

Gestión estratégica de residuos orgánicos en Bogotá

Situación actual y recomendaciones

Gestión estratégica de residuos orgánicos en Bogotá - Situación actual y recomendaciones

Apoyado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Programa de GIZ Colombia
Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC)
Sarah Hirsch, Coordinadora PREVEC
Calle 125 No.19-24, oficina 701, Bogotá – Colombia

Autores:

Michael F. Goldstein, Markus Lenhart, Erik Fischer, Friederike Naegeli de Torres
Fabian-Constantin Sittaro
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Febrero, 2023

Contacto:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Teléfono: +49 (0)341 2434-112
Fax: +49 (0)341 2434-133
Correo electrónico: info@dbfz.de Internet: www.dbfz.de

Goldstein, Michael F. (WP 1) Teléfono: +49 (0)341 2434-565
Correo electrónico: michael.goldstein@dbfz.de
Dr. Naegeli de Torres, Friederike (WP 2) Teléfono: +49 (0)341 2434-620
Correo electrónico: friederike.naegeli@dbfz.de

Cita sugerida:

Goldstein, M.F., Lenhart, M., Fischer, E., Naegeli de Torres, F. & Sittaro, F.-C. (2022). Strategic Management of Organic Residues in Bogotá. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.

Traducción inglés - español:

ML TRADUCTORES ASOCIADOS SAS. Luis H. Guío S., traductor e intérprete oficial según la Resolución 1294/1991 del Ministerio de Justicia.

Por encargo del

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Esta publicación ha sido apoyada por el Programa Empleos Verdes en la Economía Circular (PREVEC) que está implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y sus contrapartes colombianas, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Las ideas vertidas en el texto son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen la línea institucional de la GIZ.

Se autoriza la reproducción total del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

Índice

1	Introducción	15
1.1	Objetivos del proyecto.....	16
1.1.1	Paquete de trabajo 1 (WP1):	17
1.1.2	Paquete de trabajo 2 (WP2):	17
1.1.3	Desviación de los objetivos fijados.....	18
1.2	Enfoque y marco metodológico.....	19
2	Supuestos clave	21
3	Conceptos tecnológicos (WP1).....	22
3.1	Descripción de conceptos	22
3.1.1	Concepto 1 - alta calidad del sustrato	22
3.1.2	Concepto 2 - baja calidad del sustrato	23
3.1.3	Conclusión del concepto.....	24
3.2	Descripción del proceso.....	24
3.2.1	Proceso anaeróbico 1: sistema digestor de lotes múltiples (baches)	24
3.2.1.1	Ventajas del sistema de digestor de lotes múltiples	25
3.2.1.2	Limitaciones del sistema digestor de lotes múltiples	26
3.2.2	Proceso anaeróbico 2: digestor de flujo pistón	26
3.2.2.1	Ventajas del sistema digestor de flujo pistón.....	27
3.2.2.2	Limitaciones del sistema digestor de flujo pistón.....	27
3.2.3	Comparación de los procesos anaeróbicos	27
3.2.4	Proceso anaeróbico 1: compostaje en pila abierta.....	28
3.2.4.1	Ventajas del compostaje en pila abierta	28
3.2.4.2	Limitaciones del compostaje en pilas abiertas	28
3.2.5	Proceso anaeróbico 2: compostaje en túnel.....	29
3.2.5.1	Ventajas del compostaje en túnel	29
3.2.5.2	Limitaciones del compostaje en túnel.....	29
3.2.6	Comparación de los procesos aeróbicos.....	30
3.3	Suministro de energía	31
3.4	Concepto y proceso recomendados	32
3.4.1	¿Por qué recomendamos este sistema?	34
4	Análisis de flujos de residuos y análisis espaciales (WP2)	35
4.1	Investigación bibliográfica y recopilación de datos.....	35
4.1.1	Plazas de mercado públicas.....	35

4.1.2	Residuos orgánicos de los hogares.....	35
4.1.3	Empresas privadas, instituciones e industrias.....	36
4.2	Encuesta sobre generación de residuos orgánicos	39
4.2.1	Diseño del cuestionario y recolección de datos	40
4.2.2	Procesamiento de los datos de campo obtenidos durante la encuesta	41
4.3	Mapeo de la generación de residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá.....	43
4.3.1	Mapas de actores relevantes vinculados a la producción de residuos orgánicos y potenciales distribuidores de biogás.....	43
4.3.2	Mapa de la generación de residuos orgánicos domiciliarios en Bogotá	45
4.3.3	Mapas de calor sobre generación de residuos orgánicos por sector basados en los resultados de la encuesta.....	48
4.4	Mapa web de la generación de residuos orgánicos en Bogotá.....	52
5	Recomendaciones y resultados	54
6	Actividades futuras y oportunidades de continuación.....	57
7	Lista de referencias.....	59

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación entre el digester de flujo pistón y el digester de lotes múltiples	27
Tabla 2. Comparación entre el compostaje en pila abierta y en túnel	31
Tabla 3. Datos marco para la planificación de ingeniería en la producción de biogás y el concepto de compostaje.....	33
Tabla 4. Lista de precios de la información de registro.....	37
Tabla 5. Generalidades de los criterios específicos (indicadores específicos) que se definieron para ser estudiados en las diferentes subcategorías de los grupos para permitir la modelación de los datos.....	41
Tabla 6. Resultado esperado del biometano y posible suministro de autobuses de transporte público en caso de utilizar combustible GNC.....	55
Tabla 7. Hoja de ruta para la introducción gradual de procesos	56

Lista de figuras

Figura 1 Hoja de ruta del proyecto	17
Figura 2. Recolección de residuos orgánicos en plazas de mercado, empresas seleccionadas, recortes de césped y podas de árboles. Tras la fermentación y el compostaje pueden utilizarse como abono en instalaciones agrícolas	23
Figura 3. Recolección de residuos orgánicos en hogares, plazas de mercado e industrias. Tras la fermentación y el compostaje, el compost se utiliza como material de cobertura de rellenos sanitarios o en jardinería no agrícola, como berma de autopistas	24
Figura 4. Posible sistema de digestor de baches con ocho cajas y pala cargadora	25
Figura 5. Digestor cilíndrico de flujo pistón	26
Figura 6. Posible disposición de los módulos para el compostaje en pila abierta, incluido el aprovechamiento del biogás	29
Figura 7. Posible disposición de los módulos para el compostaje en túnel, incluido el aprovechamiento del biogás	30
Figura 8. Comparación de los costos de producción de electricidad	31
Figura 9. Etapas del proceso y flujo de materiales del concepto recomendado	32
Figura 10. Ejemplo de planta de tratamiento de biorresiduos en Alemania con los pasos del proceso	33
Figura 11. Flujo de trabajo para la recopilación de información sobre las partes interesadas relevantes para la ciudad de Bogotá	36
Figura 12. Portada de la base de datos elaborada a partir del listado de las 10 000 empresas más grandes de Colombia y de la información obtenida del Sistema de Información para la Gestión de Aseo Bogotá (SIGAB)	39
Figura 13. Mapa de las partes interesadas identificadas que son susceptibles de producir residuos orgánicos en cantidades significativas	44
Figura 14. Mapa de las estaciones de servicio de Transmilenio S.A. con provisión de gas natural que abastecen el sistema de transporte público de buses de la ciudad	45
Figura 15. Mapa de las cantidades estimadas de residuos orgánicos generados por los hogares por manzana en Bogotá	46
Figura 16. Zonificación de los conglomerados socioeconómicos en Bogotá	47
Figura 17. Comparación entre las cantidades de residuos obtenidas para las plazas de mercado distritales en Bogotá a partir de un estudio de campo y un informe del IPES (2018)	

.....	48
Figura 18. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de las plazas de mercado de Bogotá a partir de los datos obtenidos en la encuesta.....	49
Figura 19. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de los actores comerciales en Bogotá con base en los datos obtenidos en la encuesta	50
Figura 20. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de los actores institucionales en Bogotá basado en datos obtenidos en la encuesta	51
Figura 21. Captura de pantalla de la aplicación web sobre agentes generadores de residuos y mapas de calor de la distribución de residuos orgánicos	52
Figura 22. Número de autobuses que pueden abastecerse en el transporte público local en caso de uso de GNC con biometano	54

Lista de abreviaturas y símbolos

Abreviaturas	Explicación
CIU	Clasificación de Actividades Económicas (CIU), revisión 4 adaptada para Colombia
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
DIN	Organismo nacional alemán de estandarización
Fenalco	Federación Nacional de Comerciantes
FM	Materia fresca
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
IPES	Instituto Para La Economía Social
LAC	Latinoamérica y el Caribe
LAGA	Traducción de LAGA PN 98 - Normas básicas para la recolección de muestras sólidas y semisólidas para el análisis de residuos
TPN	Temperatura y presión normales (TN = 0 °C (273.15 K), pN = 101,325 Pa = 1.01325 bar)
PREVEC	Programa Empleos Verdes en la Economía Circular
ODS/ONU ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas
SIGAB	Sistema de Información para la Gestión de Aseo Bogotá
TS	Sólido total
UAESP	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos de Bogotá

UniDist	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
WP1 o WP2	Paquete de trabajo 1 o paquete de trabajo 2

1 Introducción

Se estima que en 2050 el 68 % de la población mundial vivirá en zonas urbanas (ONU Medio Ambiente, 2018). Esta es una tendencia a la que se enfrentan especialmente las ciudades de los países en desarrollo y emergentes, donde los procesos de urbanización son tanto una causa como una consecuencia del creciente desarrollo económico (BBVA Research, 2017). Sin embargo, con el aumento de la población, el aumento de las tasas de urbanización y el crecimiento de las economías, la generación de residuos en los centros urbanos está causando cada vez más problemas para una gestión adecuada de los residuos (Hettiarachchi *et al.*, 2018). Se estima que la generación de residuos en la región de LAC (Latinoamérica y el Caribe) aumentará al menos un 25 % para 2050 (Savino, 2018).

En Bogotá, la capital de Colombia, el relleno sanitario Doña Juana ha sido la única vía para disponer de todo el volumen de residuos de la ciudad desde 1988. Debido al actual volumen diario de residuos no aprovechados procedentes de la recolección regular, aproximadamente 5700 t (UAESP, 2020), con una proporción estimada de residuos orgánicos del 50 %, se necesitan urgentemente nuevas vías de disposición que idealmente incluyan también el aprovechamiento material y energético de los residuos orgánicos. Por esta razón, la Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), en cooperación con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) y el DBFZ Deutsche Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ), inició a finales de 2020 un proyecto que aborda este problema e intenta aclarar inicialmente dos cuestiones esenciales. Por un lado, se buscó hacer un análisis y una cuantificación espacial de diversos flujos de residuos que proporcione una visión general de las zonas de la ciudad con mayor cantidad de residuos orgánicos. En segundo lugar, a partir de las cantidades de residuos orgánicos recolectadas, se mostrarán diversas alternativas tecnológicas frente a la actual vía de disposición, que incluyen soluciones descentralizadas para optimizar la logística y minimizar las distancias de transporte.

Crear una base de datos confiable y establecer tecnologías de tratamiento adecuadas no solo puede ayudar a la ciudad de Bogotá en su camino hacia la reducción de la carga de residuos del relleno sanitario Doña Juana. Por el contrario, la introducción gradual de un concepto de gestión de residuos orientado a la economía circular puede conducir a prevenir emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad de vida en la ciudad y valorizar recursos tanto en términos de materiales como de energía. Por ejemplo, por medio de la producción de fertilizantes orgánicos a partir de flujos de residuos orgánicos puros, con el fin de sustituir los fertilizantes industriales, o la producción de biometano con el propósito de sustituir los combustibles fósiles para el sector del transporte público.

1.1 Objetivos del proyecto

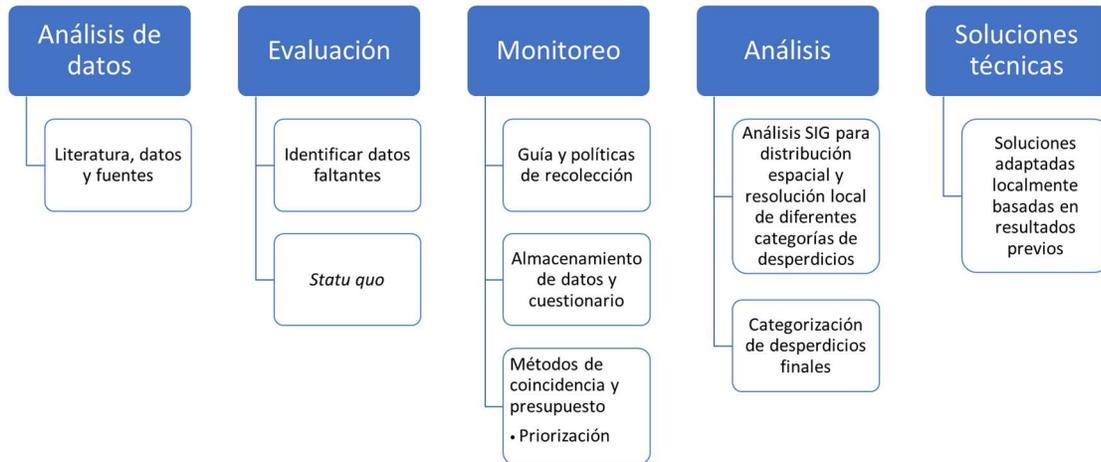
El proyecto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (UN Sustainable Development, 2021), en particular al objetivo 12 “Producción y consumo sostenible”, al proporcionar conceptos para optimizar la gestión de residuos de la ciudad de Bogotá buscando reducir la cantidad de residuos dispuestos. Sin embargo, el proyecto también contribuye a la consecución del objetivo 7 “Energía asequible y limpia” y del Objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”.

El contratista (DBFZ) contribuirá de manera significativa al desarrollo estratégico de una estrategia de economía circular específica para los residuos orgánicos en Bogotá, Colombia. Por su parte, mediante un apoyo técnico específico, la UAESP podrá evaluar los flujos de materia orgánica y su composición biológico-química dentro de la ciudad, para, sobre esta base, identificar las tecnologías adecuadas para su valorización. La información proporcionada por el DBFZ les permite a los tomadores de decisiones desarrollar estrategias y medidas eficaces para gestionar los residuos, lo que hace posible reducir la cantidad de residuos orgánicos que llegan al relleno sanitario de la ciudad. Este objetivo se persigue conjuntamente y en estrecha colaboración con la UAESP y el PREVEC, con quienes se coordinan los distintos paquetes de trabajo.

En este contexto, el contratista está obligado a apoyar al PREVEC y a la autoridad competente en Bogotá (UAESP) en el desarrollo de los primeros pasos hacia la creación de un concepto integrado y común para la gestión de los residuos orgánicos de los hogares, el comercio y la industria. Dado que la gestión general de los residuos orgánicos solo ha sido tratada tangencialmente por las autoridades competentes en el pasado, cabe suponer que a nivel local la información y los conocimientos técnicos generales sobre el tema son limitados. Por lo tanto, el gobierno municipal de Bogotá está comenzando una estrategia compleja que requiere apoyo en varios niveles.

La UAESP se considera el socio más importante *in situ* y ha comprometido su interés y dar máxima cooperación, pero depende de los conocimientos técnicos del DBFZ y solo coopera en este sentido. El DBFZ elaboró la hoja de ruta (véase la figura 1).

Figura 1 Hoja de ruta del proyecto



1.1.1 Paquete de trabajo 1 (WP1): Caracterización de los residuos orgánicos y su potencial de valorización

- Análisis y evaluación de la información existente sobre la gestión de residuos orgánicos en Bogotá y, si procede, también a nivel nacional.
- Desarrollo de un método para recolectar, almacenar y analizar muestras representativas durante un periodo de al menos cuatro y hasta doce meses.
- Especificaciones de entrega para el muestreo de los residuos orgánicos.
- Preparación de una tabla de recolección de datos adecuada (por ejemplo, en Excel) para registrar los resultados de los análisis (composición biológico-química), incluida la entrega de una plantilla común.
- Análisis e interpretación de todos los resultados y hallazgos relevantes entregados (muestras de laboratorio, datos de encuestas, etc.).
- Clasificación continua de las calidades de los residuos (si es necesario, por distrito, estrato socioeconómico, etc.) en un número adecuado de categorías (desde 1 hasta un máximo de 3).
- Propuestas iniciales y evaluación aproximada para el desarrollo de conceptos (técnicos), pensando en la idoneidad para su valorización, basados en los resultados del análisis.

1.1.2 Paquete de trabajo 2 (WP2): Preparación de flujos de residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá

- Revisión y evaluación de los datos (geo)informativos existentes.

- Identificación de los datos que faltan y elaboración de propuestas para posibles soluciones.
- Selección, evaluación y procesamiento de 10-15 criterios (dependiendo de la disponibilidad de datos) que pueden ser utilizados para estimar el potencial de los residuos orgánicos.
- Análisis de los puntos críticos (*hot spots*) de residuos orgánicos e identificación de áreas prioritarias, incluida una identificación de las principales fuentes generadoras de residuos orgánicos.
- Preparación del material cartográfico.

1.1.3 Desviación de los objetivos fijados

En cooperación con el cliente (GIZ Colombia), los puntos focales y los objetivos del proyecto se ajustaron dinámicamente respecto a los gestores de proyecto, debido a las limitaciones en el desarrollo de las actividades propuestas y a la información disponible desde la UAESP.

Así las cosas, las actividades propuestas tuvieron un alcance limitado, específicamente por asuntos como:

- No se realizaron los análisis químicos recomendados.
- La recolección de datos para evaluar la cantidad y la calidad de los flujos de residuos se llevó a cabo sin seguir el procedimiento recomendado por la DBFZ.
- El alcance de la información recolectada por la contraparte no corresponde a la solicitada para el análisis de la DBFZ.
- La recolección de datos en comparación con lo definido en el plan de trabajo.
- La herramienta proporcionada por DBFZ para la recolección de datos no se utilizó en su totalidad; se cambiaron o se omitieron preguntas dentro de la herramienta y los datos se entregaron sin comprobar su corrección o sin ningún reprocesamiento.
- La GIZ y DBFZ acordaron el inglés como idioma del proyecto. Sin embargo, en cooperación con las contrapartes, el español resultó ser más accesible, por lo que se requirieron actividades adicionales de traducción.

El enfoque de los términos de referencia adaptados para el WP1 se desplazó hacia el desarrollo de diferentes soluciones técnicas para el tratamiento de residuos orgánicos. Además, se presentaron propuestas para una integración de la solución en el sistema y posibilidades de aplicación para el caso de implementación en diferentes fases de expansión.

En el WP2, la atención se centró en el desarrollo de bases de datos y herramientas de mapeo dinámico, que pueden utilizarse para la recopilación de datos (nueva o completa) con el fin de

cumplir la tarea original y que sirva como herramienta para que los municipios recopilen información.

Debido a la discrepancia entre el alcance solicitado por la DBFZ y los datos recibidos, se incluyeron supuestos y se ajustó el objetivo. No obstante, el procedimiento recomendado para la recopilación de datos también puede orientar a una mejora considerable de las bases de datos para futuros estudios.

