

Parte 3 -

Recursos técnicos sobre gestión de residuos sólidos



Contenido

(A)	Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras	47
	Definición de residuo sólido	47
	La gestión de residuos sólidos, un reto mundial	47
	Impacto de la mala gestión de los residuos	48
	Generación y composición de los residuos en el mundo	50
(B)	Fraciones de residuos sólidos	52
	Tiempo de descomposición de los residuos sólidos	55
	Los residuos orgánicos	56
	Los residuos plásticos	56
(C)	Reducción y reutilización de residuos	60
(D)	Separación de residuos	60
(E)	Recolección de los residuos	62
	Papeleras y contenedores	62
	Equipos de limpieza	62
	Transporte de residuos	62
	Frecuencia de recolección	63
	Colocación de contenedores de residuos y rutas de recolección	63
(F)	Valorización de los residuos	63
	Residuos no orgánicos	64
	Sistema de reciclaje existente	65
	Cadena de reciclaje	66
	Aumento del valor de los materiales reciclables	67
	Opciones de valorización de plásticos	68
	Residuos orgánicos	69
(G)	Disposición final de los residuos	71

(A) Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras

Definición de residuo sólido

Residuo es un término genérico que se refiere a algo que ya no se utiliza y se desecha. Los residuos sólidos son los que se generan en los hogares, restaurantes, centros comerciales, colegios, etc. cuando consumimos un producto y queremos deshacernos de él.

La gestión de residuos sólidos, un reto mundial

Se calcula que la población mundial genera actualmente unos 2.000 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de los cuales el 30% permanece sin recoger y en su mayor parte se quema abiertamente o se vierte en algún lugar. De la fracción recogida, el 70% se dispone en vertederos y botaderos a cielo abierto [6]. Si nos fijamos en las cifras mundiales, 2.000 millones de personas siguen sin tener acceso a un servicio de recolección de residuos y 3.000 millones no tienen acceso a un vertedero controlado. Las prácticas actuales de gestión de residuos son responsables de entre el 8 y el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo. [5].



Figura 18: Cifras clave de la GRS

Anualmente, 8 toneladas de plástico acaban en el océano, lo que equivale a un camión de basura lleno de plástico vertiendo residuos en el océano cada minuto, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19: Ratios del plástico

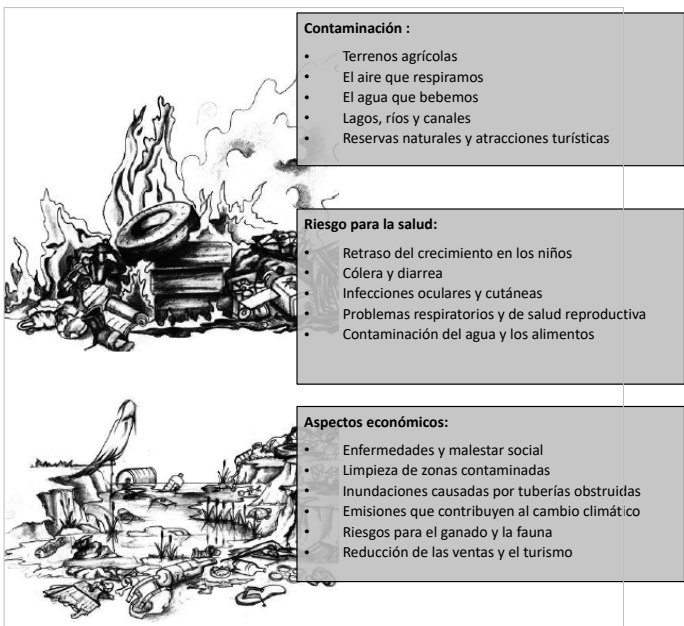


Figura 20: Impacto de la mala gestión de los residuos [6] adaptado de [8]

Impacto de la mala gestión de los residuos

La quema y el vertido de residuos mezclados son prácticas habituales que tienen un enorme impacto en la salud humana y el medio ambiente.

Amenaza de la quema: Aunque a veces no sea visible, el humo de la quema de residuos puede entrar en los pulmones a través de la nariz y la boca y las diminutas partículas pueden envenenar la sangre, provocar enfermedades respiratorias y cáncer. La quema de residuos agrava la contaminación del suelo, del agua y de los alimentos. También contamina el aire al liberar emisiones tóxicas (dioxinas, furanos, etc.) y contribuye al cambio climático al emitir gases de efecto invernadero (GEI), así como contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro (BC), u hollín, que es entre 460 y 1'500 más nocivo que el CO2 (ver Recuadro 23 para más información sobre el BC)[28]. Hay que tener en cuenta que la quema de residuos al aire libre está prohibida por ley en la mayoría de los países del mundo.

