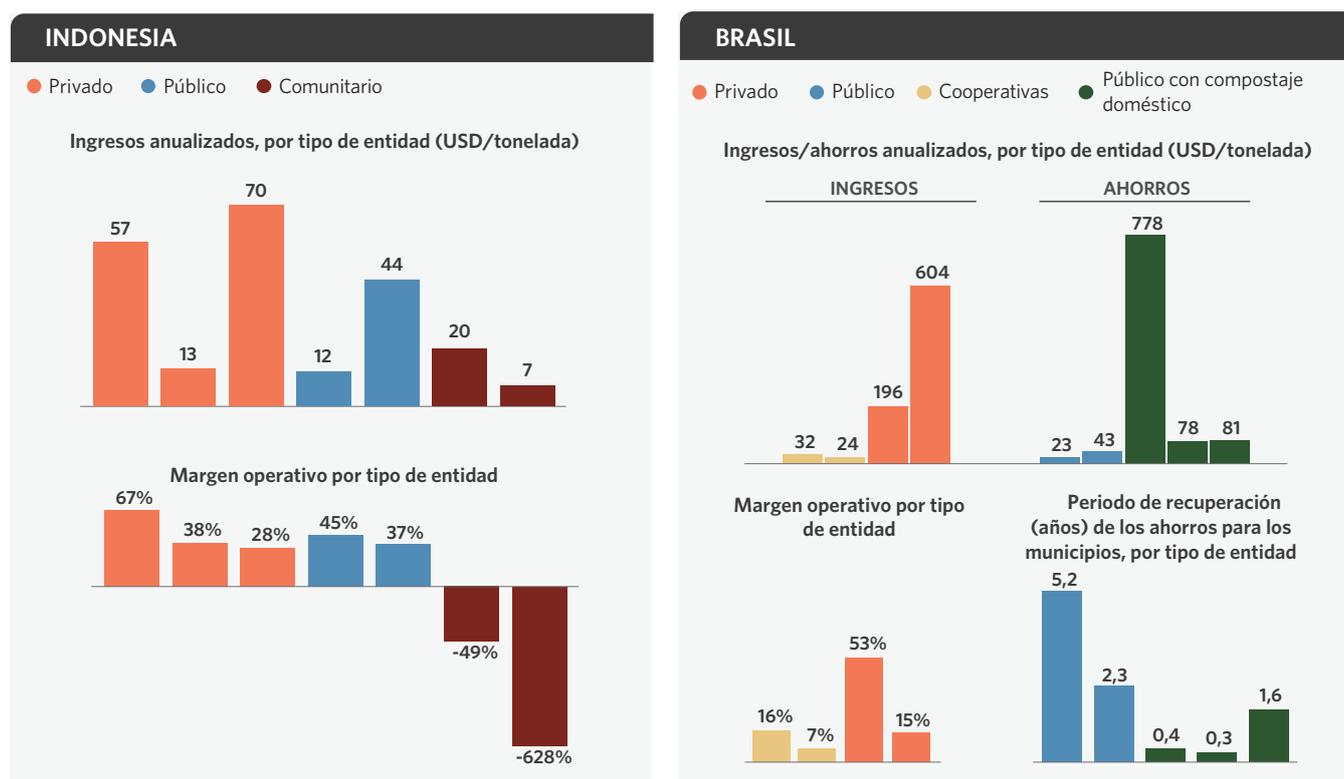
La gestión de residuos sólidos a nivel comunitario y el compostaje doméstico con financiamiento público pueden resultar competitivos en cuanto a los costos. Si se utiliza el LCOW como indicador de costos, los datos de la muestra correspondiente a grupos comunitarios en Indonesia revelan resultados competitivos en comparación con otros modelos de negocio, incluidos aquellos en los que se utilizan los incineradores y la CDR (según datos proporcionados por YPBB). Para Brasil, el LCOW promedio del modelo de compostaje doméstico con financiamiento público es menor que el de otros modelos de negocio.

Figura 35: LCOW en las muestras de Indonesia y Brasil



- Los ahorros de costos generados por desviar los residuos orgánicos de los vertederos resultan atractivos, aunque no siempre se cuantifican. Solo el modelo de gestión pública de residuos en la muestra de Brasil proporciona datos e información sobre estos ahorros, a diferencia del caso de Indonesia.