1.2 Enfoque y marco metodológico

Al comienzo del proyecto, se investigó el estado actual de la gestión de residuos orgánicos en Bogotá mediante un extenso análisis bibliográfico y de los datos de fuentes públicas disponibles. El análisis mostró que un gran número de evaluaciones ya han sido realizadas en el pasado, pero, por un lado, no son conocidas por los actores administrativos y, por otro, nunca han sido transferidas a un sistema de monitoreo de residuos a nivel de área (Ver capítulo 4).

Un sistema de monitoreo de residuos que funcione correctamente proporciona información sobre la generación de residuos y su calidad, en relación directa con el lugar donde se generan. Este conocimiento es necesario para poder orientar los diferentes flujos de residuos de forma selectiva y aplicar las tecnologías de tratamiento adecuadas, de forma que se puedan obtener productos de alta calidad.

La recomendación del DBFZ a la UAESP fue iniciar un sistema de seguimiento de forma gradual, ya que una introducción a gran escala requiere mucho tiempo y dinero. Sin embargo, si nos centramos en los flujos de residuos orgánicos puros, como aquellos procedentes de las industrias alimentarias y el mantenimiento de jardines, ya se pueden generar importantes conocimientos con poco esfuerzo. Existen varias directrices y recomendaciones prácticas en todo el mundo para introducir este tipo de monitoreo de residuos. Con este fin, se tradujo al inglés y se puso a disposición de la UAESP el documento “LAGA PN 98” de la Comunidad de Residuos del Estado Federal Alemán (LAGA) (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 2002). También, se debatieron recomendaciones sobre las medidas por las cuales empezar y cómo implantarlas.

Para la introducción gradual de un sistema de control de residuos, se recomendó centrarse en los grandes productores de residuos orgánicos como estudio de referencia, y reducir así el número de muestras que debían tomarse para los análisis de laboratorio. La cantidad de muestras se redujo de 500 muestras individuales a 150 por razones económicas. En el caso de los grandes productores de residuos, las muestras debían realizarse en intervalos de dos meses durante al menos un año, como muestra compuesta de los valores medios semanales en cantidad y composición. A partir de estas muestras también debían determinarse los análisis químicos y bioquímicos de los parámetros pertinentes. Para ello, se preparó y se puso a disposición una tabla de recolección de los valores individuales.

Las 150 muestras individuales debían utilizarse para analizar un total de 25 puntos de

medición, correspondientes a los mayores productores de residuos orgánicos, durante un período de un año (más detalles en el apartado 4.2). No obstante, a petición de la UAESP, también debían tenerse en cuenta los distritos administrativos socioeconómicos, las industrias, los mercados y los hogares, lo que trae una limitación adicional a la significación estadística de la encuesta, debido a la limitación del ámbito global.

El estudio de base para la cuantificación y evaluación cualitativa de las corrientes de residuos orgánicos debía ser realizado por la Universidad Distrital en nombre de la UAESP, con base en las recomendaciones del DBFZ. Sin embargo, la ejecución del estudio presentó varios cambios en la metodología, los instrumentos y equipos, por lo que ciertos componentes, como investigaciones químicas y bioquímicas, no fueron incluidos en la caracterización y hubo preguntas estratégicas que fueron omitidas. Por lo mismo, en algunos casos no se registraron preguntas importantes o se complementaron con preguntas no relacionadas con el tema. Además, debido a la insatisfactoria formación del personal estudiantil, solo se realizaron inspecciones visuales de los puntos de medición individuales, contrario a las recomendaciones. Por lo tanto, el DBFZ reitera la importancia de contar con personal cualificado y recomienda los correspondientes programas de formación continua sobre el tema de LAGA PN 98 o normas similares.

Para poder sacar conclusiones sobre la localización y la calidad de los flujos de residuos orgánicos dentro del área urbana de Bogotá, a pesar de la falta de datos del estudio de referencia, se consideraron valores de la literatura y empíricas generalmente válidas. Con base en los siguientes datos se plantearon las tecnologías de tratamiento adaptadas para los flujos de residuos orgánicos.

2 Supuestos clave

Tal y como se describió anteriormente, hubo retos con la información facilitada. En consecuencia, la DBFZ utilizó los siguientes supuestos básicos para hacer los cálculos aproximados posteriores:

- El contenido de residuos orgánicos del total de residuos es aprox. 50-53 % (masa) (por tanto, aprox. 3000 t/d de potencial máximo disponible, menos los usos competidores).
- Todas las cantidades sin nota adicional se refieren siempre a la masa fresca de la sustancia escrita.
- Rendimiento de biogás a partir de residuos orgánicos: 75-123 m³/t (~90 m³/t con sistema de percolación; 110-120 m³/t con digestores de flujo pistón). (Döhler, 2013).
- Contenido de metano del biogás procedente de biorresiduos: 60 % (Döhler, 2013).
- Un autobús de GNC de Transmilenio consume una media de 55 m³ de gas al día (en Bogotá hay 741 autobuses de GNC disponibles, aprox. 1,62 km/m³; kilómetros totales recorridos en 2020: 23 880 000 km; para esto, el consumo total aprox. es 15 000 000 m³, lo que resulta en un valor promedio de 41 096 m³/d y 55 m³/autobús/d). (Cocier, 2018; M. C. Saldarriaga, Average methane consumption per bus in public transport in Bogotá, comunicación personal, 17 de junio 2021).
- Eficiencia eléctrica de la planta de cogeneración: 38 %.
- Eficiencia eléctrica de la central con turbina de gas: 40 %.
- Eficiencia eléctrica de la central con turbina de gas de ciclo combinado: 60 %.
- Todos los datos de volumen se refieren a condiciones físicas normales "temperatura y presión normales" (TPN). Estos son TN = 0 °C (273,15 K), pN = 101 325 Pa = 1,01325 bar.

Todos los cálculos de este estudio se basan en esas hipótesis.

3 Conceptos tecnológicos (WP1)

En general, casi todos los residuos y desechos biológicos pueden tratarse anaeróbicamente y proporcionar la fuente de energía: el metano. La calidad de los residuos —es decir, el grado de contaminación por impurezas (mecánicas) o componentes químicos— determina el requisito y la intensidad del pretratamiento, y limita el uso previsto para los productos de fermentación resultantes. Por ejemplo, pueden obtenerse sustratos de alta calidad en granjas o fábricas de producción de alimentos, así como en restaurantes, comedores e instalaciones similares. En cambio, los materiales recolectados en hogares o mercados suelen ser de menor calidad, como los sustratos procedentes de la recolección mixta de los hogares, en donde su separación es de mala calidad y suelen estar contaminados con impurezas mecánicas y químicas.

Así, los posibles usos de los productos de fermentación pueden derivarse de la calidad del sustrato disponible, por lo cual se pueden describir dos conceptos básicos. Estos deben considerarse independientemente del proceso técnico seleccionado.

3.1 Descripción de conceptos

El producto de fermentación biogás tiene una calidad similar en los dos conceptos aquí presentados. La diferencia entre estos dos conceptos radica en el uso de residuos clasificados o mezclados (entrada de sustrato) y en sus respectivos flujos de salida.

En general, una de las principales tareas de la gestión de residuos es reducir la actividad biológica al mínimo para evitar daños a las personas y al medio ambiente. El propio proceso del biogás ya reduce considerablemente la actividad biológica, pero los residuos de fermentación producidos junto con el biogás siguen activos. Por lo tanto, el tratamiento aeróbico, es decir, el compostaje, también es necesario para lograr un tratamiento lo más completo posible (estabilización orgánica). El compostaje también abre un segundo sector económico para este tipo de plantas de tratamiento de residuos a través de la producción de suelos.

El producto de la fermentación, el compost, es relevante para la evaluación posterior de los conceptos. Los suelos, compost o abonos resultantes son adecuados para diferentes usos en función de su calidad. Diferentes conceptos pueden utilizar diferentes procesos. Igualmente, dependiendo del proceso utilizado, las cantidades de los productos también varían. Estos conceptos se tratan en los siguientes apartados.

3.1.1 Concepto 1 - alta calidad del sustrato

Los residuos agrícolas (como las heces de animales, los residuos de pastos de corte y los subproductos de cultivos), los residuos de producción de alimentos, los residuos de comedores (recogidos por separado) y los residuos de operaciones de jardinería y material de mantenimiento del paisaje suelen representar flujos de sustrato de alta calidad y baja contaminación. Basándose en esta alta calidad del sustrato, especialmente en lo que respecta

a las impurezas químicas o mecánicas, se pueden obtener particularmente productos de fermentación de alta calidad (véase la figura 2). El producto de fermentación biogás no es decisivo para la evaluación de los conceptos, ya que puede obtenerse y utilizarse independientemente del concepto.

Figura 2. Recolección de residuos orgánicos en plazas de mercado, empresas seleccionadas, recortes de césped y podas de árboles. Tras la fermentación y el compostaje pueden utilizarse como abono en instalaciones agrícolas



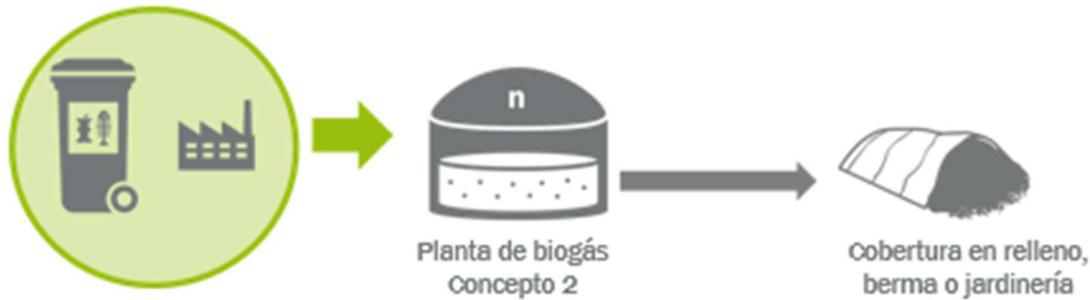
El digestato —es decir, los componentes no convertidos del sustrato—, que constituye entre el 70 % y el 90 % de la masa del sustrato, tiene una importancia decisiva para la evaluación del concepto. El compost de alta calidad puede utilizarse en jardinería como abono orgánico. También, puede utilizarse como abono o recubrimiento para el suelo en parques o zonas de producción agrícola para cerrar los ciclos de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo.

3.1.2 Concepto 2 - baja calidad del sustrato

Los mercados pueden ofrecer sustratos de muy alta calidad o producir sustratos de muy baja calidad al mezclarse con material de embalaje y otros residuos. Los residuos procedentes de hogares donde no se recogen cuidadosamente por separado o, en general, no se recogen por separado son de baja calidad. Esto se debe, en particular, a los altos niveles de impurezas de los plásticos y a las impurezas químicas de los medicamentos, las pilas, los productos químicos domésticos y los restos de tintes. Igualmente, los lodos de drenaje también pertenecen al grupo de sustratos de calidad inferior. Muchas plantas industriales, en la medida que no funcionan como una instalación de producción de alimentos puros, proporcionan sustratos de calidad media.

Como se ha descrito anteriormente, la contaminación de los sustratos afecta la calidad del biogás. Sin embargo, los compost de estas materias primas tampoco son adecuados para aplicaciones en jardinería o agricultura. Estos compost pueden utilizarse, por ejemplo, como cobertura de rellenos sanitarios en proyectos de recultivo o en paisajismo no agrícola, como berma de autopistas o vías férreas (véase la figura 3).

Figura 3. Recolección de residuos orgánicos en hogares, plazas de mercado e industrias. Tras la fermentación y el compostaje, el compost se utiliza como material de cobertura de rellenos sanitarios o en jardinería no agrícola, como berma de autopistas



3.1.3 Conclusión del concepto

Dependiendo de la calidad del sustrato, debe decidirse en cada instalación para qué fin es adecuado el compost obtenido. En cualquier caso, el biogás puede convertirse en biometano y utilizarse para producir energía, por ejemplo, como combustible para GNC. Si se ha establecido la recolección selectiva de residuos biológicos, también se puede cambiar posteriormente el concepto y producir compost de mayor calidad.

3.2 Descripción del proceso

Básicamente, tanto el proceso anaeróbico (biogás) como el aeróbico (compost) están abiertos a ambas vías conceptuales, con residuos orgánicos mezclados o clasificados, y pueden transferirse entre sí. Por lo tanto, el proceso seleccionado no representa una limitación para el concepto. Esto significa que una planta piloto que se haya creado y optimizado para residuos mixtos también puede utilizarse en una fase posterior (años) para procesar residuos orgánicos puros y viceversa. Sin embargo, esto no significa que sea posible cambiar entre ambos flujos de residuos (conceptos) durante el funcionamiento. Más bien, esto le ofrece al municipio o a la empresa encargada de la disposición de residuos, por ejemplo, la oportunidad de introducir gradualmente la recolección selectiva de residuos en los hogares y seguir aprovechando las instalaciones de tratamiento existentes reutilizándolas.

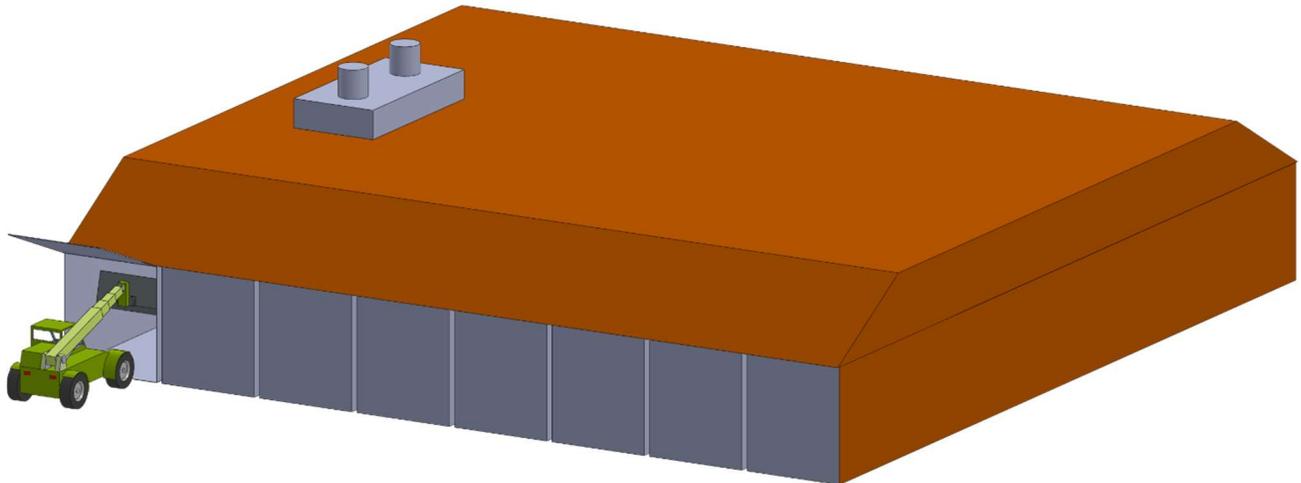
A continuación, se presentan dos procesos anaeróbicos y dos procesos aeróbicos que también pueden combinarse entre sí. Cada uno de ellos ofrece diferentes ventajas y tiene distintas limitaciones. En el apartado 3.4 se ofrece una recomendación para la que ya se han realizado cálculos aproximados, con el fin de que los responsables de la toma de decisiones puedan dar los siguientes pasos en el pilotaje o la licitación general de una instalación combinada de tratamiento anaeróbico y aeróbico para la producción de biometano y diferentes compost.

3.2.1 Proceso anaeróbico 1: sistema digestor de lotes múltiples (baches)

El sistema de digestores de lotes múltiples se basa en el funcionamiento de varios digestores de lotes del mismo diseño que trabajan en paralelo en momentos diferentes. Los digestores son reactores que se alimentan con palas cargadoras y se rellenan con sustrato fresco (véase la figura 4). Dependiendo del tamaño de la planta, funcionan al menos cuatro cajas, que suelen cargarse con un retraso de, por ejemplo, una semana (dependiendo del sustrato y del tiempo de retención previsto). Tras el sellado hermético del gas en la caja, se dispensa agua de proceso (percolado) sobre el sustrato mediante un sistema de aspersión dentro de ella. Este percolado fluye a través del sustrato y se escurre de nuevo a través de un sistema de recolección instalado en la parte inferior de la caja, y a continuación llega al tanque de almacenamiento intermedio común.

Debido al desfase temporal de la alimentación, siempre se introduce sustrato fresco en el sistema, que puede iniciar rápidamente la fermentación debido al percolado cargado.

Figura 4. Posible sistema de digestor de baches con ocho cajas y pala cargadora



telescópica © Mathias Stur (DBFZ).

3.2.1.1 Ventajas del sistema de digestor de lotes múltiples

- Es poco sensible a las impurezas mecánicas.
- El tiempo de retención puede adaptarse fácilmente a la calidad del sustrato.
- Es menos costoso de construir comparado con otros sistemas (ver la aproximación de costos en la tabla 1).
- Puede ampliarse en función de las necesidades (solo hay que añadir más cajas).

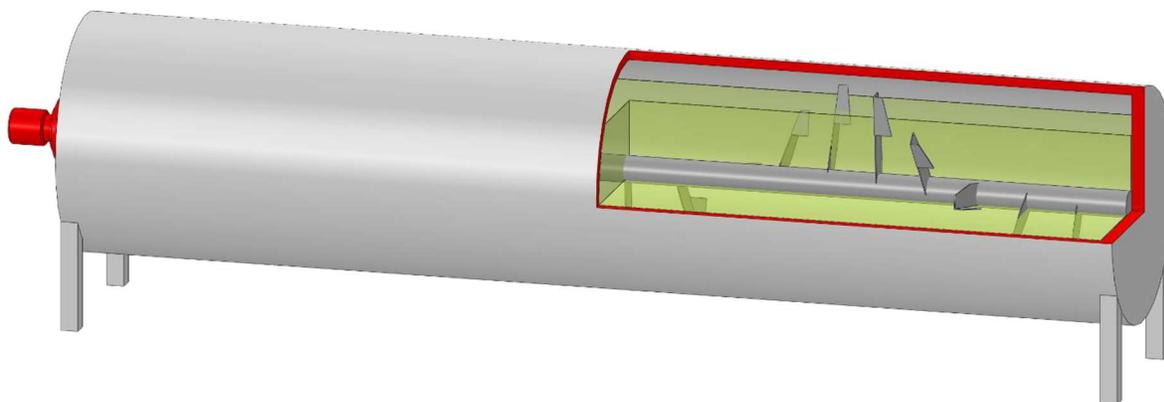
3.2.1.2 Limitaciones del sistema digester de lotes múltiples

- Implica hacer un gasto continuo y elevado en personal (debido a su alimentación mediante pala cargadora).
- Menor grado de degradación orgánica del sustrato en comparación con otros sistemas.
- Menor rendimiento de biogás en comparación con otros sistemas (85-95 m³/t FM)
- Las impurezas biológicas o químicas afectan todos los lotes, debido al almacenamiento intermedio común.
- Gestión de líquidos compleja para sistemas más grandes.
- Debe haber suficiente material estructural (astillas de madera, material de jardinería, recortes de arbustos) para evitar que el sustrato se apelmace.