Amenaza de vertido: El vertido de residuos provoca la acumulación visible de plásticos en la naturaleza y la contaminación ambiental del suelo y el agua. Es responsable de las inundaciones debidas al bloqueo del sistema de drenaje, de la propagación de enfermedades, ya que favorece la cría de mosquitos, entre otros vectores de enfermedades, y de las emisiones de GEI (ver Tabla 5 para cuestiones específicas de los residuos orgánicos). Cuando los residuos son arrastrados por la lluvia, contaminan las reservas de agua, perjudicando a los cultivos, el ganado y las personas. Los residuos plásticos acaban llegando a arroyos, ríos y al mar, causando problemas ecológicos y de salud pública. [8].

Recuadro 23: Carbón negro [28]

El carbono negro (BC de su sigla en inglés para Black Carbon), también llamado hollín, es un contaminante atmosférico de partículas finas (PM_{2.5}), que se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, madera y otros combustibles [28]. El carbón negro es un contaminante climático de vida corta, con una vida útil de entre 4 y 12 días solamente, pero con un gran potencial de calentamiento climático de 460 a 1.500 veces mayor que el CO₂ por unidad de masa [28].

Según la CCAC [28] y como se muestra en Figura 21 el carbón negro tiene un impacto sobre :

- **Salud**, al aumentar el riesgo de cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, así como enfermedades pulmonares y cáncer;
- **Clima**, absorbiendo la luz solar y convirtiéndola en calor;
- **Tiempo**, al impedir la formación de nubes y alterar los patrones meteorológicos regionales y las precipitaciones;
- **Nieve y hielo**, acelerando la fusión del hielo y la nieve;
- **Agricultura y ecosistemas**, al reducir la luz solar y afectar a la salud de las plantas y a su productividad.

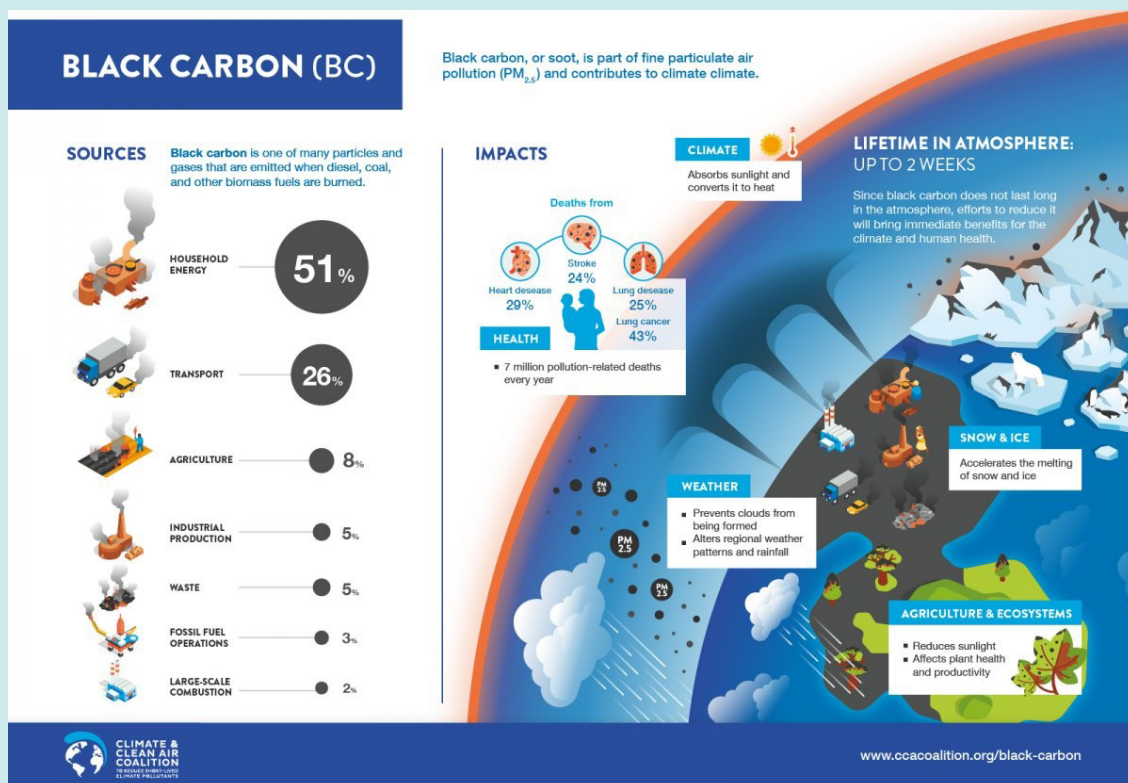


Figura 21: Características principales del carbón negro, infografía en inglés [28]