Figura 36: Desempeño financiero por tipo de entidad



3.2 DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES FINANCIERAS

Los análisis de los estudios de caso realizados en Indonesia y Brasil revelan desafíos similares en el financiamiento de la gestión de residuos sólidos orgánicos, así como oportunidades que se pueden explorar para abordarlos, tal como se describe en el siguiente cuadro.

Desafío financiero	Oportunidades conexas
1. Presupuesto público insuficiente para la gestión de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> i. Vincular la recaudación de tasas por residuos con los mecanismos existentes de cobro de tasas e impuestos que han demostrado ser eficaces (por ejemplo, impuestos prediales o facturas de servicios públicos). ii. Involucrar a grupos comunitarios en la recaudación de tasas por recolección de residuos y/o implementar formas de pago que no requieren efectivo (por ejemplo, a través de códigos QR o billeteras electrónicas). iii. Implementar indicadores claros y transparentes de ahorro presupuestario como resultado de la implementación de una estrategia de gestión de residuos como, por ejemplo, proporcionar kits de compostaje doméstico o instalaciones y asistencia técnica a grupos comunitarios de compostaje. Esto puede ayudar a justificar un mayor gasto en infraestructura para la gestión de residuos sólidos, en especial, en las primeras etapas de participación ciudadana, a través de los grupos comunitarios y las cooperativas de recicladores que gestionan residuos sólidos. iv. Vincular los pagos al volumen de residuos generados por los hogares para incentivarlos a reducir/tratar sus residuos internamente y generar una compensación por los residuos recolectados. v. Vincular los presupuestos de GRSM con los de otros sectores, como el de salud. vi. Explorar bonos municipales/verdes o <i>sukuk</i> para financiar infraestructura y equipamiento para la gestión de residuos sólidos.

Desafío financiero	Oportunidades conexas
	vii. Explorar el uso potencial de los créditos de carbono provenientes de la reducción de emisiones resultante de una mejor gestión de los residuos como, por ejemplo, en el mercado de carbono o una iniciativa en el marco del Artículo 6.
2. Viabilidad financiera de proyectos/modelos de negocio de gestión de residuos.	i. Trabajar con organizaciones filantrópicas y ONG para brindar asistencia técnica a grupos comunitarios y cooperativas de recicladores, para mejorar sus habilidades de gestión y contabilidad, y así mejorar su sostenibilidad financiera. ii. Trabajar con bancos de desarrollo y donantes para explorar posibles fuentes de financiación para agrupar proyectos en el nivel comunitario/cooperativas en la gestión de residuos sólidos. iii. Crear un modelo de negocio “emblemático” que pueda servir como ejemplo a seguir para otros municipios.
3. Flujos de efectivo incompatibles: las actividades de gestión de residuos tienen gastos operativos más elevados que los gastos de capital, pero las fuentes de financiamiento actuales (por ejemplo, préstamos y subvenciones) se centran por sobre todo en financiar el capital.	i. Mejorar las capacidades de gestión financiera de los municipios para alinear las fuentes presupuestarias- como el presupuesto estatal, los bonos, los préstamos o la recaudación de tasas por recolección de residuos- con la asignación presupuestaria, a fin de respaldar las necesidades de flujo de caja para las actividades de gestión de residuos, en especial, para los gastos operativos ordinarios. ii. Crear un fondo común de recursos provenientes de diversas fuentes, incluida la RSE, para brindar un mejor apoyo a la gestión de residuos sólidos a nivel público o comunitario, con un sistema transparente de monitoreo y presentación de informes.

3.3 OPORTUNIDADES FUTURAS

A fin de movilizar mayor financiamiento para una gestión de residuos sólidos orgánicos más cercana a la fuente que los genera y, a su vez, más inclusiva (es decir, que involucre a la comunidad y a los sectores informales), se pueden implementar las siguientes acciones:

1. **Diseño de un enfoque holístico para la gestión de residuos.**

La gestión de residuos no debe tratarse como un sector separado o aislado, sino que se deben tener en cuenta sus vínculos con otras áreas clave, como la salud, el medio ambiente y los objetivos climáticos. Además, las decisiones de inversión o asignación de presupuestos públicos para la gestión de residuos sólidos también deben considerar el valor económico de los cobeneficios, como la creación de empleo, los ahorros en el presupuesto derivados de la reducción del transporte de residuos y de las emisiones de CO₂, así como la reducción de los niveles de metano, el aumento de la seguridad alimentaria como resultado de la agricultura urbana que utiliza fertilizantes provenientes del tratamiento de residuos, o la cría de aves de corral que utiliza larvas de MSN. Estos cobeneficios pueden brindar una justificación para destrabar más tipos de financiamiento, como bonos verdes y sostenibles y créditos de carbono. La vinculación de la gestión de residuos con la educación también podría aumentar la concientización de los habitantes en general sobre la gestión de residuos sólidos desde una edad temprana.

2. **Involucramiento de todas las partes interesadas en la gestión de residuos sólidos, incluidos los grupos comunitarios y los trabajadores informales.**

La gestión de residuos no puede ser competencia exclusiva del gobierno. Sin embargo, el gobierno debe liderar, coordinar e involucrar a todos los actores que trabajan en el sector, incluidos los trabajadores informales y los grupos comunitarios. El gobierno también debería diseñar e implementar políticas que reconozcan y empoderen a los actores marginados, como los recicladores y los grupos comunitarios, para que contribuyan más a la gestión de residuos.

Dado que la recolección de residuos representa casi el 60% de los costos directos de la gestión de residuos sólidos municipales (PNUMA, 2024), las estrategias deben centrarse en la manera de tratar los residuos lo más cerca posible de la fuente. Una hoja de ruta y un mapeo de las partes interesadas en la gestión de residuos sólidos municipales ayudan a asignar responsabilidades entre los grupos de interés. Por ejemplo:

- a. a. Obligar a capturar metano a las industrias que producen residuos orgánicos de forma continua.
- b. Educar y exigir la separación de residuos a nivel comunitario y doméstico.
- c. Facilitar e involucrar al público en general, a los hogares y a los grupos comunitarios en el tratamiento sencillo de residuos orgánicos como, por ejemplo, a través del compostaje.
- d. Implementar la responsabilidad extendida del productor (REP) en sectores industriales que también se relacionan con los residuos orgánicos.
- e. Involucrar a las cooperativas de recicladores en la recolección de residuos y en la operación de instalaciones de tratamiento de desechos.

Además, el gobierno puede dejar en claro su estrategia de financiamiento mediante una clara división de responsabilidades:

- a. **Para la acción en el sector privado** como, por ejemplo, la captura de metano en los desechos industriales y la REP, sería posible obtener capital o financiamiento de bancos privados, ya que las industrias pueden tener lazos con bancos comerciales. Por lo tanto, puede que no se requiera financiamiento público. El apoyo gubernamental puede limitarse a simplificar los permisos y la reglamentación de los proyectos de tratamiento de residuos, o a ofrecer exenciones fiscales para la importación de tecnología para el tratamiento de residuos.
- b. **Para modelos de negocio comunitarios**, el gobierno puede canalizar fondos estatales o subvenciones de donantes o de RSE para el diseño de campañas y para la educación y asistencia técnica con miras a mejorar la concientización y la capacidad de las comunidades (incluso en gestión de residuos sólidos y en la contabilidad). También puede proporcionar instalaciones (incluidos los terrenos, si el presupuesto lo permite) para segregar y tratar los residuos orgánicos, en especial, en las primeras etapas de los programas. El gobierno puede movilizar fondos para estas actividades desde diversas fuentes, ya sea a través de los bancos multilaterales de desarrollo (BMD), los créditos de carbono, o mediante la emisión de bonos verdes. Los gobiernos también pueden actuar como compradores (o intermediarios con compradores) de productos provenientes del tratamiento de desechos por parte de los grupos comunitarios, como fertilizantes orgánicos o larvas de MSN, para que los grupos comunitarios puedan cubrir los gastos operativos, o incluso mejorar sus medios de vida a través de prácticas de economía circular.
- c. **Para los trabajadores informales**, al igual que en el caso de los recicladores, el gobierno puede brindar asistencia técnica y oportunidades de trabajo en plantas públicas de gestión de residuos sólidos a cambio de salarios o contratos competitivos.

3. Crear indicadores mensurables y transparentes para medir y monitorear la gestión de residuos. Todo proyecto público o privado debe contar con un sistema de monitoreo y evaluación (M&E) con indicadores mensurables.