3.2.2 Proceso anaeróbico 2: digester de flujo pistón

En términos sencillos, un digester de flujo pistón es un tubo horizontal hermético a los gases (véase la figura 5). En uno de sus extremos se alimenta continuamente el sustrato, sin mezclar o mezclado solo en el plano de corte, y en el otro extremo se descarga el digestato. El tubo no está completamente lleno de sustrato, sino que contiene una zona de gas por encima del sustrato en fermentación. El biogás resultante se recoge y se descarga en toda la zona de gas.

Figura 5. Digester cilíndrico de flujo pistón



© Mathias Stur (DBFZ).

El sistema no se mezcla de forma homogénea, por lo que en la cámara de fermentación se forman zonas en las que se establecen los microbiomas especializados de forma dominante y

se adaptan a las condiciones respectivas. Como resultado, se pueden obtener tasas de carga y contenidos totales de sólidos muy elevadas, al igual que muy buenas tasas de degradación orgánica.

3.2.2.1 Ventajas del sistema digestor de flujo pistón

- Alta tasa de descomposición orgánica.
- Por tanto, muy buenos rendimientos de biogás (110-125 m³/t FM).
- Tiempo de retención fácilmente ajustable.
- Fácil de ampliar con digestores adicionales.
- Requiere relativamente poca mano de obra para la carga (sistemas automáticos).
- Alto contenido de TS en el sustrato (15-25 % TS).
- No es necesario añadir material estructural.

3.2.2.2 Limitaciones del sistema digestor de flujo pistón

- Necesidad de pretratamiento intensivo del sustrato (impurezas mecánicas).
- Costos de construcción más elevados en comparación con el sistema de digestor de lotes múltiples (ver la aproximación de costos en la tabla 1).

3.2.3 Comparación de los procesos anaeróbicos

La tabla 1 muestra una comparación entre el digestor de flujo pistón y el digestor de lotes múltiples en cuanto a producción de biogás/biometano, digestato y costos de inversión aproximados para la misma cantidad de entrada.

Tabla 1. Comparación entre el digestor de flujo pistón y el digestor de lotes múltiples

Entrada Materia fresca (FM) [t/a]	Proceso de digestión	Salida de biogás/ biometano [m ³ /a]	Digestato de salida [t/a]	Invertir Estimación de costos brutos [euros]
18 250	Digestor de flujo pistón ¹	2,0 millones/1,1 millones	16 100	3 millones
18 250	Digestor de lotes múltiples ²	1,64 millones/0.9 millones	17 000	2 millones

1 Nave de recepción, trituradora, criba en estrella, separador magnético, separador de gran tamaño, fermentador, agitador central, ingeniería mecánica.

2 Nave de recepción, fermentador, ingeniería mecánica, almacenamiento de percolados.

3.2.4 Proceso anaeróbico 1: compostaje en pila abierta

En un sistema de compostaje en pila abierta, el material que se va a ventilar se apila en pilas largas para mantener el calor necesario para el proceso de descomposición. La pila se remueve frecuentemente con el fin de evitar la formación de zonas anaeróbicas. Dependiendo del grado de descomposición deseado, el material en descomposición se compostará durante 10-16 semanas (Umwelt Bundesamt, 2015), después se tamizará y se utilizará como abono orgánico o relleno sanitario.

3.2.4.1 Ventajas del compostaje en pila abierta

- Baja inversión y bajos costos de funcionamiento (ver la aproximación de costos en la tabla 2).
- Fácil de manejar; requiere un bajo nivel de conocimientos de operación y control.
- La conversión a la descomposición intensiva es fácilmente posible.

3.2.4.2 Limitaciones del compostaje en pilas abiertas

- Requiere una gran superficie.
- Si no se remueve con suficiente frecuencia, es posible que se formen zonas anaeróbicas.
- Tiempo de maduración largo (10-16 semanas).
- Demanda de combustible (diésel) para el agitador de compost.

La figura 6 muestra una posible disposición de los módulos. La demanda de superficie para una planta de tratamiento de 50 t/d sería superior a 20 000 m².

Figura 6. Posible disposición de los módulos para el compostaje en pila abierta, incluido el aprovechamiento del biogás. Superficie estimada para una planta de 50 t/día: 20 500 m²



3.2.5 Proceso anaeróbico 2: compostaje en túnel

El compostaje en túnel tiene un diseño similar al de los digestores múltiples por lotes. Se trata de un reactor con aspersión en la parte superior del túnel y un fondo de tamiz. Sin embargo, el aire (a menudo en forma de aire comprimido) se suministra a través del suelo y el equilibrio hídrico del proceso de descomposición se ajusta mediante el sistema de aspersión. Estas medidas garantizan siempre una aireación óptima sin desecación.

3.2.5.1 Ventajas del compostaje en túnel

- Superficie reducida en comparación con el compostaje en pila abierta.
- Tiempo de aireación muy corto (2-8 semanas).
- Condiciones óptimas para el compostaje.
- Sin deslizamiento de metano por formación de zona anaerobia.

3.2.5.2 Limitaciones del compostaje en túnel

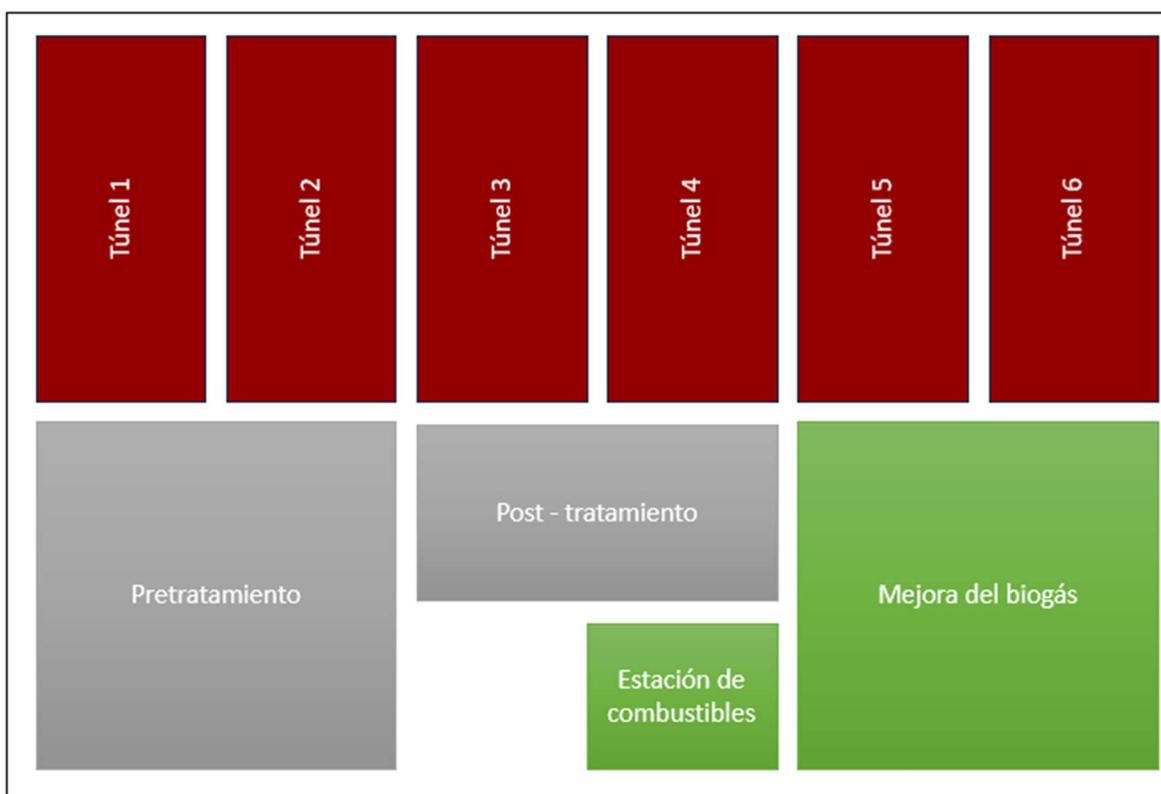
- Su construcción es más costosa comparada con otros sistemas (ver la aproximación de

costos en la tabla 2).

- Procedimiento más complejo que requiere un alto nivel de conocimientos de operación y control.
- Es necesario un pretratamiento (si no se combina con un digestor de flujo pistón).

La figura 7 muestra una posible disposición de los módulos. La demanda de superficie para una planta de tratamiento de 50 t/d sería de aproximadamente 10 000 m².

Figura 7. Posible disposición de los módulos para el compostaje en túnel, incluido el aprovechamiento del biogás. Superficie estimada para una planta de 50 t/día: 10 500 m²



3.2.6 Comparación de los procesos aeróbicos

La tabla 2 muestra una comparación entre el compostaje en pila abierta y el compostaje en túnel en cuanto a producción de compost, abono líquido y costos de inversión aproximados, estimados para la misma cantidad de entrada.

Debe tenerse en cuenta que la cantidad de entrada que puede estar disponible en la fase de compostaje depende en gran medida del grado de degradación del tratamiento anaeróbico previo. La cantidad indicada en la tabla 2 es solo a título comparativo y representa la cantidad prevista del digestor de flujo pistón.

Tabla 2. Comparación entre el compostaje en pila abierta y en túnel

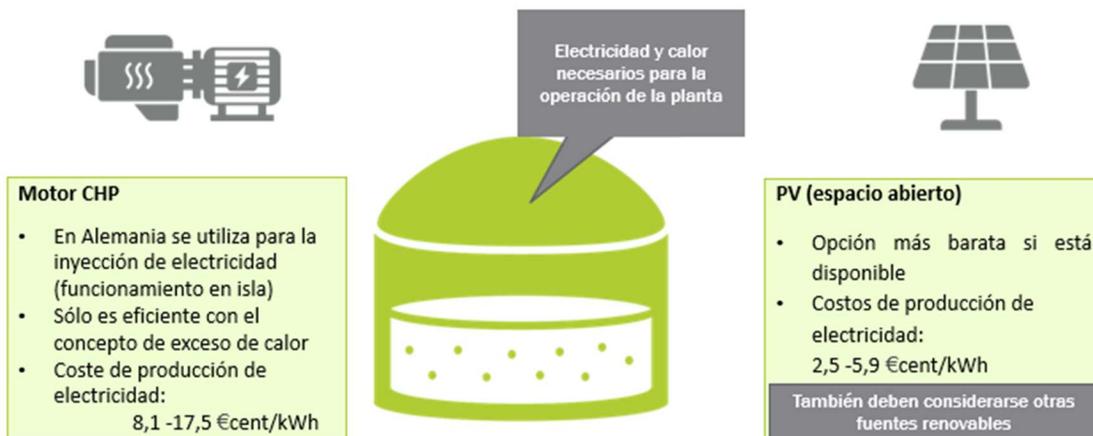
Entrada materia fresca (FM) [t/a]	Proceso de compostaje	Compost de salida [t/a]	Fertilizante líquido de salida [m³/a]	Tiempo necesario [semanas]	Invertir Estimación de costos brutos [euros]
16 100*	Compostaje en pila abierta	7500	5000	10-16	0,9 millones
16 100*	Compostaje en túnel			2-8	1,5 millones

*depende del tratamiento anaeróbico.

3.3 Suministro de energía

En general, todos los procesos anteriores requieren agua, calor, electricidad y, posiblemente, combustible para los vehículos. La conexión de agua es posible a través de un pozo, un río o la clásica conexión de agua del suministro público. El calor, la electricidad y, en algunos casos, también el combustible para las máquinas puede proceder total o parcialmente del biogás, aunque también es posible obtener el calor y la electricidad de un suministro de energía externo; por ejemplo, una planta solar o un parque eólico cercanos. Esto reduciría significativamente los costos energéticos, como se muestra en la figura 8, y aumentaría considerablemente la producción de metano comercializable. También permitiría explotar un parque de máquinas alimentado eléctricamente.

Figura 8. Comparación de los costos de producción de electricidad

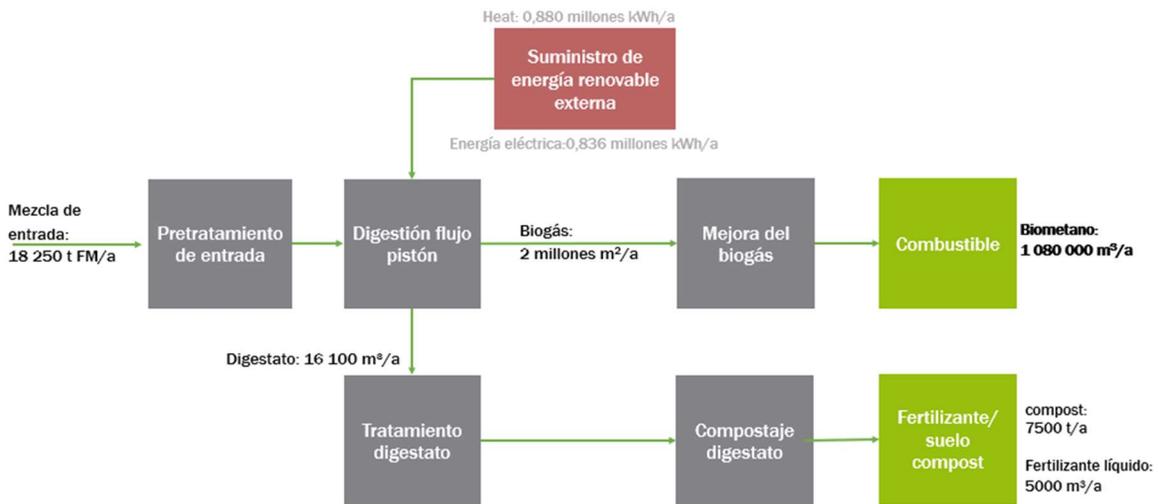


3.4 Concepto y proceso recomendados

El concepto recomendado es un sistema de digestor de flujo pistón con suministro externo de energía solar, seguido de una unidad de mejora de biogás para obtener la máxima producción de combustible y una unidad de compostaje (dependiendo del espacio disponible) para producir tierra abonada y fertilizante líquido (figura 9).

Ya que hay pocos requisitos de autorización para su emplazamiento, recomendamos construir como primer paso una planta piloto con una mezcla de entrada diaria de 50 t de materia fresca de biorresiduos. Suponiendo que haya un rendimiento específico de biogás de 110 m³/t de la mezcla de entrada, se generaría una cantidad anual de biogás de aproximadamente dos millones de m³ con un digestor de flujo pistón. Una unidad de mejora del biogás produce aproximadamente un millón de m³/a de biometano para su aplicación en motores a GNC. El digestato (residuo de la fermentación) se separará en un proceso paralelo. La fracción líquida (unos 5000 m³/a) se utilizará como fertilizante para la agricultura. La fracción sólida (aprox. 7500 t/a) se compostará y podrá comercializarse como producto para la mejora del suelo. El requisito previo para el rendimiento de biometano calculado es que la demanda energética propia de calor y electricidad para el proceso de fermentación se genere externamente a partir de fuentes renovables y esté disponible *in situ*.

Figura 9. Etapas del proceso y flujo de materiales del concepto recomendado



Para crear un concepto de ingeniería de acuerdo con la figura 9, los siguientes datos marco se enumeran a continuación en la tabla 3.

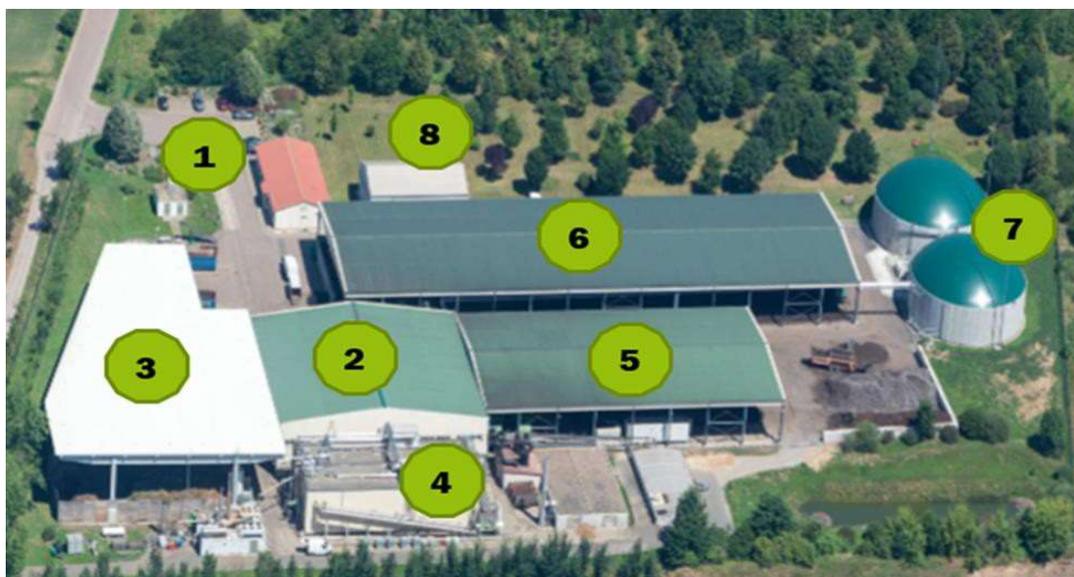
Tabla 3. Datos marco para la planificación de ingeniería en la producción de biogás y el concepto de compostaje

	Valor
Entrada de biomasa materia fresca por día	50 t/d
Rendimiento específico de biogás por tonelada de materia fresca de biomasa de entrada (valor medio)	110 m ³ /t
Contenido medio de metano en el biogás	55 % CH ₄
Fracción másica de salida del digestato del proceso de fermentación (aprox.)	88 %
Eficiencia de la unidad de conversión de biogás en biometano	98 %
Fracción de suelo compostado con un contenido de humedad de aprox. el 45 % del digestato total (aprox.)	47 %
Fracción de fertilizante líquido del digestato total (aprox.)	35 %

La figura 10 muestra un ejemplo de una planta de tamaño similar en Alemania. Esta tiene, aproximadamente, las dimensiones para hacer tratamiento de residuos biológicos y residuos de corte de césped y poda de árboles de 18 000-20 000 t/a de mezcla de entrada. La superficie necesaria para esta planta —incluidos el tamizado del sustrato, la fermentación, el compostaje y el almacenamiento de los residuos de fermentación— es de aproximadamente 15 500 m².

Como primer paso, las plantas deberían construirse según el concepto recomendado para captar los flujos de materiales de alto valor y ofrecer productos de alta calidad, pues esto aumenta la aceptación entre la población. En el mejor de los casos, el uso del GNC en el transporte público motiva a los habitantes a separar de forma más limpia y obtener así sustratos de mayor calidad.

Figura 10. Ejemplo de planta de tratamiento de biorresiduos en Alemania con los pasos del proceso



(1) Tamizado de sustratos; (2) nave de almacenamiento de biorresiduos; (3) almacenamiento de residuos de corte de

césped y poda de árboles; (4) digestor de flujo pistón; (5) separación de digestato; (6) zona de compostaje abierta; (7) depósitos de digestato líquido con almacenamiento de biogás; (8) unidad de mejora de biogás/en planificación (Fuente: Bio Komp-SAS GmbH).

3.4.1 ¿Por qué recomendamos este sistema?