Como el carbón negro no permanece mucho tiempo en la atmósfera, los esfuerzos para reducirlo reportarán beneficios inmediatos para el clima y la salud humana.

Recursos adicionales:



Bond, T.C. et al., 2013. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment [29]



Reyna-Bensusan, N., 2020. The Impact of Black Carbon Emissions from Open Burning of Solid Waste [30]



CCAC - Black carbon [28]

Generación y composición de los residuos en el mundo

La generación y la composición de los residuos son elementos clave para poder planificar sistemas adecuados de gestión de residuos a cualquier escala. La generación de residuos se refiere a la cantidad de residuos producidos durante un determinado período de tiempo, normalmente expresada en términos de kg por persona y día, mientras que la composición de los residuos se refiere al tipo de material presente en los residuos, normalmente expresado en términos de porcentaje de una cantidad específica de fracción de residuos sobre la cantidad total de residuos generados (ver la Tabla 3).

Tabla 3: Definición de la generación y composición de los residuos

	Definición	Unidades típicas
Generación de residuos	Cantidad de residuos generados/producidos durante un periodo de tiempo	Kg/por día Kg/por año
Composición de los residuos	Categorización de los tipos de residuos (orgánicos, papel, vidrio, plásticos, etc.)	% peso húmedo sobre peso total

Estos datos influirán, por ejemplo:

- Estrategias de prevención y reducción de residuos,
- Ayudar a determinar la capacidad y el número de vehículos de recolección o la infraestructura necesaria para almacenar los residuos,
- Evaluar la viabilidad y la escala de la opción de tratamiento,
- Identificar oportunidades de reciclaje,
- Estimación de la vida útil de los vertederos y lugares de disposición final, y
- Estimar las tendencias para planificar el futuro.

A escala mundial, las tasas de generación de residuos varían de un país a otro y están muy influidas por los niveles de renta, como se muestra en la Gráfico 22. Los países de renta baja suelen generar en torno a 0,4-0,5 kg de residuos per cápita al día, mientras que los países de renta alta generan hasta 2 kg de residuos per cápita al día.