- a. En el caso de los proyectos que utilizan financiamiento público, el monitoreo y la evaluación exigen indicadores mensurables y transparentes, incluida la asignación presupuestaria y los ahorros, para garantizar la rendición de cuentas pública.
- b. En el caso de proyectos que utilizan subvenciones de donantes o financiación de bancos multilaterales de desarrollo, los sistemas de monitoreo y evaluación pueden generar confianza y atraer un mayor financiamiento.
- c. En el caso de los proyectos que utilicen financiamiento privado, los financiadores exigirán a los responsables del proyecto que presenten informes sobre el uso de los fondos y que cumplan con ciertos indicadores. Un buen sistema de monitoreo y evaluación facilitará la elaboración de informes y el seguimiento de los indicadores y asegurará una buena rendición de cuentas.

4. Crear las condiciones/seguridad jurídica para los actores en el sector de gestión de residuos. A fin de acceder a más derechos y financiamiento, las entidades/modelos de negocio de gestión de residuos sólidos necesitan que el gobierno les brinde condiciones/seguridad jurídica:

- a. Los grupos comunitarios necesitan contar con una condición jurídica formal, como el de las cooperativas o las empresas de propiedad regional o municipal en Indonesia, para poder obtener del gobierno el derecho de uso de las tierras para la gestión de residuos sólidos. También deben estar insertos en una determinada categoría jurídica para arrendar tierras o vender/suministrar productos que se generan en los procesos de gestión de residuos sólidos. La condición jurídica también es necesaria para acceder al financiamiento de bancos u otros financiadores comerciales.
- b. Para los trabajadores, la condición jurídica de empleados formales les permite acceder a derechos como el seguro social o laboral, además de contar con salud, seguridad e higiene en el trabajo.
- c. Los actores privados de gestión de residuos sólidos requieren certeza respecto de las políticas y los procedimientos para obtener los permisos. A continuación, se enumeran algunos obstáculos para los modelos de negocio privados de recolección y tratamiento de residuos entre empresas en Indonesia:
 - Las dobles tasas de gestión de residuos que a veces deben pagar las empresas privadas: Las empresas privadas, como hoteles, restaurantes y cafeterías, deben pagar tasas de recolección de residuos a los gobiernos municipales, incluso si han contratado a un tercero para la recolección de residuos.
 - Los actores privados en la gestión de residuos sólidos requieren permisos por separado para utilizar larvas de MSN para el tratamiento de desechos, ya que esto se considera una actividad agrícola.

Para fomentar una mayor inversión privada en la gestión de residuos sólidos, se pueden ofrecer incentivos, incluidos los fiscales (por ejemplo, recortes en impuestos, exenciones en el pago de tasas para la recolección y eliminación de residuos) y no fiscales (por

ejemplo, un permiso único para empresas que cubran tanto la recolección como el tratamiento de residuos orgánicos).

- d. En todos los modelos de negocio, se necesita certeza o previsibilidad en relación con los flujos de efectivo para acceder al financiamiento comercial/privado. La viabilidad financiera está determinada principalmente por la capacidad de una entidad para devolver préstamos a bancos/financiadores (es decir, flujo de caja). Una referencia común para los bancos al calcular su flujo de caja es un contrato conforme el marco jurídico que menciona un determinado pago a la entidad de forma periódica. Estos pagos pueden ser realizados por el gobierno o por una entidad privada. Cuanto más creíble sea el contratista, mayor será la probabilidad de obtener financiación. El pago contratado debe cubrir los gastos operativos y financieros, incluidos los préstamos. Para incentivar la financiación por parte de los bancos para cualquier modelo de negocio, el gobierno puede crear un contrato que cubra sus gastos. De manera similar, las entidades de gestión de residuos sólidos pueden solicitar lo mismo en los contratos entre empresas.