Cada ciudad, municipio o región tiene sus propias especificidades. En cada caso, ¿cuál es la necesidad (más biogás o compost)? ¿Cuál es el uso de los productos? ¿Cuánto espacio y dinero hay disponible? ¿Cuál es el nivel educativo de la población local? No existe una matriz de decisión sencilla ni un esquema simple en el que se puedan seguir árboles de decisión. Siempre se trata de una decisión caso por caso.

En este caso, las siguientes consideraciones constituyen la base sobre la cual se hace esta recomendación:

Los socios locales nos señalaron un límite legal de aprobación de 50 toneladas al día, para que el proceso de aprobación sea menos complejo. Aun así, 50 toneladas al día ya es una capacidad de tratamiento relevante para empezar. Recomendamos empezar con un tratamiento de este tipo para mostrarle a los responsables locales y a los habitantes la funcionalidad de este concepto y así crear capacidades durante el funcionamiento. Una vez se haya probado este escenario, se puede ampliar la planta o el concepto en diferentes lugares. Idealmente, de esta forma se capturan paso a paso todos los potenciales de los residuos orgánicos.

A la hora de decidir si utilizar un sistema de flujo pistón o de lotes múltiples, la atención se centró, claramente, en el rendimiento de biogás. Ambos sistemas son adecuados para flujos residuales homogéneos procedentes de la agricultura, los mercados o las industrias (que recomendamos como materias primas que pueden obtenerse a bajo costo con miras a utilizar la calidad del compost como sustrato inicial), al igual que para residuos domésticos/bioresiduos clasificados. Sin embargo, la cantidad de gas y, por tanto, el grado de degradación es mayor en el sistema de flujo pistón. La utilización del biogás se centró en mejorar el GNC y usarlo en los numerosos autobuses existentes que operan con este. Así pues, la máxima prioridad es maximizar el rendimiento del biogás. Por tanto, la cantidad de compost se consideró secundaria.

En la ciudad de Bogotá no hay espacio suficiente para procesar la cantidad de residuos generados, y las soluciones descentralizadas también necesitan espacio. Cuando el tratamiento de residuos se traslada fuera de los límites de la ciudad, el espacio solo desempeña un papel secundario. Por eso se optó por el proceso a cielo abierto para el compostaje, pues es técnica y logísticamente menos exigente y tiene menores costos de inversión en comparación con el compostaje en túnel (véase la tabla 2). En el caso de una solución urbana, el compostaje en túnel sería preferible por razones de espacio y emisiones.

4 Análisis de flujos de residuos y análisis espaciales (WP2)

La idea inicial del proyecto era descentralizar la gestión de los residuos orgánicos. Por lo tanto, el objetivo de este paquete de trabajo era realizar análisis espaciales para identificar puntos calientes (*hot spots*) de generación de residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá, para apoyar la planificación de plantas de tratamiento descentralizadas.

4.1 Investigación bibliográfica y recopilación de datos

Dentro del proyecto se pretendía identificar a los principales productores de residuos orgánicos (incluidos los mercados públicos y las industrias de procesamiento de alimentos) y cuantificar la generación de residuos por parte de los hogares. Como base, el DBFZ recibió de la UAESP toda la información disponible y los geodatos pertinentes sobre el tema. La información entregada por la UAESP comprendía el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y dos informes de caracterización de residuos de 2013 y 2017 producto de consultorías externas para la ciudad de Bogotá. Al observar los datos subyacentes del informe de 2017, por ejemplo, se hizo evidente que la información recopilada a lo largo de este estudio no era suficiente para obtener información sobre los principales productores de residuos orgánicos, ni tampoco respecto a las cantidades o la información espacial. Por lo tanto, se llevó a cabo una recopilación de datos detallada basada en la revisión de la literatura y la investigación en Internet, recopilando geodatos e información adicional.

4.1.1 Plazas de mercado públicas

Durante la investigación, se encontró un informe desarrollado por el Instituto Para La Economía Social (IPES) en 2018 que se centraba en caracterizar los residuos de las plazas de mercado públicas (Plazas de Mercado Distritales). Además, se encontró un conjunto de geodatos en el portal de datos en línea opendata.bogota.gov con información sobre la ubicación de las plazas de mercado públicas. La información sobre las cantidades de residuos generadas en los mercados se relacionó con este conjunto de geodatos.

4.1.2 Residuos orgánicos de los hogares

Para estimar los residuos orgánicos generados por los hogares en Bogotá, la cantidad total anual de residuos domiciliarios, el número total de habitantes y la porción promedio de residuos orgánicos por hogar, los datos se obtuvieron del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para el año 2019. La porción media per cápita de residuos orgánicos es de un 51 %. Las cifras de población se extrajeron de un conjunto de geodatos publicado por el DANE para el año 2018, donde se da el número de habitantes por manzana (bloque de viviendas). De esta manera fue posible estimar las cantidades de residuos orgánicos generados por los hogares por manzana.

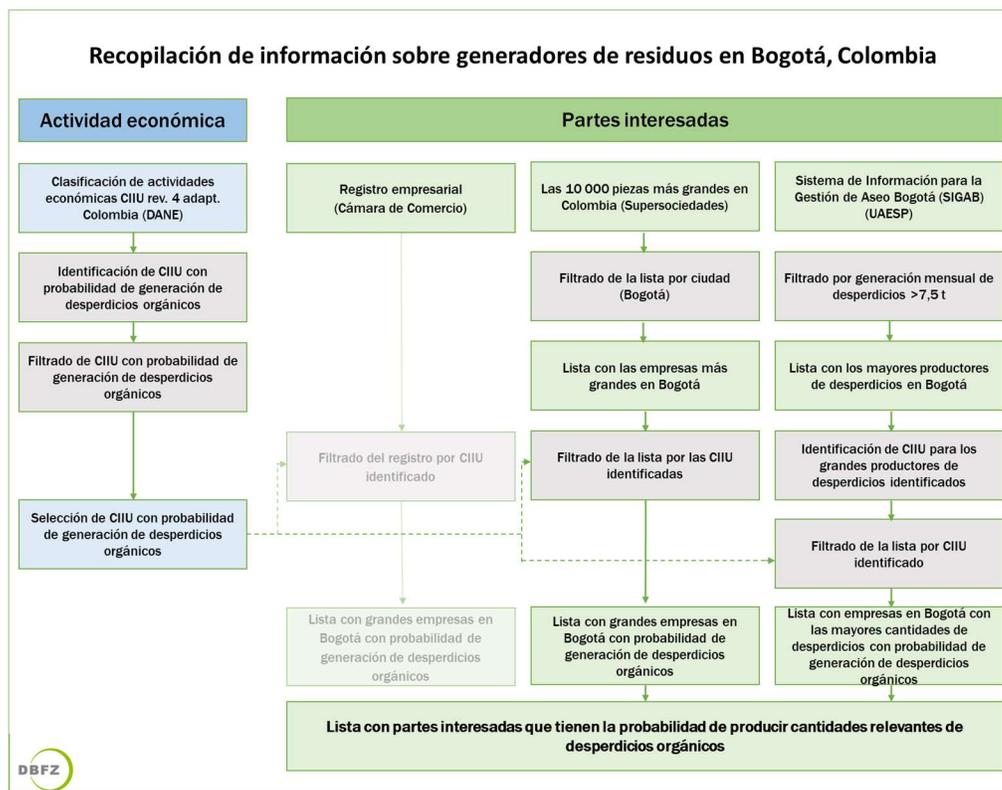
4.1.3 Empresas privadas, instituciones e industrias

Dado que los datos existentes y proporcionados resultaron ser demasiado escasos para llevar a cabo las actividades previstas en relación con el análisis del flujo de residuos y los análisis espaciales, se realizó una investigación bibliográfica y de datos a profundidad. Pese a invertir mucho tiempo en buscar más información disponible, era necesario para el análisis.

En Bogotá existe un Sistema de Información para la Gestión de Aseo Bogotá (SIGAB) en donde tienen que registrarse los grandes productores de residuos, de modo que las cantidades de residuos generados están vinculadas a una coordenada y a un productor de residuos. Desafortunadamente, este sistema solo registra cantidades brutas y no información sobre el tipo de residuos que se disponen. Esto dificulta la identificación de los productores de residuos orgánicos, ya que dicha información no se captura en ninguna base de datos o sistema. Esto hizo necesario buscar vías alternativas para identificar a las partes interesadas (productores de residuos) que probablemente produzcan cantidades relevantes de residuos orgánicos.

El flujo de trabajo para la recopilación de información sobre las partes interesadas pertinentes se resume en la figura 11. La idea general era buscar datos sobre empresas e industrias con coordenadas y tipo de actividad económica. Por lo tanto, en primer lugar, se requería información sobre el sistema de clasificación industrial en Colombia. Esta información se podía encontrar en la página web del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) del Gobierno de Colombia, en forma de Clasificación de Actividades Económicas (CIIU) Revisión 4 adaptada para Colombia (CIIU). Esta lista de CIIU fue luego revisada y de allí se identificaron todas las actividades económicas susceptibles de producir algún tipo de residuo orgánico. Este proceso fue realizado por el DBFZ y luego se envió a los socios de la UAESP para recibir también su opinión experta.

Figura 11. Flujo de trabajo para la recopilación de información sobre las partes interesadas relevantes para la ciudad de Bogotá



Los campos semitransparentes describen los pasos de procesamiento previstos (gris) y los productos (verde/azul) que no pudieron incluirse en el proyecto por no haberse facilitado los datos necesarios.

El siguiente paso fue investigar los datos geográficos de las empresas privadas. Al parecer, la Cámara de Comercio de Bogotá tiene un registro de todas las empresas con coordenadas espaciales y su correspondiente CIU. Se solicitaron los datos, pero su precio estaba fuera de los planes de gastos del proyecto, por lo que se rechazó comprar los datos (véase la lista de precios en la tabla 4).

Tabla 4. Lista de precios de la información de registro Suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá (06.07.2021) solicitada por correo electrónico

TARIFAS BASE DE DATOS – PLANES EN LÍNEA				
Cantidad de registros	Tiempo de activación (meses)	Precio	IVA 19 %	Total
1000	6	\$ 593 000	\$ 112 670	\$ 705 670
1500	6	\$ 812 000	\$ 154 280	\$ 966 280
2200	12	\$ 1 118 600	\$ 212 534	\$ 1 331 134
3200	12	\$ 1 556 600	\$ 295 754	\$ 1 852 354

4200	12	\$ 1 994 600	\$ 378 974	\$ 2 373 574
5200	12	\$ 2 432 600	\$ 462 194	\$ 2 894 794
10 000	12	\$ 4 535 000	\$ 861 650	\$ 5 396 650

No obstante, los geodatos de la Cámara de Comercio serían una fuente de datos muy útil para identificar las partes interesadas en la generación de residuos orgánicos, y sería muy útil que la Cámara de Comercio e instituciones como la UAESP colaboraran en la recopilación y el suministro de datos.

Dado que los datos de la Cámara de Comercio no eran accesibles en el marco de este proyecto, se investigaron otras alternativas. Así, se recopiló más información sobre las partes interesadas que con mayor probabilidad generan mayores cantidades de residuos orgánicos. Durante una investigación en línea se encontró una lista de las 10 000 empresas más grandes de Colombia para el año 2020, proporcionada por la Superintendencia de Sociedades. El listado comprende información sobre número de identificación tributaria (NIT), razón social, región, departamento, ciudad, CIIU, macrosector de actividad económica y estado financiero de la entidad. Esta lista de empresas fue filtrada por ciudad ("Bogotá") y CIIU identificado, para detectar aquellas que probablemente estén vinculadas a la generación de residuos orgánicos. Para todas las empresas identificadas se buscaron las geocoordenadas con el apoyo de la UAESP (Yency Lago y equipo) y se generó un *shapefile* con las empresas relevantes identificadas.

Además, obtuvimos un reporte sobre los productores de residuos que necesitan registrarse en el Sistema de Información para la Gestión de Aseo Bogotá (SIGAB), que es administrado por la UAESP. Los productores de residuos comerciales tienen que registrarse en este sistema y allí se registra la cantidad mensual de residuos. A partir de la información del SIGAB se fijan las tarifas de recolección y disposición. En dicho sistema se registra información sobre la ubicación, el nombre y la cantidad mensual de residuos, pero esta información no está abierta al público. De todas formas, la UAESP proporcionó un conjunto de datos geográficos (*shapefile*) para los productores de residuos con cantidades de generación de residuos mayores de 7,5 t al mes, ya que esta cantidad se consideró relevante para ser incluida en el análisis. Para todos los grandes productores de residuos, se determinó la CIIU, con la ayuda de la UAESP, y se filtró la lista de grandes productores de residuos utilizando la CIIU pertinente identificada. El objetivo era eliminar posibles grandes productores de residuos sin ninguna generación de fracción orgánica. Al unir la información de las grandes empresas relevantes identificadas y los grandes productores de residuos relevantes, se creó una base de datos unificada con 607 entradas en forma de tabla en Excel. Esta tabla se le facilitó a la GIZ y a la UAESP. En la figura 12 se ofrece una visualización de la portada de Excel y en el apartado 4.3.1 (figura 13) puede encontrarse una representación cartográfica.

Figura 12. Portada de la base de datos elaborada a partir del listado de las 10 000 empresas más grandes de Colombia y de la información obtenida del Sistema de Información para la Gestión de Aseo Bogotá (SIGAB)

Deutsches Biomasseforschungszentrum

gemeinnützige GmbH



Manejo estratégico de los residuos orgánicos

ACTORES IDENTIFICADOS CON POSIBLE GENERACIÓN RELEVANTE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN BOGOTÁ

Este documento presenta una compilación de información sobre actores identificados con posible generación relevante de residuos orgánicos extraída de diferentes fuentes de datos.

El documento se divide en cuatro secciones (hojas):

ACTORES	Tabla con los actores identificados con posible generación de residuos
CABECERA	Contiene una explicación detallada de las cabeceras de la tabla
RESUMEN	Contiene un resumen de los actores identificados por categoría
FUENTES	

4.2 Encuesta sobre generación de residuos orgánicos

Para complementar la información faltante sobre los actores relevantes identificados, se buscó realizarles entrevistas. Se le envió a la UAESP la tabla de Excel con los actores identificados y se explicó en detalle. La DBFZ elaboró un cuestionario (véase el anexo) que se desarrolló conjuntamente con la GIZ y los socios de la UAESP en el primer semestre de 2020. Luego, la UAESP asumió la responsabilidad de realizar las entrevistas y contrató a socios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UniDist) para llevarlas a cabo. De acuerdo con la UAESP, se utilizaron dos cuestionarios finales: uno para la información general sobre las empresas y su generación de residuos y otro que incluía información puntual para saber cómo están constituidos los residuos. Se acordó conjuntamente que las partes interesadas recopiladas inicialmente por DBFZ se incluirían en las encuestas. Infortunadamente, en el transcurso de la fase de entrevistas quedó claro que estos grupos de interés relevantes solo estarían cubiertos en una parte muy pequeña.

Simultáneamente, la Federación Nacional de Comerciantes (Fenalco) fue subcontratada por la GIZ para realizar encuestas telefónicas utilizando el cuestionario sobre la información general. La Fenalco dispone de una amplia red, por lo que pudo ponerse en contacto con sus miembros por teléfono. Esta entidad pudo realizar varias entrevistas con actores comerciales de diferentes sectores relevantes, incluidos supermercados, centros comerciales, hoteles y restaurantes. No obstante, las partes interesadas identificadas inicialmente solo estaban cubiertas en una pequeña parte (alrededor del 2 % de las 607 empresas recopiladas inicialmente por el DBFZ). En vista de los resultados finales de las encuestas realizadas por Fenalco y UniDist, las partes interesadas identificadas por el DBFZ no estaban suficientemente cubiertas.

4.2.1 Diseño del cuestionario y recolección de datos

El cuestionario elaborado conjuntamente por el DBFZ, la UAESP y la GIZ (anexo A 1) recogía información sobre las coordenadas exactas de la ubicación de las partes interesadas, su dirección e información de contacto. Además, se incluyó una categoría para el sector económico al que pertenece el interesado, las actividades económicas (CIIU) y una representación precisa de los residuos producidos. Las cantidades de residuos se dividieron en componentes orgánicos y no orgánicos. El conjunto de datos contiene, además, información sobre la frecuencia de disposición de residuos. En caso de que la cantidad de residuos no pudiera especificarse con precisión, se estimó en número de contenedores de residuos (de 55 kg) recogidos por tiempo (día, semana, mes). Además, la encuesta se diseñó de forma que por cada subcategoría de las agrupaciones se definiera un criterio, que pretendía ser un indicador para extrapolar las cantidades de residuos de las partes interesadas identificadas que no fueron entrevistadas. La idea era encuestar a entidades de todas las subcategorías y utilizar la información encuestada para hacer suposiciones sobre otras entidades. Por ejemplo, si se conoce el número de camas en los hospitales entrevistados, se podría deducir una relación entre los residuos orgánicos y el número de camas. Utilizando esta información se podría modelar las cantidades de residuos en otros hospitales donde no se ha realizado una encuesta explícita, pero de los que se dispone el número de camas. Todos los criterios definidos por subcategoría figuran en la tabla 5.

El segundo cuestionario tenía por objeto recabar información sobre la composición de los residuos mediante un cuarteo, en el que los residuos se caracterizan sobre el terreno al momento de hacer la visita. Este método se utilizó para obtener información sobre las calidades de residuos en los lugares de generación. El cuestionario para el cuarteo fue diseñado exclusivamente por UniDist, sin participación del DBFZ. Las encuestas mediante el cuestionario para el cuarteo fueron realizadas por la UniDist y los datos encuestados fueron compartidos por la UAESP en noviembre de 2022, después de completada la fase de recolección de datos. Los datos fueron revisados por el DBFZ y se puso de manifiesto que con varias partes interesadas entrevistadas por la UniDist no se había rellenado el otro cuestionario sobre información general. Por tanto, la información sobre calidad de los residuos obtenida para estas partes interesadas no puede utilizarse en el presente proyecto, pues falta información esencial sobre la generación de residuos por período de tiempo. Así, la

información del cuarteo y las cantidades de residuos solo se refiere a los residuos acumulados en origen en el momento de la encuesta. Como falta información sobre cuándo se habían recogido los residuos por última vez antes de la entrevista, no se pueden extraer conclusiones sobre las cantidades de residuos por unidad de tiempo. No obstante, esta última información había sido solicitada y era necesaria para las actividades previstas en el ámbito de este proyecto.

Como segunda limitación, es necesario subrayar que la encuesta para el cuarteo fue realizada por los estudiantes de la UniDist, quienes solo recibieron una pequeña formación antes de la campaña de campo. Por lo tanto, es muy poco probable que los datos recogidos por los 28 estudiantes constituyan una base de datos fiable sobre la cual construir un sistema de gestión de residuos. Lamentablemente, la información recolectada por la UniDist sobre la composición de los residuos no se utilizó en este proyecto. La información podría haber sido valiosa si las normas de calidad de los datos se hubieran ajustado a las recomendaciones del DBFZ, basadas en el documento LAGA PN 98 (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 2002) sobre normas básicas para la recolección de muestras sólidas y semisólidas para el análisis de residuos (véase el apartado 1.2).