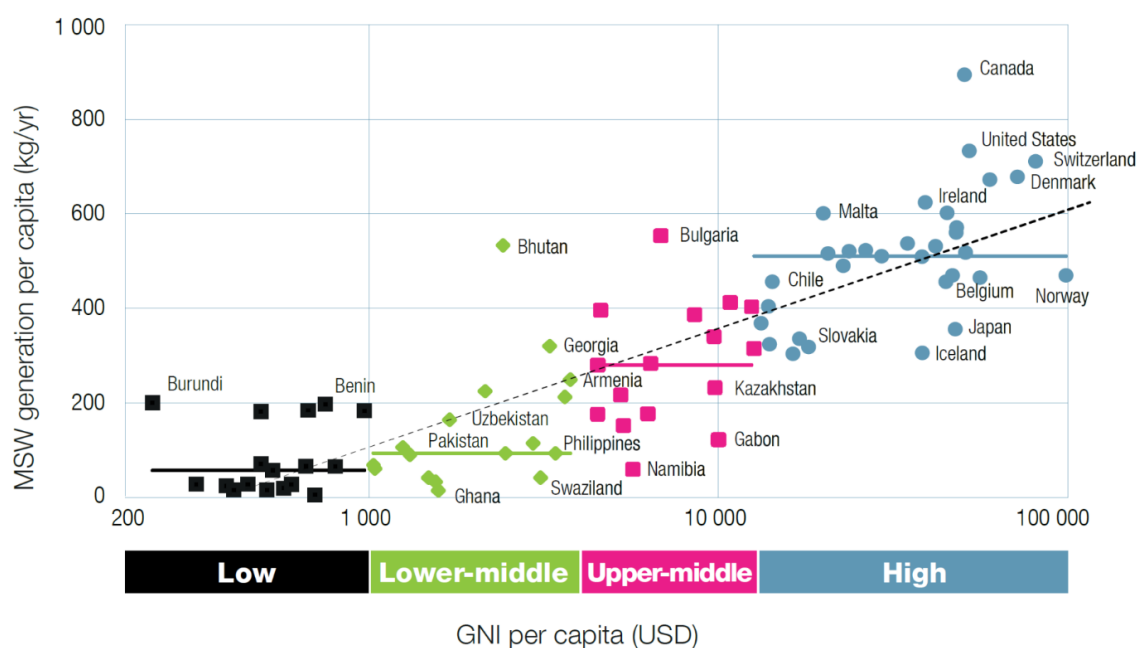


Figura 22: Tasas de generación de residuos y niveles de renta, infografía en inglés [5]

El nivel de ingresos también influye en la composición de los residuos, como se muestra en Figura 23. En términos generales, la mayor parte de los residuos producidos en entornos de renta baja son residuos orgánicos (normalmente entre el 50% y el 70% del total de residuos generados). Otras fracciones de residuos, como el papel, el plástico y el vidrio, tienen un porcentaje mayor en los entornos de renta alta que en los de renta baja.

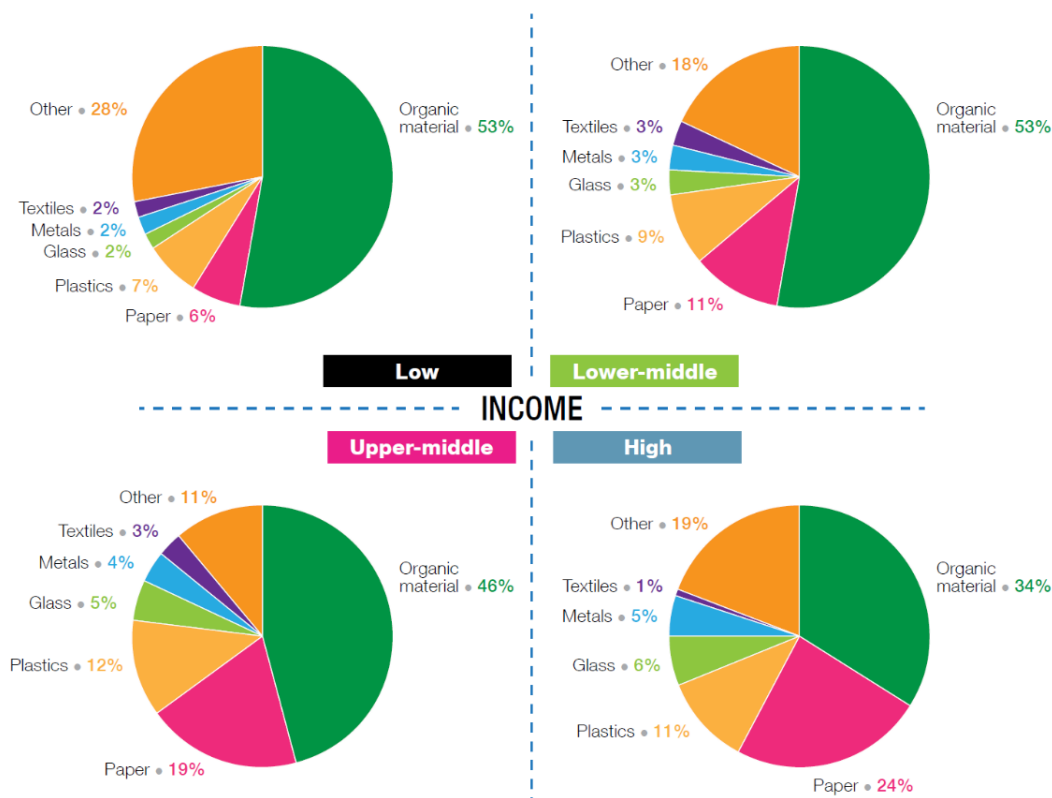


Figura 23: Patrones de composición de residuos por nivel de ingresos (peso húmedo), infografía en inglés [5]

Los datos sobre la tasa específica de generación de residuos y la composición de los residuos por país pueden encontrarse en la base de datos en línea del Banco Mundial, así como en la publicación "What A Waste 2.0" [10].