APÉNDICE

Cuadro A.1: Muestras de Bandung, Indonesia

Nombre de la empresa incluida en la muestra	Ubicación	Operador	Actividades y tecnologías
Agro Bintang Nusantara	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Recolección de residuos, Separación, Compostaje, Reciclaje
BSF Dago	Ciudad de Bandung, Indonesia	Grupo Comunitario	Recolección de residuos y compostaje doméstico
Jamaras	Ciudad de Bandung, Indonesia	Grupo Comunitario	Recolección de residuos y compostaje doméstico
Neglasari	Ciudad de Bandung, Indonesia	Gobierno	Recolección de residuos, Separación, y Compostaje
Ngadaur	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Recolección de residuos, Separación, y Compostaje
TPST-E Rancabolang	Ciudad de Bandung, Indonesia	Gobierno	Recolección de residuos, Separación, y Compostaje
Waste4Change	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Recolección, Separación, Compostaje y Reciclaje de residuos
CDR	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Clasificación, trituración, secado y conversión de residuos en combustible para la generación de energía
Incinerador pequeño	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Recolección de residuos, incineración, producción de electricidad y eliminación de cenizas.
Incinerador grande	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Recolección de residuos, incineración a alta temperatura, generación de electricidad y eliminación de cenizas.
Relleno Sanitario	Ciudad de Bandung, Indonesia	Privado	Eliminación de residuos, captura de metano y quema del biogás remanente

Cuadro A.2: Muestras de Brasil

Nombre de la empresa incluida en la muestra	Ubicación (municipio/ciudad)	Operador	Actividades y tecnologías
VerdeCoop	Entre Ríos/Bahía (BA)	Cooperativa de Recicladores	Compostaje
Copercicla	Santa Cecilia do Sul/ Río Grande do Sul (RS)	Cooperativa de Recicladores	Compostaje automatizado
Minhocaria	Araraquara/San Pablo (SP)	Privado	Recolección separada y compostaje de residuos orgánicos domésticos y comerciales
Ciclo Orgânico	Río de Janeiro/Río de Janeiro (RJ)	Privado	Recolección separada y compostaje de residuos orgánicos domésticos y comerciales
Ferías y Jardines Sostenibles*	San Pablo/San Pablo (SP)	De gestión privada y propiedad pública (El operador privado se selecciona mediante licitación pública cada dos o cuatro años)	Recolección selectiva, compostaje
Basura Cero Florianópolis (centralizado)	Florianópolis/Santa Catarina (SC)	De gestión privada y propiedad pública (El operador privado se selecciona mediante licitación pública cada dos o cuatro años)	Compostaje público, Compostaje doméstico
Compost Sertão	Sertãozinho/San Pablo (SP)	Compostaje comunitario/ doméstico	Compostaje doméstico, vermicompostaje
Proyecto Lages de Residuos Orgánicos Cero	Lages/Santa Catarina (SC)	Compostaje comunitario/ doméstico	Compostaje doméstico, Compostaje comunitario
Basura Cero Florianópolis (HC)	Florianópolis/Santa Catarina (SC)	Compostaje comunitario/ doméstico	Compostaje doméstico
Biometanización-DA en el Parque Caju (APP)	Río de Janeiro/Río de Janeiro (RJ)	APP	Digestión anaeróbica extra seca (metanización), compostaje de digestato, generación de electricidad, quema del biogás remanente

Cuadro A.3: Cobeneficios de las tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos en las muestras de Bandung

Categoría de cobeneficio	Descripción del cobeneficio	Compostador Losedda	Compostador Takakura	Bata Terawang	Compostaje en hileras	Biodigester	Larvas de MSN
Financiero	Ahorro de costos y pagos en recolección y eliminación de residuos y tasas de ingreso al vertedero	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Financiero	Ahorro de costos en fertilizantes químicos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Financiero	Ahorro de costos en combustible para cocinar, calefacción o electricidad.					✓	
Financiero	Ingresos por la venta de productos primarios generados por la tecnología (por ejemplo, compost, biogás, biólodo, alimento animal a partir de la MSN, excrementos de MSN)			✓	✓	✓	✓
Financiero	Ingresos por venta de productos secundarios (por ejemplo, frutas y verduras orgánicas, huevos de gallina, pollos, patos)			✓	✓	✓	✓
Económico	Apoyo a la agricultura local mediante el suministro de compost	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Económico	Mejora de la productividad agrícola a mayor escala				✓	✓	
Económico	Desarrollo de pequeñas empresas relacionadas con el compostaje, la agricultura y la jardinería.				✓	✓	✓
Económico	Apoyo a la Economía circular al mantener los recursos dentro de la comunidad	✓	✓	✓			
Económico	Expansión del mercado de productos primarios (por ejemplo, el compost, las larvas)				✓		✓
Económico	Oportunidades de empleo para operar la tecnología				✓	✓	✓
Económico	Creación de empleos en la cadena de suministro tecnológica (por ejemplo, construcción, operación, mantenimiento, apoyo agrícola, cría de MSN)					✓	✓
Social / comunitario	Mayor participación comunitaria y concientización en relación con las prácticas sostenibles.	✓	✓	✓			✓
Social / comunitario	Promoción de la agricultura urbana para consumo propio o para la venta.	✓	✓	✓			
Social / comunitario	Oportunidades educativas para escuelas, organizaciones y comunidades locales sobre gestión de los residuos y sostenibilidad.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Social / comunitario	Fortalecimiento de los vínculos comunitarios a través de actividades colaborativas de gestión de los residuos.			✓			