Tabla 5. Generalidades de los criterios específicos (indicadores específicos) que se definieron para ser estudiados en las diferentes subcategorías de los grupos para permitir la modelación de los datos

CLUSTER	Subcategoría	Indicadores específicos
Industrial	INDUSTRIA DE ELABORACION DE ALIMENTICIOS	Cantidad Producida anual
Comercial	COMERCIO ALIMENTOS	Area
Industrial	AGROINDUSTRIA	Cantidad Producida anual
Institucional	HOSPITALES	Numero de camas
Comercial	COMERCIO AGROPECUARIO	Area
Comercial	EXPENDIDO DE COMIDA	Area
Industrial	CRIA DE ANIMALES	Numero de Animales
Comercial	SUPERMERCADO	Area
Comercial	CENTRO COMERCIAL	Numero de tiendas (restaurantes)
Institucional	DEFENSA	Numero de soldados
Institucional	INSTITUCION EDUCATIVA	Numero de escolares
Plazas de Mercado	PLAZA DE MERCADO	Numero de puestos
Comercial	COMERCIO CARNICOS	Area
Institucional	AREA VERDE	Area verde
Institucional	AREA RECREACIONAL	Area verde y Visitantes/Semana
Institucional	OTROS INSTITUCIONALES	-
Industrial	INDUSTRIA PAPELERA	Cantidad Producida anual
Industrial	PLATA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Cantidad Producida anual

4.2.2 Procesamiento de los datos de campo obtenidos durante la encuesta

Los datos encuestados obtenidos por Fenalco utilizando la encuesta desarrollada

conjuntamente fueron revisados constantemente por dicha entidad en cooperación con DBFZ y GIZ respecto a los datos que faltaban o eran poco probables. Así, en las entradas de datos obtenidas por Fenalco faltaron pocos valores. Los datos obtenidos por UniDist, sin embargo, no fueron revisados por esta durante el proceso de la encuesta, por lo que no se pueden hacer afirmaciones sobre la comprobación de la calidad de los datos. Para examinar la calidad de los datos encuestados por ambas instituciones encuestadoras (Fenalco y UniDist), todos los datos fueron cuidadosamente revisados y preprocesados por DBFZ. Para ello, se eliminaron del análisis los puntos que:

- a) no tuvieran coordenadas especificadas;
- b) no tuvieran información sobre si la cantidad de residuos indicada se había medido o estimado; y
- c) no tenían información sobre la dimensión temporal de la cantidad de residuos generada.

Esto redujo el número total de entradas de datos para su uso (partes interesadas entrevistadas) de 461 a 369, con lo que se descubrió también que la mayoría de los registros de datos erróneos habían sido obtenidos por la UniDist. Esto no es sorprendente, ya que los controles de calidad de datos por parte de Fenalco se realizaron en consulta continua con los socios de DBFZ y GIZ. Luego, se normalizaron las cantidades de residuos, estimadas o medidas, utilizando información de tiempo (días, semanas o meses), para asignar cantidades en kg por año a todas las partes interesadas. Para detectar valores estadísticos atípicos, se calculó el percentil 95 de la cantidad de residuos y se eliminaron del conjunto de datos las partes interesadas que se situaban por encima de dicho percentil. En el cuestionario también se determinó la fracción orgánica de los residuos y se asignó a una de las seis clases. Las cantidades totales de residuos se multiplicaron por un valor representativo para asignar la cantidad anual de residuos orgánicos a cada parte interesada.

En conclusión, DBFZ recomienda informar activamente a las partes interesadas de antemano sobre la próxima encuesta, señalar su importancia y las posibles situaciones beneficiosas para todos, y concienciar sobre el problema y las oportunidades de los residuos orgánicos y los posibles casos de uso. De este modo se puede aumentar la colaboración de las partes interesadas. La encuesta debe llevarse a cabo utilizando una herramienta digital (por ejemplo, KoboToolbox), con el fin de reducir el tiempo de posprocesamiento de datos y de asegurar los estándares de calidad de los datos. Los cuestionarios deben ser claros y centrarse en un tema específico para hacer el seguimiento de los residuos (por ejemplo, solo residuos orgánicos), solicitando explícitamente información sobre los siguientes puntos como información más importante:

- Área de actividad económica (CIU).
- Cantidad de residuos generados por tiempo.
- Tipo de residuos generados por tiempo (por ejemplo, residuos de frutas, 10 kg por día [o

3,65 toneladas por año]).

- Coordenadas de la ubicación de la generación de residuos (p. ej., no la sede central, sino la ubicación de la planta).
- Uso real de los residuos (por ejemplo, quema, eliminación, uso interno para energía, etc.).

Si es posible, agrupar los residuos según CIU y tomar muestras para análisis de laboratorio (véanse también las recomendaciones del apartado 1.2 y la "Guía de recolección de residuos" [entregada el 04/2021]).

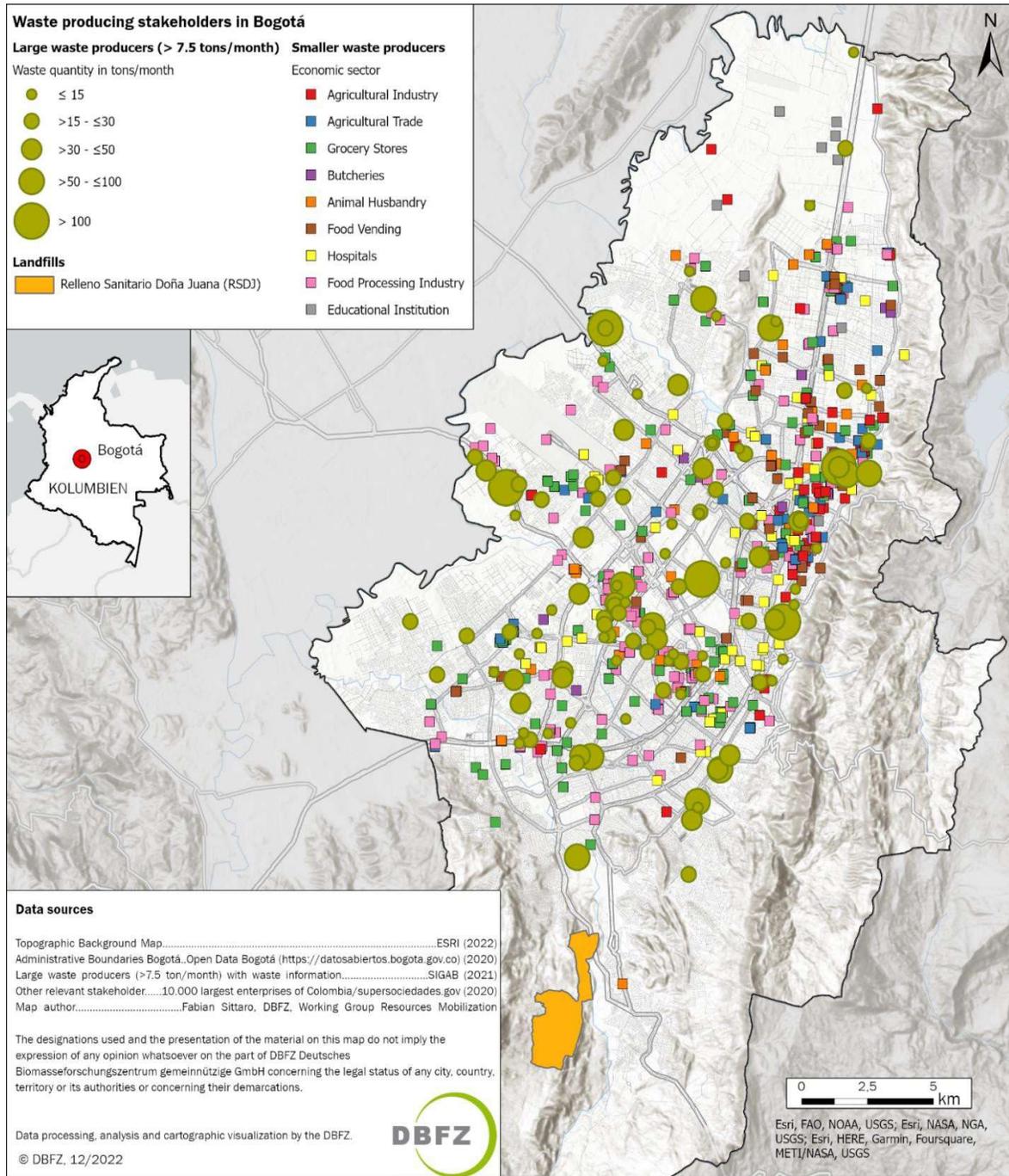
4.3 Mapeo de la generación de residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá

Con el fin de dar una presentación visual de los datos adquiridos durante la encuesta y de otros actores relevantes, el siguiente capítulo presenta mapas de actores relevantes vinculados a la producción de residuos orgánicos y potenciales distribuidores de biogás. Esto incluye: un mapa de la distribución espacial de la generación de residuos orgánicos domésticos, mapas de calor de la generación de residuos orgánicos por sector (basados en los resultados de la encuesta e ideas para el desarrollo de una aplicación web digital para el monitoreo espacial de residuos.

4.3.1 Mapas de actores relevantes vinculados a la producción de residuos orgánicos y potenciales distribuidores de biogás

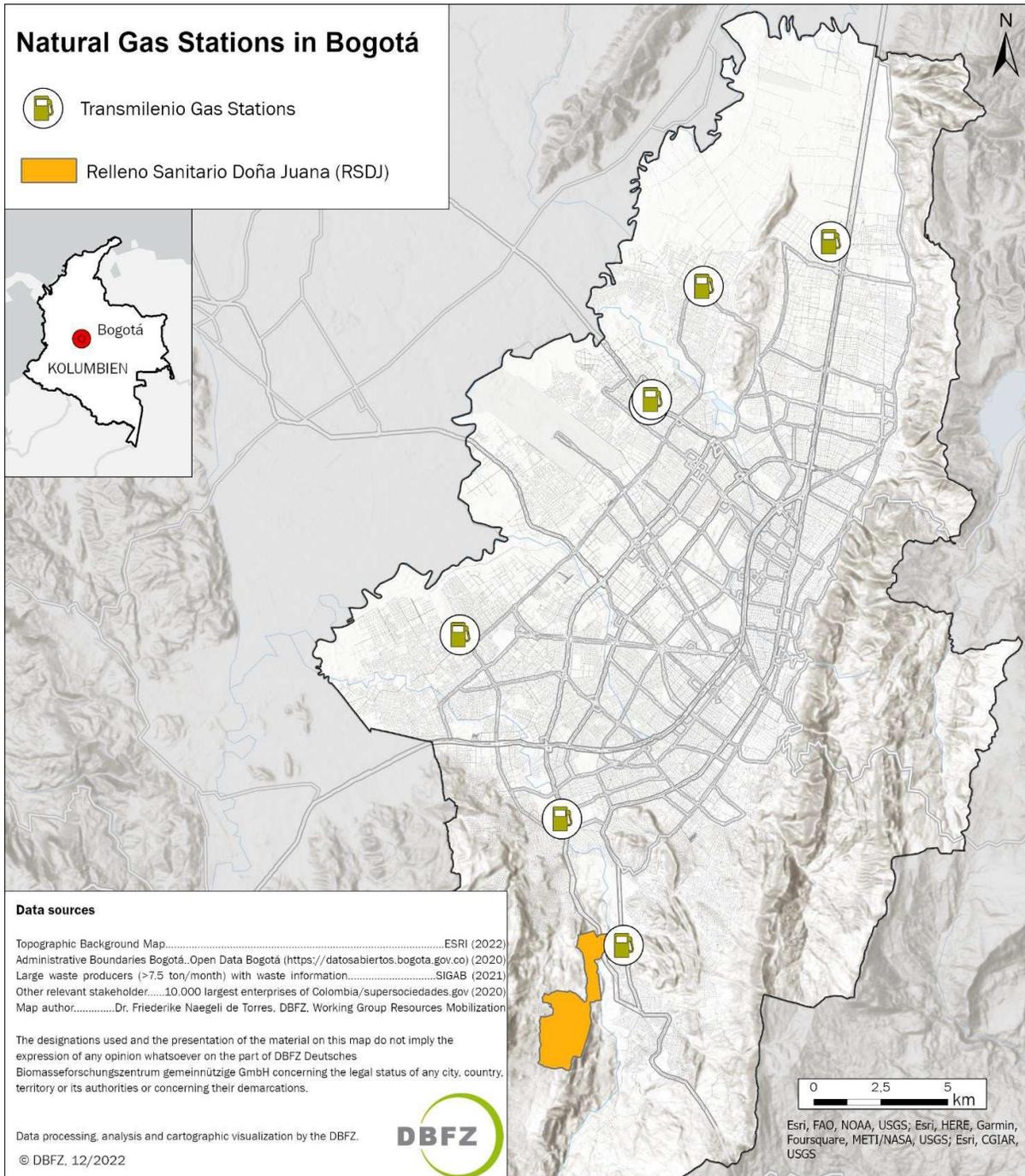
La distribución espacial de los residuos orgánicos generados por los distintos grupos de interés es relevante para analizar las fuentes adecuadas para la producción de biogás. El siguiente mapa (figura 13) es una representación de los grupos de interés previamente identificados recopilados por DBFZ (apartado 4.1.3). Además, el mapa de la figura 14 muestra la distribución de las estaciones de gas GNC existentes para los buses de Transmilenio. Esta información podría ser importante a la hora de planificar ubicaciones adecuadas para la producción de biogás, ya que proporciona información espacial para una posible distribución del biogás destinado al transporte.

Figura 13. Mapa de las partes interesadas identificadas que son susceptibles de producir residuos orgánicos en cantidades significativas



Datos procedentes de la base de datos del SIGAB (visualizados en verde oliva) y de la lista de las 10 000 mayores empresas de Colombia (Superintendencia de Sociedades).

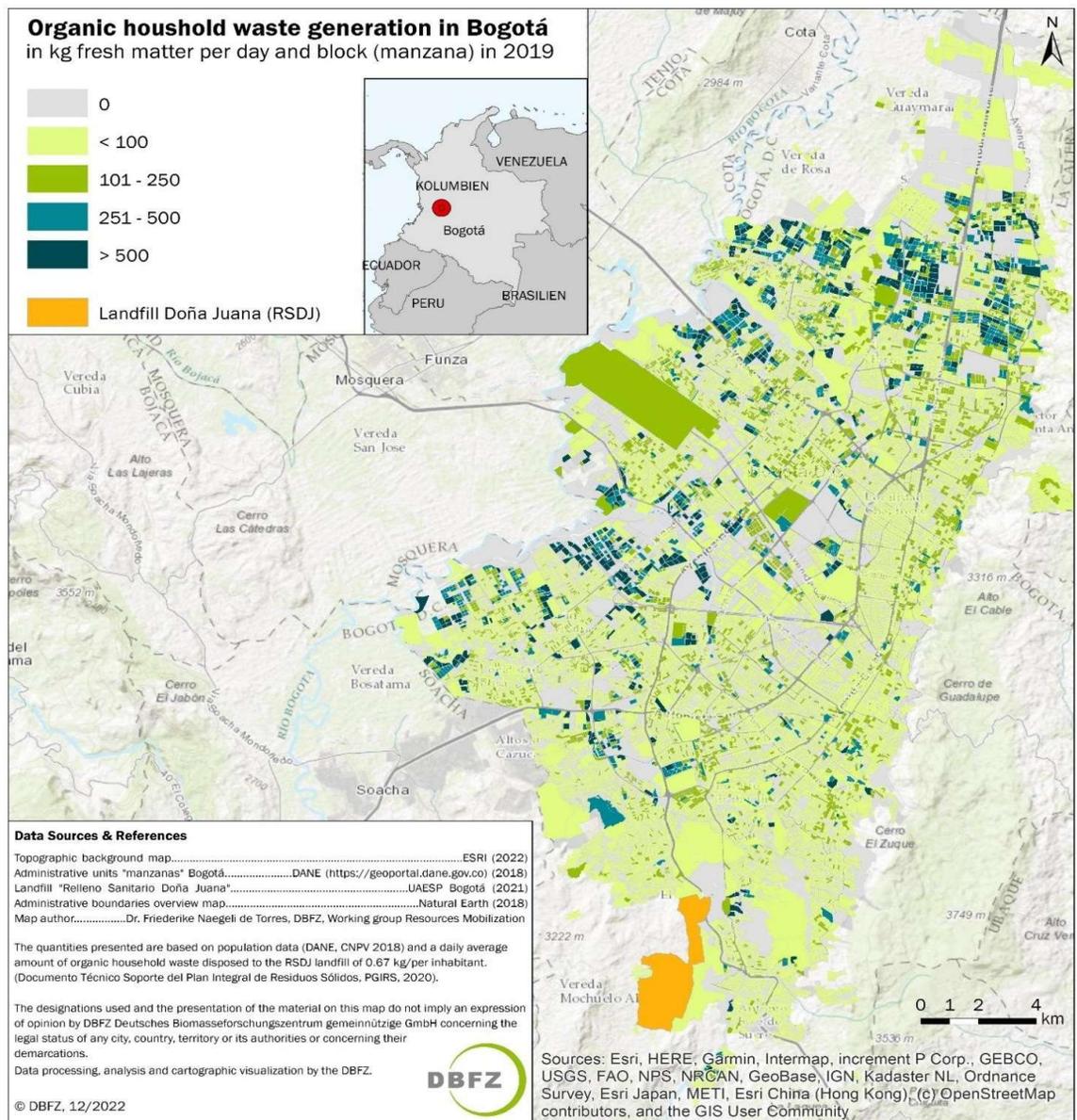
Figura 14. Mapa de las estaciones de servicio de Transmilenio S.A. con provisión de gas natural que abastecen el sistema de transporte público de buses de la ciudad



4.3.2 Mapa de la generación de residuos orgánicos domiciliarios en Bogotá

De acuerdo con el procedimiento para estimar la generación de residuos orgánicos domiciliarios descrito anteriormente (apartado 4.1.2), se mapearon las cantidades estimadas de residuos orgánicos por manzana (figura 15). Allí se evidencia que especialmente en las partes norte y occidental de la ciudad de Bogotá hay una concentración de generación de residuos domiciliarios (orgánicos). Esta información es importante cuando se considera una posible recolección separada de residuos orgánicos domiciliarios y la planificación de una posible planta de tratamiento descentralizado de los residuos orgánicos domiciliarios.