Además de la tendencia general, la generación y composición de los residuos puede variar significativamente de un lugar a otro y suele estar influida por:

- Estilo de vida
- Grado de urbanización
- Niveles de renta
- Estaciones (cultivos, turismo, festividades, etc.)

Por lo tanto, se recomienda basarse en un estudio local de caracterización de residuos en lugar de en datos nacionales o regionales, y comprobar si existen patrones estacionales. La información sobre cómo realizar un estudio de caracterización de residuos puede encontrarse en la herramienta T 2.A1.

Recursos adicionales:

Wilson, 2015. *Global Waste Management Outlook* [5]

Kaza et al., 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [10]

(B) Fracciones de residuos sólidos

Los residuos sólidos no son homogéneos y se componen de una amplia variedad de materiales. Según ONU-Hábitat, los residuos sólidos pueden dividirse en las siguientes categorías [9]:

Orgánico	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos de cocina/comedor - Comida cocinada o cruda, residuos orgánicos de la preparación de alimentos - Residuos de jardines/parques - Materiales biodegradables no alimentarios resultantes de la jardinería - Papel y cartón - Embalajes y productos de papel y cartón
No orgánico	<ul style="list-style-type: none"> - Plásticos - película - Plástico delgado utilizado en envases y para otros fines - Plástico - denso - Plástico duro utilizado en envases y para otros fines - Metal - Envases y productos de metales ferrosos y no ferrosos - Vidrio - Envases y productos de vidrio - Textil y calzado - Ropa y otros productos textiles, así como calzado - Madera (procesada) - Madera procesada tratada y no tratada - Residuos especiales - Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (todo lo que tenga cable), pilas / acumuladores, otros residuos peligrosos - Productos compuestos - Productos que están hechos de más de uno de los anteriores - Otros - Cualquier cosa que no pueda clasificarse en una de las categorías anteriores.

En la Tabla 4, cada categoría definida por ONU-Hábitat se describe con ejemplos. Las propiedades clave se destacan en la parte izquierda⁷.

Tabla 4: Categoría de residuos sólidos - Adaptado de ONU-Hábitat [9], imágenes de [9]

Residuos de cocina/comedor	Ejemplos	Propiedades clave
	Pan, café molido, alimentos cocidos o crudos, restos de comida, frutas y verduras, carne y pescado, alimentos para mascotas, bolsitas de té, cáscaras, pieles, cascarones, pepitas y huesos, etc.	Se degradan naturalmente con el tiempo; Ricos en nitrógeno; Ver el subcapítulo Centrarse en los residuos orgánicos (B) para más información sobre los residuos orgánicos y la opción de valorización en Residuos orgánicos (F)
Residuos de jardines/parques	Ejemplos	Propiedades clave
	Flores; Residuos de frutas y hortalizas; Hierba cortada; Recortes de setos; Hojas; Poda; Ramas de árboles; Malas hierbas, etc.	Se degradan naturalmente con el tiempo; Ricos en carbono; Ver subcapítulo Centrarse en los residuos orgánicos (B) para más información sobre los residuos orgánicos y la opción de valorización en Residuos orgánicos (F)

⁶ <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/what-waste-global-database>

⁷ Tenga en cuenta que hasta la fecha no existen categorías de residuos unificadas en todo el mundo y que las categorías oficiales de clasificación de residuos pueden definirse a escala nacional. Por lo tanto, es importante comprobar la normativa nacional para ver si la lista de categorías de residuos propuesta en T 2.A1 debe adaptarse a su contexto local al realizar un estudio de caracterización de los residuos.