Categoría de cobeneficio	Descripción del cobeneficio	Compostador Loseda	Compostador Takakura	Bata Terawang	Compostaje en hileras	Biodigester	Larvas de MSN
Social / comunitario	Reducción de la dependencia de fuentes de energía externas, y promoción de la independencia energética para las comunidades					✓	
Salud	Mejora de la calidad del aire (exterior) y del agua al reducir la contaminación local y el olor asociado a los residuos orgánicos no gestionados o quemados	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salud	Mejora de la calidad del aire interior, lo que reduce los riesgos para la salud en relación con el aparato respiratorio.					✓	
Ambiental	Mejora de la salud del suelo y de su fertilidad mediante el uso de fertilizantes orgánicos (compost, biolodo, excrementos)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ambiental	Promoción de la salud del ecosistema que mejora la biodiversidad	✓	✓	✓	✓		
Ambiental	Captura de metano que de otro modo se liberaría a la atmósfera, y así contribuir a la mitigación del cambio climático	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ambiental	Reducción de las emisiones de CO2 generadas por la recolección/transporte de residuos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ambiental	Reducción de las emisiones de CO2 mediante el uso de combustible alternativo					✓	
Ambiental	Conservación del espacio que ocupa el vertedero	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Cuadro A.4: Cobeneficios de las tecnologías de tratamiento de residuos orgánicos en la muestra de Brasil

Categoría de cobeneficio	Descripción del cobeneficio	Compostaje Comunitario	Vermicompostaje	Pilas volteadas (hileras)	Hileras aireadas pasivamente	Biometanización	Rec. Mat. Y Trat. Biológico
Financiero	Ahorro en los costos de recolección y eliminación de residuos, así como también en las tasas de acceso a los vertederos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Financiero	Ahorro de costos en fertilizantes químicos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Financiero	Ahorro de costos en combustible para cocinar, calefacción o electricidad.					✓	
Financiero	Ingresos por la venta de productos primarios generados por la tecnología (por ejemplo, compost, biogás, biolodo, alimento animal a partir de la MSN, excrementos de MSN)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Categoría de cobeneficio	Descripción del cobeneficio	Compostaje Comunitario	Vermicompostaje	Pilas volteadas (hileras)	Hileras aireadas pasivamente	Biometanización	Rec. Mat. Y Trat. Biológico
Financiero	Ingresos por la venta de productos secundarios (por ejemplo, frutas y verduras orgánicas, huevos de gallina, pollos, patos)						
Económico	Apoyo a la agricultura local mediante el suministro de compost	✓	✓	✓	✓		
Económico	Mejora de la productividad agrícola a mayor escala			✓	✓		
Económico	Desarrollo de pequeñas empresas relacionadas con el compostaje, la agricultura y la jardinería.	✓	✓	✓	✓		
Económico	Apoyo a la Economía circular al mantener los recursos dentro de la comunidad						
Económico	Expansión del mercado de productos primarios (por ejemplo, el compost, las larvas)						
Económico	Oportunidades de empleo para operar la tecnología			✓		✓	✓
Económico	Creación de empleos en la cadena de suministro tecnológica (por ejemplo, construcción, operación, mantenimiento, apoyo agrícola, cría de MSN)					✓	✓
Social / comunitario	Mayor participación comunitaria y concientización en relación con las prácticas sostenibles.	✓	✓				
Social / comunitario	Fomento de la agricultura urbana para consumo propio o para la venta.	✓	✓				
Social / comunitario	Oportunidades educativas para escuelas, organizaciones y comunidades locales sobre gestión de los residuos y sostenibilidad.	✓	✓				
Social / comunitario	Fortalecimiento de los vínculos comunitarios a través de actividades colaborativas de gestión de los residuos.	✓	✓				
Social / comunitario	Reducción de la dependencia de fuentes de energía externas, y promoción de la independencia energética para las comunidades		✓			✓	
Salud	Mejora de la calidad del aire (exterior) y del agua al reducir la contaminación local y el olor asociado a los residuos orgánicos no gestionados o quemados	✓	✓	✓	✓		
Salud	Mejora de la calidad del aire interior, lo que reduce los riesgos para la salud en relación con el aparato respiratorio.						
Ambiental	Mejora de la salud del suelo y de su fertilidad mediante el uso de fertilizantes orgánicos (compost, biolodo, excrementos)	✓	✓	✓	✓		✓
Ambiental	Promoción de la salud del ecosistema lo que mejora la biodiversidad	✓	✓	✓	✓		