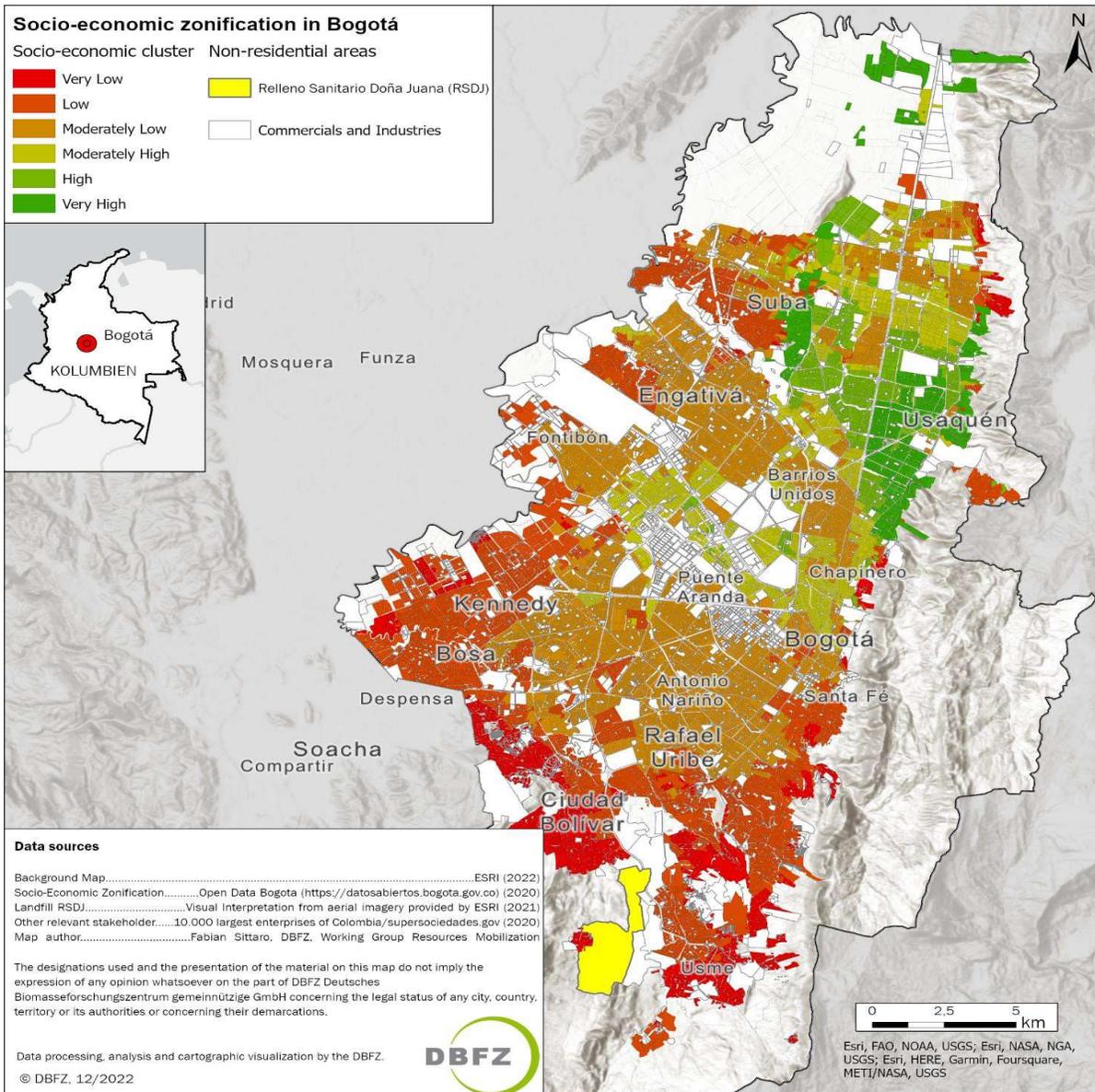
Figura 15. Mapa de las cantidades estimadas de residuos orgánicos generados por los hogares por manzana en Bogotá



Las estimaciones de residuos domiciliarios proporcionan una visión general de la distribución

de los residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, solo se consideró una proporción de residuos orgánicos de la generación total de residuos domiciliarios, la cual puede diferir entre los diferentes grupos socioeconómicos. Dado que la ciudad está caracterizada por fuertes disparidades socioeconómicas (figura 16), el supuesto subyacente debe verificarse. Un primer intento de analizar la generación de residuos orgánicos por conglomerado socioeconómico se abordó mediante el estudio de caracterización de residuos realizado en 2017. Para analizar adecuadamente los diferentes patrones de consumo entre los conglomerados socioeconómicos, es necesario definir un tamaño de muestra adecuado por conglomerado.

Figura 16. Zonificación de los conglomerados socioeconómicos en Bogotá



4.3.3 Mapas de calor sobre generación de residuos orgánicos por sector basados en los resultados de la encuesta

Con base en los datos recolectados y compilados, los actores encuestados fueron mapeados para analizar espacialmente las cantidades resultantes de residuos y desechos orgánicos. Se elaboraron mapas de calor para los agentes comerciales e institucionales, así como para los mercados, en los que se mostraban las cantidades relativas de acumulación de residuos orgánicos (figura 17-figura 20). Las cantidades medidas por el IPES (2018) no se han tenido en cuenta para la cartografía.

Para cualquiera de las versiones de los mapas de calor preparados, cabe señalar que una proporción considerable de productores potenciales de residuos no fue cubierta ni mapeada, ya que ni Fenalco ni la UniDist pudieron entrevistar a las partes interesadas identificadas por DBFZ (ver apartado 4.2). Además, la mala calidad de los datos también se debe a que los entrevistadores no están suficientemente capacitados o a que la información se ha falseado inadvertidamente, como una aparente sobreestimación de las cantidades de material residual.

La información sobre la generación de residuos en los mercados también se recogió durante la encuesta. Se compararon los datos del Informe IPES (2018) y los datos solicitados durante la encuesta para hacer suposiciones sobre la fiabilidad de los datos. Si se comparan las cantidades de residuos generados en las plazas de mercado que fueron notificadas en este estudio con las cantidades determinadas durante la encuesta sobre el terreno realizada en el marco de este proyecto, se observa que las cantidades difieren en gran medida (figura 17). Esto debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar el mapa de calor de los residuos orgánicos generados en los mercados (figura 18).

Figura 17. Comparación entre las cantidades de residuos obtenidas para las plazas de mercado distritales en Bogotá a partir de un estudio de campo y un informe del IPES (2018)

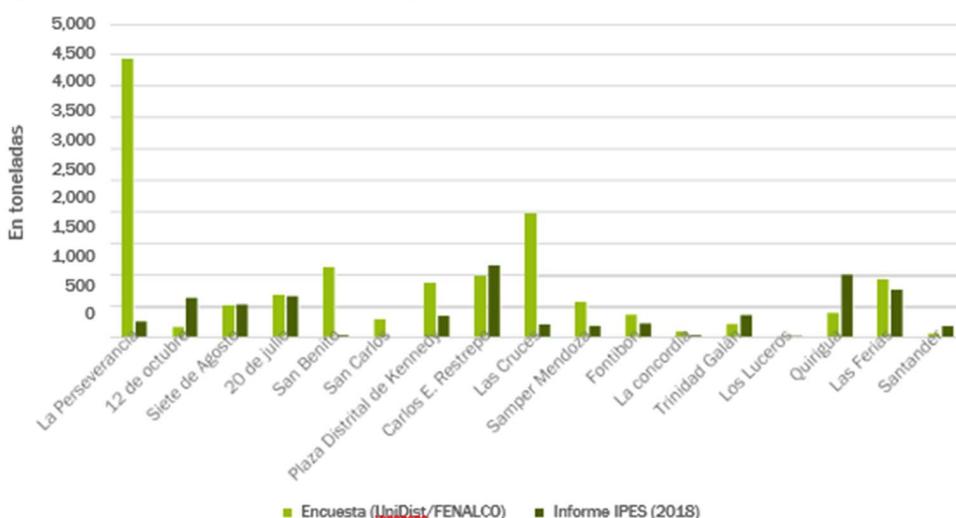


Figura 18. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de las plazas de mercado de Bogotá a partir de los datos obtenidos en la encuesta

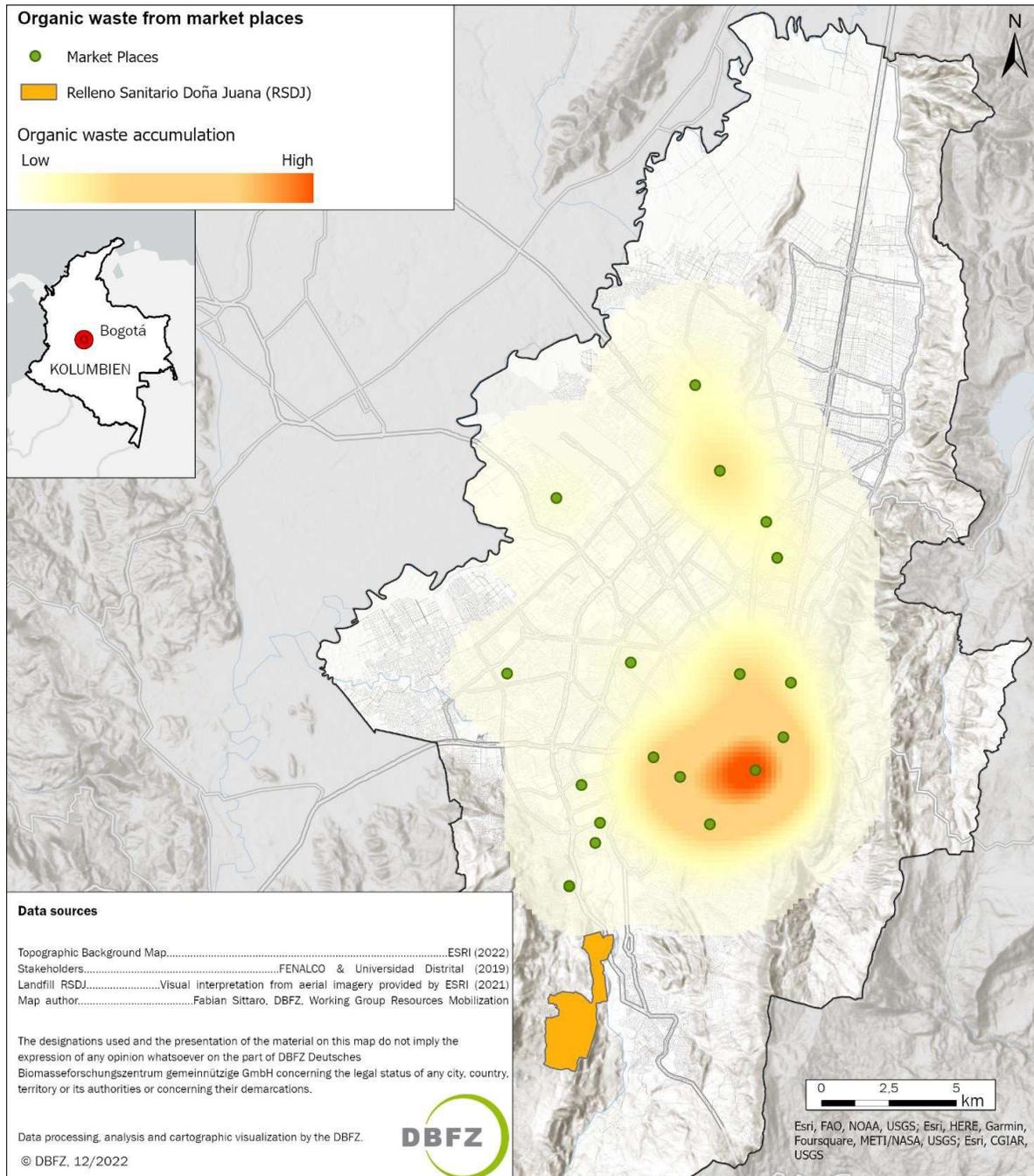


Figura 19. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de los actores comerciales en Bogotá con base en los datos obtenidos en la encuesta

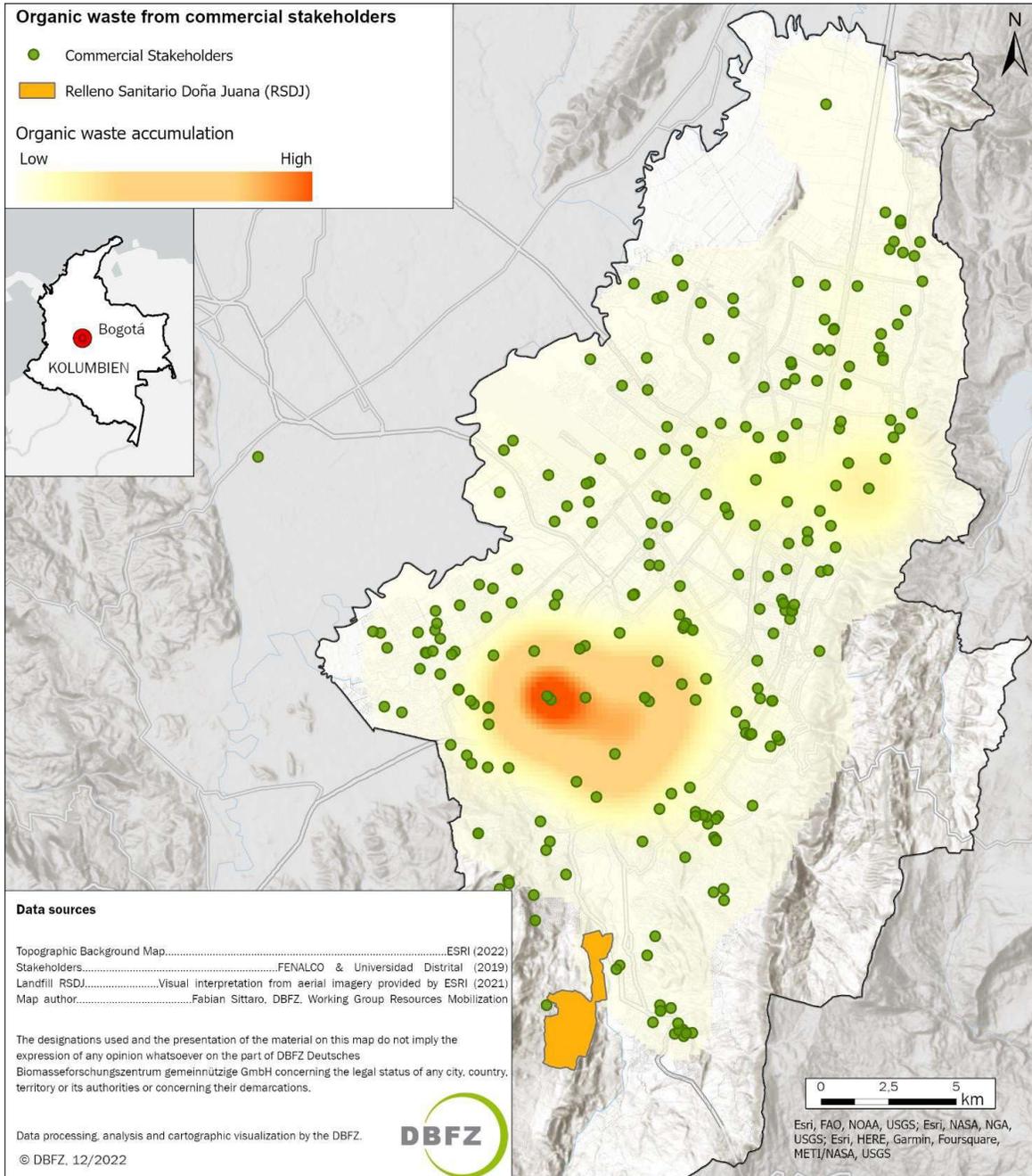
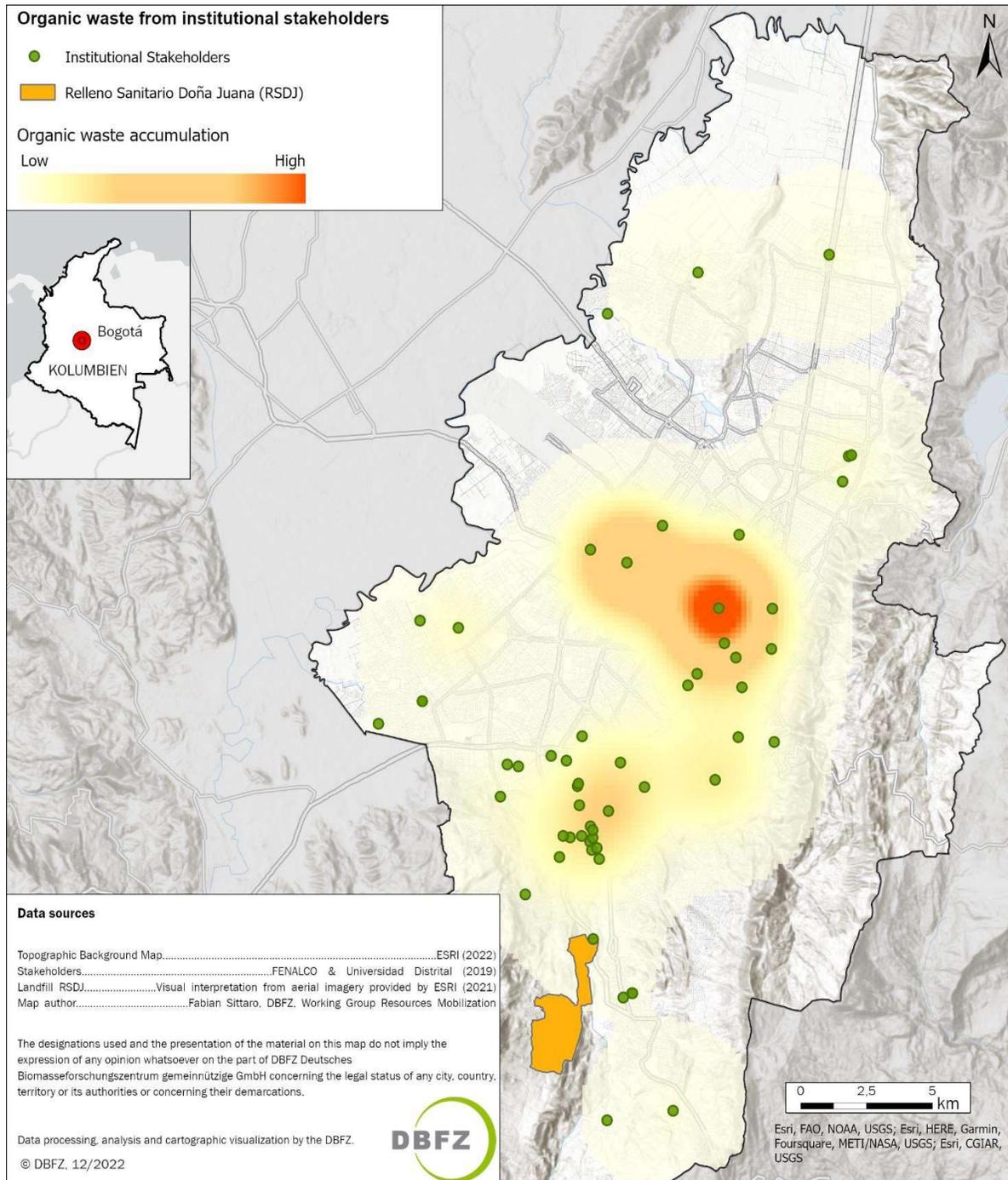