Papel y cartón	Ejemplos	Propiedades clave
	Folletos, revistas, periódicos; paquetes de cereales, cajas de fideos; bolsas de papel/ envoltorios de alimentos; tarjetas, libros, papeles pintados; bolsas de papel, cajas de pañuelos, papel de envolver, papel de seda, papel de escribir, impresos, sobres, etc.	Se degradan de forma natural con el tiempo, pero tienen problemas con la tinta; Fáciles de reciclar; Valor de mercado de reciclado medio-bajo
Plástico - película	Ejemplos	Propiedades clave
	Envoltorios de galletas; Film transparente; Bolsas para alimentos congelados; Film de plástico para embalajes; Cinta adhesiva; Láminas de jardinería; Film no apto para embalajes; Bolsas de plástico; Bolsas de basura; etc.	No se degradan con el tiempo; Valor de mercado de reciclado bajo o nulo; Tipo de plástico heterogéneo (mezcla de polímeros, PP, LDPE, etc.)
Plástico - denso	Ejemplos	Propiedades clave
	Todas las botellas/tarros de plástico; Envases de electrodomésticos; Cajas de huevos; Bandejas de envasado de alimentos; Tapas de plástico; Bandejas de comida preparada; Tarjetas bancarias/de crédito; Botones; CDs; casetes de música; Aplicadores de cosméticos/ pegamento/pintura; Encendedores; Bolígrafos; etc.	No se degradan con el tiempo; Valor de mercado de reciclaje medio; Tipo de plástico menos heterogéneo que el film plástico (PET, HDPE, etc.)
Metales	Ejemplos	Propiedades clave
	Envases de bebidas gaseosas; Latas de betún; Conservas; Aerosoles (desodorantes, perfumes, lacas); Láminas de aluminio; Piezas de bicicletas; Cubiertos; Llaves; Estantes metálicos; Clavos; Clips; Tiradores de anillas; Imperdibles; Tornillos; Herramientas; Cerraduras; etc.	No se degradan con el tiempo; Fáciles de reciclar; Alto valor de mercado de reciclaje
Vidrio	Ejemplos	Propiedades clave
	Botellas/frascos de bebidas alcohólicas y no alcohólicas; Frascos de alimentos; Frascos de medicamentos; Utensilios de cocina; Vidrio plano (por ejemplo, de mesa, ventanas, espejos, reforzado, parabrisas); Vidrio roto mixto; etc.	No se degradan con el tiempo; Fáciles de reciclar; Suelen tener un alto valor en el mercado de reciclaje (a menos que se transporten largas distancias)

Textil y calzado	Ejemplos	Propiedades clave
	<p>Ropa; ovillos de lana; mantas; alfombras; paños; cuerdas; cortinas; tapicería; esteras; fundas de almohada; trapos; cuerdas; alfombras; sábanas; hilos; toallas; calzado (incluidas chanclas); etc.</p>	<p>Los textiles de algodón y otras fibras naturales se degradan con el tiempo, sin embargo, las fibras sintéticas y los componentes plásticos no se degradan. Fácil de reutilizar</p>
Madera (procesada)	Ejemplos	Propiedades clave
	<p>Tapones de corcho, embalajes de corcho, Palés; Madera maciza y fragmentos de madera; Tableros de partículas (por ejemplo, aglomerado, contrachapado, mdf); Vallas de madera; Muebles de madera; Encimeras de madera; etc.</p>	<p>La madera no tratada se degrada naturalmente con el tiempo; Puede utilizarse para producir calor. Fácil de reutilizar</p>
Residuos electrónicos	Ejemplos	Propiedades clave
	<p>Todos los aparatos eléctricos y electrónicos, como relojes, herramientas eléctricas, teléfonos, ordenadores portátiles, PC, impresoras, pantallas, etc.; pilas y acumuladores; otros residuos peligrosos, como extintores, productos químicos, colas y disolventes, medicamentos, productos de pintura, etc.</p>	<p>No se degradan con el tiempo; Mezcla compuesta; Sustancias peligrosas; ¡necesitan un cuidado especial en su manejo y disposición final!</p>
Productos compuestos	Ejemplos	Propiedades clave
	<p>Embalajes compuestos, como el "tetrapack" ; Productos fabricados con distintos materiales, por ejemplo, tijeras, cuchillos, navajas, paraguas, etc.</p>	<p>No se degradan con el tiempo; Dificil de reciclar debido a los materiales compuestos</p>
Otros	Ejemplos	Propiedades clave
	<p>Por ejemplo, inertes (cantos rodados; ladrillos; grava; guijarros; arena; tierra; piedras; cerámica; macetas de barro; vajilla; adoquines y azulejos de piedra/cerámica; jarrones); pañales; caucho; bombillas (de todo tipo).</p>	<p>Los materiales inertes pueden utilizarse fácilmente para otros fines (triturados hasta convertirlos en grava para relleno inerte). Los pañales, las compresas y las bombillas requieren un tratamiento especial, ya que son potencialmente nocivos.</p>

Tiempo de descomposición de los residuos sólidos

Como se destaca en Tabla 4, no todos los residuos pueden degradarse completamente de forma natural y fácil con el paso del tiempo. La figura 24 muestra residuos típicos y sus respectivos tiempos de descomposición.