Categoría de cobeneficio	Descripción del cobeneficio	Compostaje Comunitario	Vermicompostaje	Pilas volteadas (hileras)	Hileras aireadas pasivamente	Biometanización	Rec. Mat. Y Trat. Biológico
Ambiental	Captura de metano que de otro modo se liberaría a la atmósfera, y así contribuir a la mitigación del cambio climático	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ambiental	Reducción de las emisiones de CO2 generadas por la recolección/transporte de residuos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ambiental	Reducción de las emisiones de CO2 mediante el uso de combustible alternativo					✓	
Ambiental	Conservación del espacio que ocupa el vertedero	✓	✓	✓	✓	✓	✓

REFERENCIAS

CPI, 2023, Panorama de la financiación para la reducción del metano 2023, disponible en <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/landscape-of-methane-abatement-finance-2023/>

Dias, Sonia, 2009, Panorama del marco legal para la inclusión social en la gestión de residuos sólidos en Brasil

GAIA, 2022, De Basura Cero a Cero Emisiones, disponible en https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/2022/12/CeroBasuraCeroEmisiones_-ES-double-page.pdf

Decreto Número 81/2012 sobre Gestión de Residuos Domésticos y su equivalente

Institute of Environmental Management & Assessment (IEMA) (Instituto de Gestión y Evaluación Ambiental), 2024, Waste Management in

Ley Número 18 de 2008 sobre Gestión de Residuos

Ley Número 11 de 2020 sobre Creación de Empleo

Ley Número 23 de 2014 sobre Gobiernos Subnacionales

Lino, A.M. Fatima, Kamal A.R. Ismail, Juan A. Castaneda-Ayarza, 2023, *Tratamiento de residuos sólidos urbanos en Brasil: una revisión exhaustiva*

Decreto Reglamentario Número 35 de 2018 sobre Aceleración de la Instalación de Plantas de Reconversión de Residuos en Energía con Tecnología que favorezca el Medio Ambiente

Decreto Reglamentario 97/2017 – Política y Estrategia Nacional (Jakstranas) sobre Gestión de Residuos Domésticos y su equivalente

Ministry of Home Affairs (Ministerio del Interior) Reglamentación Número 7 de 2021 sobre Residuos

Ministry of Home Affairs (Ministerio del Interior) Reglamentación Número 15 de 2023 sobre Directrices para preparar el Presupuesto Regional de Ingresos y Egresos para el Ejercicio Fiscal 2024

Ministry of Public Works and Housings (Min. Obras Públicas y Vivienda) Reglamentación Número 3/2013 sobre la Implementación de Infraestructura y Plantas para tratar Residuos Domésticos y su equivalente

Gobierno Provincial de Java Occidental, Reglamentación Número 12 de 2010 sobre Gestión de Residuos en Java Occidental

Reglamentación Número 89 de 2021, Intendencia de la Ciudad de Bandung, sobre Normas Mínimas de Servicios en el Sector Residuos

Management Technical Implementer of Environmental and Sanitation Department through Municipal Public Services Agency (Ejecutor Técnico de Gestión del Departamento de Medio Ambiente y Saneamiento a través de la Agencia de Servicios Públicos Municipales)

climatepolicyinitiative.org