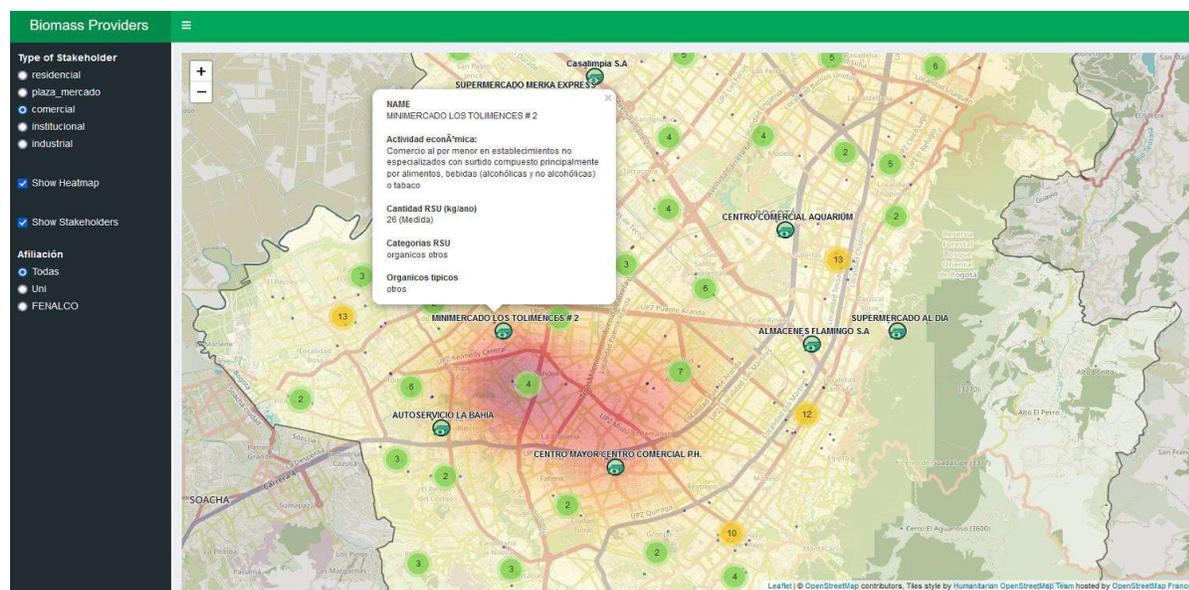
Figura 20. Mapa de calor sobre generación de residuos orgánicos de los actores institucionales en Bogotá basado en datos obtenidos en la encuesta



4.4 Mapa web de la generación de residuos orgánicos en Bogotá

Un producto muy útil que surgió en el transcurso del proyecto como opción para acompañar un sistema de monitoreo es una aplicación web digital en forma de tablero de mando sobre la disponibilidad de residuos y desechos en Bogotá (figura 21). Este tablero se desarrolló como complemento de los resultados acordados de los proyectos, y representa un prototipo de lo que podría ser una interfaz de usuario y una herramienta de visualización cartográfica de los datos de seguimiento. El prototipo se construyó utilizando R y R Shiny y organiza todas las partes interesadas en cinco categorías (residencial, mercados, comercial, institucional e industrial). El usuario se beneficia del hecho de que la información pertinente relativa a los distintos grupos de interés puede consultarse directamente y se muestra en forma de ventana emergente cuando se hace clic en el grupo de interés correspondiente. Además de la ubicación directa, es posible determinar para cada interesado el nombre, la actividad económica, el tipo y la cantidad de materiales residuales (estimados o determinados, kg por año), así como el tipo de residuos orgánicos. Esta información puede entenderse como una visión general de la distribución de todos los principales productores de residuos que han sido cartografiados. Para el prototipo se incluyó una función para organizar los actores mostrándolos no solo por categoría, sino también por fuente de datos (Universidad Distrital o Fenalco).

Figura 21. Captura de pantalla de la aplicación web sobre agentes generadores de residuos y mapas de calor de la distribución de residuos orgánicos



Los usuarios pueden elegir entre cinco categorías de partes interesadas y dos fuentes de datos diferentes. La información sobre el tipo y la cantidad de residuos se muestra para cada parte interesada; los mapas de calor se pueden activar y desactivar para visualizar la distribución espacial de los residuos orgánicos para las partes interesadas seleccionadas.

A partir de los datos seleccionados por el usuario, los mapas de calor pueden calcularse

dinámicamente en el cuadro de mando, que muestra la presencia de materiales residuales y residuos orgánicos en el municipio para destacar los lugares con un alto volumen de residuos. Para crear los mapas de calor, se utilizó un algoritmo de estimación de densidad de núcleo bidimensional sobre los datos de puntos seleccionados. En lugar de calcular densidades de puntos básicas, este algoritmo se ajustó para permitir una ponderación de los datos de entrada, que en este caso corresponde a la cantidad anual generada de residuos orgánicos o materiales residuales. Los cálculos y el preprocesamiento para ello se realizaron en R (versión 4.1.2) utilizando el paquete "ggtern" (Hamilton & Ferry, 2018). Las densidades ponderadas de los núcleos fueron luego rasterizadas y enmascaradas para que coincidieran con el contorno del municipio de Bogotá.

Limitación: Los datos presentados en el mapa web (figura 21) son solo tan buenos como los datos de entrada. Como los datos están incompletos —y en particular los grandes productores de residuos orgánicos no están incluidos en ellos—, los mapas de calor mostrados pueden ser inexactos; por lo tanto, solo representan un mapa de calor para las partes interesadas mapeadas.

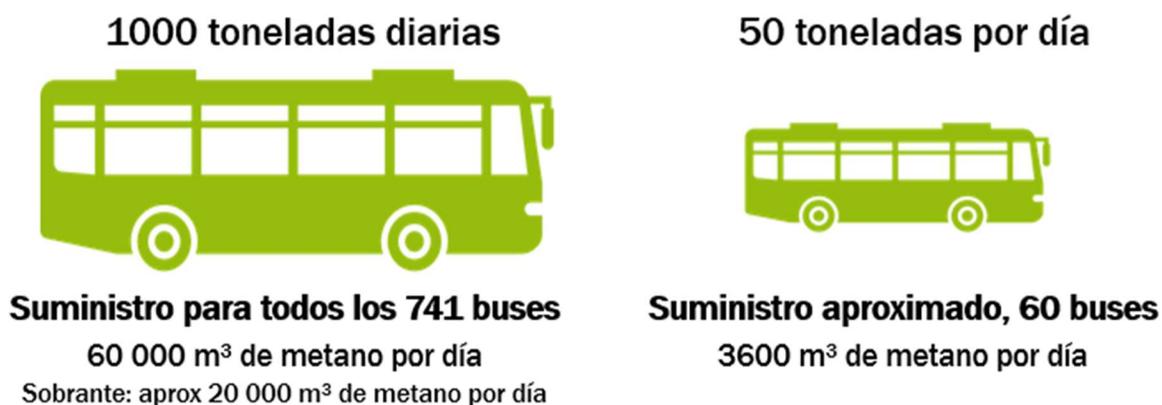
5 Recomendaciones y resultados

La DBFZ recomienda introducir un seguimiento continuo para los residuos de acuerdo con las directrices de la LAGA. No debería intentarse monitorear todo inmediatamente e implantar toda la directriz, sino proceder en pasos manejables. Inicialmente, la atención debe centrarse en los grandes productores. Luego, también deberían incluirse sucesivamente las unidades de producción medianas y pequeñas, para, en última instancia, poder abarcar de forma exhaustiva los hogares particulares en el futuro.

Los grandes productores de biorresiduos pueden considerarse esenciales en el contexto de la gestión de residuos orgánicos. Los productores industriales, en particular, proporcionan flujos de residuos casi sin mezclar, lo que simplifica significativamente el establecimiento de capacidades de tratamiento en la fase de puesta en marcha en comparación con el manejo de residuos domésticos mezclados, debido a que los primeros implican un esfuerzo técnico significativamente menor dentro del proceso de pretratamiento. Además, los residuos separados en la fuente pueden utilizarse potencialmente para producir flujos de salida de mayor calidad, con márgenes potenciales más elevados. Un sistema estandarizado y unificado de control de los residuos es esencial para identificar a estos grandes productores de residuos y, a largo plazo, identificar lugares adecuados de recolección y tratamiento también para los hogares.

Las instalaciones de tratamiento deben estar cerca de los grandes productores, para reducir los costos logísticos y las emisiones asociadas. Para decidir la ubicación de las instalaciones, es preferible utilizar datos georreferenciados y herramientas de optimización basadas en el seguimiento continuo de los residuos.

Figura 22. Número de autobuses que pueden abastecerse en el transporte público local en caso de uso de GNC con biometano



La gran cantidad de residuos orgánicos que hay en la ciudad de Bogotá indica un alto potencial para la producción de biogás, seguida de instalaciones de valorización de metano y compostaje. Esta cadena de procesos contribuye al plan de la ciudad para reducir la carga del

relleno sanitario Doña Juana mediante la reducción del volumen de residuos orgánicos. Además, puede contribuir a la demanda energética de la ciudad, proporcionando biometano para el transporte público. Una planta piloto con una entrada de 50 t de residuos orgánicos al día ya podría abastecer a 60 autobuses de GNC; una capacidad de tratamiento de 1000 t al día podría abastecer fácilmente a 741 autobuses de GNC que ya están en uso en Bogotá, mientras que todavía quedan 25 000 m³ de metano para otros fines (ver tabla 6). Por lo tanto, la ciudad de Bogotá podría asumir dos grandes tareas juntas: reducir los residuos orgánicos que van al relleno sanitario y sustituir los combustibles fósiles en sus autobuses públicos en más de un 50 %. El potencial global de los residuos orgánicos podría incluso suministrar combustible para todos los autobuses públicos de la ciudad.

Tabla 6. Resultado esperado del biometano y posible suministro de autobuses de transporte público en caso de utilizar combustible GNC

Residuos orgánicos por día		Metano por día Suministro adicional por GNC	Cantidad de autobuses en funcionamiento
50 t	Aprox. 3600 m ³	Aprox. 60	0
625 t	Aprox. 41 000 m ³	Todos 741	0
1000 t	Aprox. 66 000 m ³	Todos 741	Ca. 450
2400 t*	Aprox. 158 000 m ³	Todos 741	Aprox. 2000
*Representa el 80 % del potencial posible de un potencial estimado de 3000 t.			

El compostaje abre un segundo sector económico a través de la producción de suelos. Los suelos, compost o abonos resultantes son adecuados para diferentes usos en función de su calidad. El compost y los abonos procedentes de los flujos de residuos segregados en origen de los grandes productores, por ejemplo, pueden utilizarse en jardinería y agricultura. De hecho, estos representan subvenciones de alta calidad a las alternativas artificiales.

El carácter modular de las plantas tanto de biogás como de compostaje ofrece la oportunidad de introducir nuestro concepto recomendado gradualmente a largo plazo para obtener experiencias y optimizar los conceptos logísticos y el diseño de las plantas a las necesidades locales manteniendo los costos bajo control. Los tamaños de las unidades de almacenamiento, los digestores y el espacio de compostaje se escalonan linealmente. Sin embargo, para la recepción, el tratamiento, el control, la mejora y la cogeneración pueden aprovecharse economías de escala positivas. Esto significa que, si es previsible que se amplíe el emplazamiento de una planta de tratamiento, esto debería tenerse en cuenta desde el proceso de planificación para obtener una buena relación costo-eficacia.

Recomendamos seguir una hoja de ruta para la introducción gradual del tratamiento anaeróbico y aeróbico de los residuos orgánicos y la mejora del biometano. A continuación, se describen los pasos necesarios y sus respectivos tiempos, dirigidos a los responsables de la toma de decisiones (véase la tabla 7)

Tabla 7. Hoja de ruta para la introducción gradual de procesos

Inmediatamente	Decidir para qué fines debe utilizarse el biogás/biometano (recomendación de DBFZ: mejora del biometano. GNC para el transporte público).
Corto plazo	Implantar el concepto recomendado (50 t/d) como planta piloto (centrarse en residuos orgánicos de alta calidad como sustrato).
Corto plazo	Lanzar una campaña de promoción para informar a los habitantes y aumentar la aceptación. Especialmente los jardines infantiles y las escuelas deberían visitar regularmente la planta piloto y aprender sobre la separación de residuos.
Corto y mediano plazo	Seguimiento de los residuos de acuerdo con las recomendaciones de LAGA PN 98 (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 2002), acompañado de una herramienta de mapeo web, empezando por la planta piloto y ampliándolo hasta que todo quede finalmente registrado.
Mediano plazo	Implantar la recolección selectiva de residuos orgánicos en los hogares (posible tema de promoción: "¡Residuos orgánicos como combustible para el transporte público!").
Mediano plazo	Mayor planificación e implementación para la expansión de la planta a aprox. 450-850 t/d o más, para abastecer a todos sus autobuses de GNC y empezar a cambiar sus camiones de recolección a GNC-combustible.
Largo plazo	Desarrollo gradual de otros potenciales de residuos (aprox. 3000-3500 t/d).
Además Mediano y largo plazo	No forma parte de este estudio: aprovechamiento del tratamiento de aguas residuales y sus residuos.

Tratar los residuos orgánicos como un recurso valioso puede tener un gran impacto en la ciudad de Bogotá. No solo se reducirá la carga del relleno sanitario local, sino que se proporcionarán fuentes de energía renovables para el sector del transporte y se devolverán valiosos nutrientes al ciclo a través de suelos y fertilizantes. Esta tarea no puede resolverse de la noche a la mañana, pero es un reto importante para los próximos 5-25 años.

Desde el DBFZ nos gustaría apoyar a la ciudad de Bogotá y a las partes interesadas en este camino, por lo que el capítulo 6 ofrece una visión general de las actividades futuras más allá de las recomendaciones formuladas aquí y de cómo podemos apoyarlas.

6 Actividades futuras y oportunidades de continuación

Los resultados obtenidos hasta ahora en relación con la distribución espacial de los residuos y los materiales residuales demuestran un gran potencial para futuras actividades y para la ampliación de las aplicaciones existentes. Sin embargo, para ello es necesario mejorar significativamente, y continuar haciendo de forma intensiva, la recolección de datos sobre generación de residuos. Se recomienda la unificación y normalización, especialmente en la medición de la cantidad y frecuencia de residuos generados por grandes productores de residuos e industrias, así como la clasificación de los volúmenes de residuos en diferentes tipos de residuos biogénicos. Si se dispusiera de datos de alta calidad sobre la distribución espacial de los residuos, sería posible planificar mejor las plazas adicionales, así como el tamaño de las posibles instalaciones de tratamiento o compostaje.

La propia recolección de residuos también se beneficiaría de que mejoren la calidad y cantidad de datos sobre su producción. También sería factible utilizar los conocimientos adquiridos en este proyecto sobre la estructura y organización del tratamiento de residuos para llevar a cabo proyectos similares en otras localidades. En particular, en los municipios circundantes de Bogotá cuyas administraciones ya han manifestado su interés por el tratamiento posterior de los residuos biogénicos. En ese caso, será útil centrarse también en la cartografía de los residuos biogénicos y de los residuos agrícolas procedentes de la agricultura y la ganadería.

Recomendamos realizar un estudio periódico sobre la generación y caracterización de residuos, acompañado de mediciones sobre el terreno y análisis de laboratorio. Además, recomendamos crear una encuesta que pueda utilizarse a largo plazo y a la que se pueda acceder a través de una API. Esto garantizaría que los datos a lo largo de los años se obtuvieran en la misma estructura y permitiría crear un mapa web para acceder a estos datos de forma continua. De este modo, la calidad de los datos y de los mapas aumentarían. Los puntos calientes de generación de residuos orgánicos calculados podrían utilizarse, entre otras cosas, para:

- Identificar zonas especiales para la recolección de residuos orgánicos.
- Hacer una planificación adecuada de las rutas de recolección de residuos para minimizar los costos de transporte.
- Identificar las ubicaciones adecuadas para la instalación de puntos de recolección y plantas de tratamiento descentralizadas.
- Crear instalaciones de tratamiento específicas para obtener productos de mayor calidad.
- Hacer la optimización de toda la cadena de procesos para reducir costos.

Aparte de la posible implementación de un sistema de seguimiento propio, los geodatos sobre

empresas proporcionadas por la Cámara de Comercio también ofrecen una muy buena oportunidad para aunar esfuerzos y relacionar la información disponible gestionada por la Cámara de Comercio con la obtenida en la encuesta sobre generación de residuos. No obstante, la información disponible solo cubre al sector comercial.

En el futuro, se recomienda realizar una encuesta detallada sobre la generación de residuos en los polígonos industriales, ya que es muy probable que las industrias de transformación alimentaria produzcan grandes cantidades de residuos orgánicos. Aquí sería deseable la cooperación con la Cámara de la Industria de Alimentos de la Asociación de Empresarios de Colombia (ANDI). Con el fin de involucrar a estas partes interesadas, se recomienda realizar una campaña sobre por qué es importante la información sobre los residuos orgánicos, para sensibilizar a las partes interesadas sobre la economía circular.

Los esfuerzos de la ciudad de Bogotá por introducir un sistema de recolección selectiva de residuos en toda la ciudad constituyen un reto importante. La introducción de un sistema tan complejo —que consta de logística, tratamiento, suministro a los ciudadanos y los correspondientes programas educativos— suele traer obstáculos insalvables para los municipios. La respuesta suele ser centrarse inicialmente en un aspecto, como el suministro de contenedores diferentes. Sin embargo, recomendamos seleccionar zonas piloto dentro de la ciudad en las que se vaya a cartografiar toda la cadena de valor del tratamiento de residuos orgánicos. Esto incluye la introducción de un sistema de recolección continua, el suministro de contenedores, el control continuo de los residuos, la capacitación de los ciudadanos, la creación de unas instalaciones de tratamiento de residuos sostenibles y modernas y el suministro de productos de alta calidad como el compost. Es muy importante garantizar la funcionalidad de dicho proyecto de demostración y probarle así a la comunidad la eficacia de un sistema de este tipo. Uno de los mayores retos, especialmente en estructuras densamente pobladas, es la aceptación de las instalaciones de tratamiento descentralizadas. Para ello es indispensable crear conciencia. Establecer un sistema completo y operativo en zonas piloto claramente definidas es, en nuestra opinión, un enfoque muy bueno y escalable.

La DBFZ puede ayudar a establecer un sistema de seguimiento y a evaluar los datos georreferenciados. Además, podemos identificar ubicaciones para otras plantas o zonas piloto y hacer recomendaciones a lo largo de toda la cadena de valor de la gestión de residuos orgánicos. En principio, podemos acompañar científicamente cualquier desarrollo en el tratamiento de residuos orgánicos, para acompañar eficientemente a la ciudad de Bogotá en su camino hacia una economía circular con métodos modernos y científicos.

7 Lista de referencias

BBVA Research. (2017). *Urbanization in Latin America*. BBVA. <https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2017/07/Urbanization-in-Latin-America-BBVA-Research.pdf>, zulezt geprüft am 03.02.2021.

Cocier. (2018, 04 de abril). *Ya entró en operación el primer Transmilenio biarticulado que funciona con gas natural*. www.cocier.org/index.php/es/noticias-de-cocier/925-ya-entro-en-operacion-el-primer-transmilenio-biarticulado-que funciona-con-gas-natural, zulezt geprüft am 17.06.2021.

Döhler, H. (2013). *Faustzahlen Biogas. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe*. KTBL.

Hettiarachchi, H., Ryu, S., Caucci, S. & Silva, R. (2018). Municipal Solid Waste Management in Latin America and the Caribbean. Issues and Potential Solutions from the Governance Perspective. *Recycling*, 3(2), 19. <https://doi.org/10.3390/recycling3020019>.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. (2002). Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. LAGA PN 98. ESV (Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 32). https://www.laga-online.de/documents/m32_laga_pn98_1503993280.pdf, zulezt geprüft am 12.04.2021.