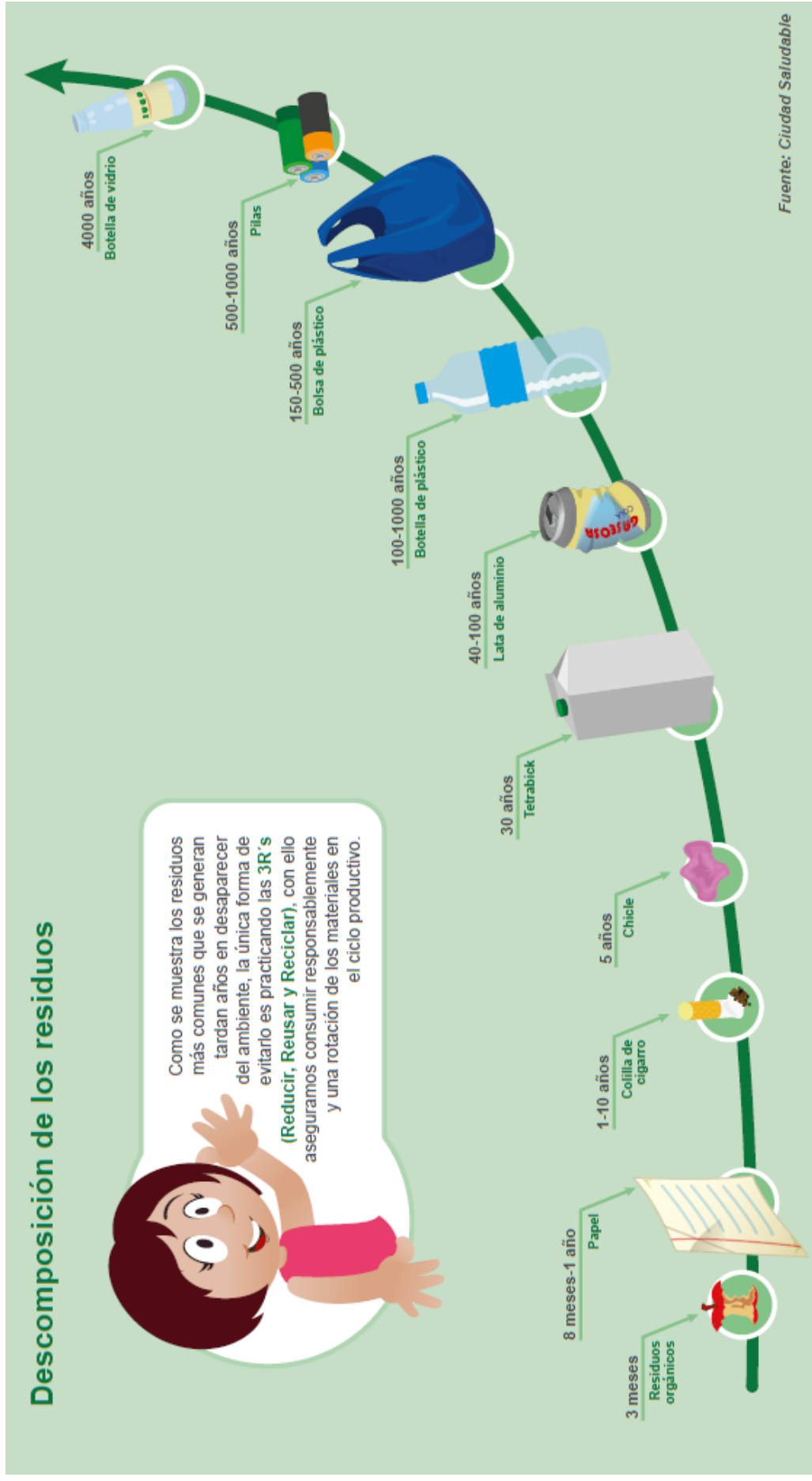


Figura 24: Descomposición de los residuos ©Ciudad Saludable

Los residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, también conocidos como residuos biodegradables, se refieren a cualquier residuo capaz de tener una descomposición anaeróbica (sin oxígeno) o aeróbica (con oxígeno), como los alimentos, residuos de jardinería, residuos agrícolas, residuos animales, etc. [31].

La mayor parte de los residuos sólidos generados en los países de ingresos bajos y medios consiste en residuos orgánicos, que suelen representar entre el 50 y el 70% de la cantidad total de residuos generados [5].

En los centros escolares, los residuos orgánicos suelen producirse en la cocina, el quiosco o la cantina cuando se suministra comida in situ, así como en los jardines y zonas verdes.