Savino, A. (Ed.). (2018). *Waste Management Outlook for Latin America and the Caribbean*. UN Environment. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26448/Residuos_LAC_EN.pdf?sequence=

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP]. (2020). Documento Técnico Soporte del Plan Integral de Residuos Sólidos. UAESP. <http://www.uaesp.gov.co/content/proceso-revision-ajuste-pgirs-2020>, zulezt geprüft am 01.04.2021.

Umwelt Bundesamt. (2015): Kompostierung organischer Abfälle – Bioabfallkompostierung. https://www.cleaner-production.de/images/BestPractice/data_de/COM.pdf, zulezt aktualisiert am Oktober 2015.

UN Sustainable Development. (2021). *The Sustainable Development Agenda*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Protección de Datos

CON EL DILIGENCIAMIENTO Y ENVÍO DE ESTE FORMULARIO COMO PERSONA NATURAL Y/O EN MI CALIDAD DE REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA ACÁ IDENTIFICADA AUTORIZO A LA FEDERACIÓN NACIONAL DE COMERCIANTES EMPRESARIOS FENALCO IDENTIFICADA CON NIT 860.013.488-7 PARA QUE EN SU CALIDAD DE RESPONSABLE DEL TRATAMIENTO RECOLECTE, ALMACENE LOS DATOS PERSONALES EN SUS BASES DE DATOS FÍSICAS O DIGITALES, Y EN GENERAL REALICE SU TRATAMIENTO CON EL FIN DE: (I) DAR CUMPLIMIENTO A LAS ACTIVIDADES PROPIAS DE SU GESTIÓN GREMIAL; (II) REALIZAR EL ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS AQUÍ SUMINISTRADAS, ASÍ COMO REALIZAR ESTUDIOS EN VIRTUD DE LAS RESPUESTAS AQUÍ SUMINISTRADAS, CON EL FIN DE GENERAR ACTIVIDADES, PLANES DE ACCIÓN Y BENEFICIOS COMO AFILIADO / VINCULADO / CLIENTE O USUARIO DE LOS SERVICIOS DE FENALCO; (III) ANONIMIZAR LA INFORMACIÓN AQUÍ SUMINISTRADA GENERANDO INFORMES ESTADÍSTICOS; (IV) CONTACTARME DIRECTAMENTE O A TRAVÉS DE TERCEROS VÍA CORREO ELECTRÓNICO, CORREO POSTAL, MENSAJE DE TEXTO, TELEFÓNICAMENTE O VÍA APLICACIONES DE MENSAJERÍA INSTANTÁNEA CON EL FIN DE INFORMARME SOBRE LOS PRODUCTOS O SERVICIOS DE FENALCO, LAS SECCIONALES O CAPÍTULOS A NIVEL NACIONAL DE FENALCO, ASÍ COMO EMPRESAS ALIADAS O AFILIADAS A LA FEDERACIÓN, O ENVIARME INFORMACIÓN E INVITACIONES A EVENTOS, ACTIVIDADES Y PLANES DE FORMACIÓN DEL GREMIO; (V) ATENDER PETICIONES QUEJAS O RECLAMOS DIRECTOS ASÍ COMO REQUERIMIENTOS DE AUTORIDADES EN EJERCICIO DE SUS FUNCIONES; Y (VI) CONSERVARLA PARA FINES ESTADÍSTICOS E HISTÓRICOS Y/O PARA CUMPLIR CON OBLIGACIONES LEGALES EN LO QUE A CONSERVACIÓN DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTOS SE REFIERE. DECLARO QUE LA INFORMACIÓN REGISTRADA EN ESTA ENCUESTA ES REAL, FIDEDIGNA Y ACTUALIZADA, Y QUE: (I) AUTORIZO QUE LA INFORMACIÓN PERSONAL, ASÍ COMO EL RESULTADO DE LA PRESENTE ENCUESTA Y SU ANÁLISIS, YA SEA DE FORMA ANONIMIZADA O NO, PODRÁ SER COMPARTIDO CON LAS SECCIONALES, EMPRESAS ALIADAS, O CON TERCEROS Y/O PROVEEDORES CONTRATADOS PARA REALIZAR EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS BAJO LAS MISMAS FINALIDADES YA MENCIONADAS; (II) EN CASO DE BRINDAR DATOS PERSONALES DE TERCEROS, CUENTO CON LA AUTORIZACIÓN DE SUS TITULARES PARA SUMINISTRAR DICHA INFORMACIÓN PARA LAS FINALIDADES ACÁ MENCIONADAS; (III) COMO TITULAR DE LA INFORMACIÓN TENGO DERECHO A CONOCER, ACTUALIZAR, RECTIFICAR O SUPRIMIR MIS DATOS DE LAS BASES DE DATOS DE FENALCO, ESTO ÚLTIMO EN LA MEDIDA EN QUE NO EXISTA UNA OBLIGACIÓN LEGAL O CONTRACTUAL QUE LO IMPIDA, ASÍ COMO SOLICITAR PRUEBA DE LA AUTORIZACIÓN OTORGADA POR MEDIO DEL CORREO ELECTRÓNICO SERVICIOALCLIENTE@FENALCO.COM.CO. PARA MAYOR INFORMACIÓN CONOZCO QUE PODRÉ ACCEDER A LA POLÍTICA DE TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES DISPONIBLE PARA SU CONSULTA EN WWW.FENALCO.COM.CO

EL OBJETIVO DE ESTA ENCUESTA ES CARACTERIZAR LOS DIFERENTES USUARIOS QUE GENERAN RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, CUYOS DATOS RECOPIADOS SERÁN DE GRAN UTILIDAD PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CELEBRADO ENTRE UNIVERSIDAD DISTRITAL - UAESP-501- 2021, CUYO OBJETO ES AUNAR ESFUERZOS PARA EL FORTALECIMIENTO TÉCNICO EN EL DESARROLLO DE LOS PROCESOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE BOGOTÁ. EN CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES DE LA LEY 1581 DE 2012 Y DEL DECRETO REGLAMENTARIO 1377 DE 2013 QUE DESARROLLAN EL DERECHO DE HABEAS DATA, SOLICITAMOS SU AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE SUS DATOS SUMINISTRADOS EN LAS RESPUESTAS A ESTA ENCUESTA.

ACEPTO LOS TERMINOS DE USO DE DATOS

- Sí
 No

INFORMACIÓN DEL USUARIO - Informacion No Autorizada

TIPO DE GENERADOR

- Plaza de Mercado
 Comercio
 Industria
 Institucion
 Residencial

NOMBRE DEL USUARIO

INFORMACIÓN DEL USUARIO - GENERADOR

» Número de identificación del generador

ID (UNIDIST)

DBFZ_ID

» Datos de contacto del generador

NOMBRES DEL/DE LA ENCUESTADO(A)

APELLIDOS DEL/DE LA ENCUESTADO(A)

NÚMERO DE TELÉFONO FIJO O MÓVIL

OTRO NÚMERO DE TELÉFONO FIJO O MÓVIL

CORREO ELECTRÓNICO

» Localización del generador

DIRECCIÓN

Especificar las direcciones siguiendo el formato ejemplo: Carrera 42 #12B-16. Por favor ingrese la dirección de la sede de producción, del comercio o de la institución, NO de la administración del comercio, industria o institución.

LOCALIDAD

- | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Usaquén | <input type="radio"/> Chapinero | <input type="radio"/> Santa Fé |
| <input type="radio"/> San Cristobál | <input type="radio"/> Usme | <input type="radio"/> Tunjuelito |
| <input type="radio"/> Bosa | <input type="radio"/> Kennedy | <input type="radio"/> Fontibón |
| <input type="radio"/> Engativá | <input type="radio"/> Suba | <input type="radio"/> Barrios Unidos |
| <input type="radio"/> Teusquillo | <input type="radio"/> Los Mártires | <input type="radio"/> Antonio Nariño |
| <input type="radio"/> Puente Aranda | <input type="radio"/> La Candelaria | <input type="radio"/> Rafael Uribe Uribe |
| <input type="radio"/> Ciudad Bolívar | <input type="radio"/> Sumapaz | |

BARRIO

ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA

sin definir Estrato 1 Estrato 2
 Estrato 3 Estrato 4 Estrato 5
 Estrato 6

UBICACIÓN

Por favor ingrese la ubicación de la sede de producción, del comercio o de la institución, NO de la administración del comercio, industria o institución.

latitud (x.y °)

longitud (x.y °)

altitud (m)

accuracy (m)



» **Características del generador**

TIPO DE GENERADOR *

Plaza de mercado
 Industrial
 Institucional
 Comercial
 Residencial

TIPO DE ORGANIZACIÓN

Pública
 Privada
 Mixta

NIT (SI ESTÁ DISPONIBLE)

Sólo aplica a generadores tipo comercio, industrial o institucional.

CÓDIGO CIIU (SI ESTÁ DISPONIBLE)

Sólo aplica a generadores tipo comercio, industrial o institucional. Ingrese el código de la clase CIIU de cuatro dígitos según CIIU Rev. 4 A.C. (2020). Si la clase tiene un número inferior a 1000, introdúzcalo con sólo 3 dígitos (por ejemplo 125).

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS QUE DESARROLLA

» » Plaza de Mercado

NOMBRE DE LA PLAZA DE MERCADO

NÚMERO TOTAL DE LOCALES EN LA PLAZA

PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

- Productos agrarios
- Carnícos (crudos)
- Comidas crudas
- Comidas preparadas
- Otros productos (e.g. textiles, juguetes, ollas, etc.)

¿TIENE PLAZA DE COMIDA?

- Sí
- No

DÍAS DE OPERACIÓN

días operativos

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO A LA SEMANA

horas de trabajo por semana

- 0-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- >80

» » Comercio

NOMBRE DEL COMERCIO

Nombre del comercio

SUBCATEGORÍA DE COMERCIO *

Favor, selecciona la subcategoría del comercio

- Comercio de alimentos agrarios (e.g. Fruver)
- Comercio de cárnicos
- Expendido de comidas preparadas (Catering, Autoservicio, Restaurantes)
- Supermercado
- Grandes Superficies
- Centro Comercial
- Hoteles (sin expendido de comidas)
- Hoteles (con expendido de comidas)
- Servicios turísticos

DÍAS DE OPERACIÓN

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO A LA SEMANA

- 0-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- >80

ÁREA TOTAL DEL ESTABLECIMIENTO COMERCIAL EN METROS CUADRADOS (M²)

NUMERO TOTAL DE TIENDAS

NUMERO TOTAL DE PUESTOS/TIENDAS/RESTAURANTES CON VENTA DE COMIDA PREPARADA

NUMERO DE CAMAS

ÁREA TOTAL DEL RESTAURANTE EN METROS CUADRADOS (M²)

» » Industrial

NOMBRE DE LA INDUSTRIA

SUBCATEGORÍA DE LA INDUSTRIA

- Industria de elaboracion de alimentos
- Agroindustria
- Cria de Animales
- Industria Papelera
- Tratamiento de Aguas
- Otra

ESPECIFIQUE

DÍAS DE OPERACIÓN

- Lunes
- Martes
- Miercoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO A LA SEMANA

- 0-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- >80

¿CUAL ES LA CANTIDAD DE PRODUCCIÓN ANUAL EN TONELADAS?

¿QUE ANIMAL CRIA PRINCIPALMENTE?

- Bovinos
- Aves
- Corderos
- Cerdos
- Caballos
- otros

¿CANTIDAD DE PRODUCCIÓN ANUAL EN NUMERO DE ANIMALES?

¿CUAL ES EL NUMERO DE EMPLEADOS?

» » **Institucional**

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN

SUBCATEGORÍA DE LA INSTITUCIÓN

- Hospital
- Institución educativa
- Defensa
- Area verde (ej. parques, jardines)
- Recreacional (ej. parques de atracciones, parques temáticos, instalaciones deportivas)
- Otra

ESPECIFIQUE OTRA SUBCATEGORÍA DE LA INSTITUCIÓN

DÍAS DE OPERACIÓN

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO A LA SEMANA

- 0-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- >80

NÚMERO DE CAMAS

NÚMERO DE PERSONAL ESTACIONADO

NÚMERO DE ESCOLARES

AREA EN METROS CUADRADOS (M²)

NÚMERO DE VISITANTES POR SEMANA

» » Residencial

TIPO UNIDAD RESIDENCIAL

- Conjunto abierto
- Conjunto cerrado
- Vivienda unifamiliar
- Vivienda multifamiliar

NÚMERO DE UNIDADES RESIDENCIALES

NÚMERO DE RESIDENTES

RSU GENERADOS - INFORMACIÓN GENERAL

» Cantidad RSU general

¿CONOCE LA CANTIDAD TOTAL DE RSU QUE GENERA?

- Sí
 No

CANTIDAD DE RSU GENERADOS EN KG

La frecuencia a la que se refiere, se define en la siguiente pregunta.

FRECUENCIA EN LA QUE GENERA LA CANTIDAD DE RSU GENERADOS EN KG

- Día
 Semana
 Mes
 Año

SI NO CONOCE LA CANTIDAD EXACTA, ESTIMA LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS EN CANECAS (55 GALONES)?

La frecuencia a la que se refiere, se define en la siguiente pregunta.

FRECUENCIA EN LA QUE GENERA LA CANTIDAD DE RSU GENERADOS ESTIMADOS

- Dos veces por día
 Una vez por día
 Cada 2 días
 Cada 3 días
 Cada 4 días
 Cada 5 días
 Cada 6 días
 Una vez por semana

» Separación y especificación de los RSU

¿HACE SEPARACIÓN EN LA FUENTE?

- Sí
 No

EN CUALES CATEGORÍAS SEPARA LOS RSU?

- Orgánicos
 Aprovechables
 Ordinarios
 Aceites de cocina usados
 Especiales
 Peligrosos
 Otros

» » Orgánicos

QUE TIPOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERA?

- no aplica
- Residuos de frutas y/o verduras
- Residuos de excrementos de animales
- Residuos cárnicos
- Residuos de comidas preparadas
- Residuos de cereales
- Residuos de corte de césped
- Residuos de poda de árbol
- Otros

PORFAVOR, DEFINE SI HAY OTROS RESIDUOS ORGÁNICOS

PORFAVOR, ESTIMA LA PROPORCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS.

- 0% (no tiene)
- < 25% (muy poco)
- 25% - 49% (poco)
- 50% - 75% (moderado / mediano)
- <100% (casí exclusivamente orgánicos)

¿QUE HACE CON LOS RESIDUOS ORGÁNICOS?

- Aprovechamiento interno
- Disposición final (ASE)
- Regala - Dona - Entrega
- Venta
- Otro

¿A QUIEN REGALA, DONA, VENDE O ENTREGA LOS RESIDUOS ORGÁNICOS?

A quien vende

- Servicio público de aseo
- Organización recicladora
- Iniciativa comunitaria
- Iniciativa privada
- Otro

ESPECIFIQUE

» » Aprovechables

QUE TIPOS DE RESIDUOS APROVECHABLES GENERA?

no aplica

Metales

Plásticos

Celulosas y Pulpas (papel, textil)

Vidrios

Otro

PORFAVOR, ESTIMA LA PROPORCIÓN DE RESIDUOS APROVECHABLES EN LA GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS.

0% (no tiene)

< 25% (muy poco)

25% - 49% (poco)

50% - 75% (moderado / mediano)

<100% (casí exclusivamente orgánicos)

¿QUE HACE CON LOS RESIDUOS APROVECHABLES?

Aprovechamiento interno

Disposición final (ASE)

Regala - Dona - Entrega

Venta

Otro

¿A QUIEN REGALA, DONA, VENDE O ENTREGA LOS RESIDUOS APROVECHABLES?

Servicio público de aseo

Organización recicladora

Iniciativa comunitaria

Iniciativa privada

Otro

ESPECIFIQUE

» » Ordinarios

¿QUE HACE CON LOS RESIDUOS ORDINARIOS?

Disposición final (ASE)

Otro

» » Especiales, peligrosos y/o aceite de cocina usado

¿QUE HACE CON LOS RESIDUOS ESPECIALES, PELIGROSOS Y/O ACEITE DE COCINA USADO?

Disposición final (ASE)

Disposición correcta en puntos de recolección indicados

Paga para correcta disposición

Otro

» » Adquisición de productos o insumos aprovechables

¿ADQUIERE PRODUCTOS O INSUMOS PROVENIENTES DE PROCESOS DE APROVECHAMIENTO?

Sí

No

¿QUÉ TIPO PRODUCTOS O INSUMOS PROVENIENTES DE PROCESOS DE APROVECHAMIENTO ADQUIRE?

Orgánicos

Celulosas y Pulpas (papel, textil)

Plásticos

Metales

Vidrios

Otro

¿CUÁLES OTROS PRODUCTOS O INSUMOS PROVENIENTES DE PROCESOS DE APROVECHAMIENTO ADQUIRE?

» Almacenamiento de los RSU

ÁREA TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS EN TOTAL, EN METROS CUADRADOS (M²)

» » División almacenamiento

ÁREA TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS, EN METROS CUADRADOS (M²)

ÁREA TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS ORDINARIOS, EN METROS CUADRADOS (M²)

ÁREA TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS APROVECHABLES, EN METROS CUADRADOS (M²)

» Recolección de RSU

¿USA EL SERVICIO DEL CONCESIONARIO DE ASEO?

Sí

No

NOMBRE DEL OPERADOR DEL SERVICIO DE ASEO

Promoambiental

Lime - Limpieza Metropolitana

Ciudad Limpia

Bogotá Limpia

Área Limpia D.C.

ninguno

DÍAS DE RECOLECCIÓN

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

MARQUE UNA O VARIAS RAZONES DE LAS SIGUIENTES, POR LA CUÁL NO USA EL SERVICIO DEL CONCESIONARIO DE ASEO?

- No sabía que el operador de aseo prestaba ese servicio
- Es muy costoso
- No me contestan
- El reciclador me cobra menos
- Se demoran mucho en recoger los residuos
- otro

ESPECIFIQUE "OTRO"

» Remodelación

CON QUÉ FRECUENCIA, USTED REALIZA REMODELACIONES EN SU HOGAR/COMERIO/INSTITUCION/INDUSTRIA/PLAZA DE MERCADO?

- Nunca
- Mayor a cinco (5) años
- Una vez cada cinco (5) años
- Una vez al año
- Dos veces al año

DE LAS SIGUIENTES OPCIONES, ¿QUÉ HACE USTED CUANDO REALIZA UNA REMODELACIÓN Y GENERA POCOS ESCOMBROS?

- Llamar a un reciclador
- Disponerlos en la puerta de su domicilio
- Entregarlos para reparar vías
- Llamar a la línea 110

MARQUE UNA O VARIAS RAZONES DE LAS SIGUIENTES, POR LA CUÁL NO USA EL SERVICIO DEL CONCESIONARIO DE ASEO?

- No sabía que el operador de aseo prestaba ese servicio
- Es muy costoso
- No me contestan
- El reciclador me cobra menos
- Se demoran mucho en recoger los residuos

» Cuarteo ¿Sí o No?

USUARIO DISPUESTO PARA REALIZAR CUARTEO

- Sí
- No