Incluso si los residuos orgánicos se degradan de forma natural con el tiempo, es necesario gestionarlos adecuadamente para evitar impactos perjudiciales para el medio ambiente y la salud, como se destaca en Recuadro 24. En el capítulo (F) Valorización de residuos.

Recuadro 24: Impactos de la degradación incontrolada de residuos orgánicos

La degradación incontrolada de residuos orgánicos en grandes cantidades puede generar impactos nocivos para el medio ambiente y la salud, como se resume en la Tabla 5.

Tabla 6: Impactos potenciales de los residuos orgánicos no gestionados, adaptado de [31]

	Impacto negativo	Consecuencia
Suelo	Contaminación del suelo por lixiviados Devaluación de los campos	Deterioro de la salud pública y medioambiental Costes económicos
Agua	Contaminación de las aguas subterráneas por lixiviados Necesidad de tratamiento del agua aguas abajo	Deterioro de la salud pública y medioambiental Costes económicos
Aire	Liberación de gases de efecto invernadero como el metano (28 CO ₂ eq a 100y [32]) y N ₂ O (265 CO eq a 100y 2[32]) Mal olor	Calentamiento global Deterioro del confort y de la salud pública
Otros	Fomento/atracción de vectores portadores de enfermedades (moscas, roedores) Contaminación estética	Deterioro de la salud pública Deterioro del paisaje que repercute en el turismo

Recursos adicionales:



Zurbrugg, 2017. *Biowaste management: the key to sustainable municipal solid waste management* [33]



MOOC module – [Overview of biowaste treatment technologies](#) (Eawag/Sandec)

Los residuos plásticos

La producción masiva de plástico no comenzó hasta la década de 1950. Hasta hoy, se han producido alrededor de 6.300 millones de toneladas de plástico en todo el mundo, de las cuales sólo el 9% se ha reciclado, el 12% se ha incinerado y el 79% restante se ha desechado y, por tanto, acumulado en vertederos, botaderos y en el medio ambiente. [34].

El plástico es un material sintético fabricado a partir de polímeros orgánicos. Los plásticos suelen clasificarse en 7 categorías, como se explica en Recuadro 25.

En los centros escolares, los residuos plásticos suelen presentarse en forma de envases de alimentos (LDPE, PP), cubiertos de plástico de un solo uso (PP, PS), bolsas de plástico (LDPE), botellas de bebida (PET) y muebles de plástico (HDPE).

Recuadro 25: Tipo de plástico y especificidades

Los plásticos pueden dividirse en 7 categorías principales en función de su polímero, como se muestra en la Figura 25. Esta composición influye en su temperatura de fusión y descomposición, así como en la calidad general del producto final.

- El **PET** (o PETE) se utiliza a menudo en botellas de plástico para beber. Suelen recogerse y reciclarse en instalaciones a gran escala. Sin embargo, a pequeña escala, su reciclado es difícil porque el PET es muy higroscópico (absorbe la humedad de la atmósfera) y resulta quebradizo cuando hay humedad en la fase de fusión. [35].
- El **HDPE** (o PEAD) suele encontrarse en los hogares en forma de botellas de leche, champú o detergente. Este polímero también suele recogerse y es fácil de reciclar.
- El **PVC** se utiliza para una amplia gama de artículos, desde la fontanería hasta el envasado de alimentos. Sin embargo, **nunca debe intentarse reciclar el PVC en un entorno no controlado**, ya que este polímero conlleva un riesgo de producción de ácido clorhídrico tóxico, dioxinas, otros bifenilos policlorados y furanos [36].
- El **LDPE** (o PEBD) son envoltorios ligeros de plástico, bolsas para bocadillos, botellas exprimibles y bolsas de plástico para la compra. Normalmente, el PEBD no suele reciclarse en la industria a gran escala, pero el reciclaje a pequeña escala podría ser posible, ya que es bastante fácil de fundir y moldear⁸.
- El **PP** es uno de los plásticos más utilizados y se emplea mucho para envasar alimentos. Es resistente y puede soportar altas temperaturas. A menudo, el PP no se recicla en la gran industria y suele contener capas de diversos materiales (por ejemplo, capa de plata, etc.).
- El **PS**, también conocido como espuma de poliestireno, se utiliza para vasos de café desechables, cajas de plástico para alimentos y cubiertos de plástico. El PS rara vez se recicla en la industria a gran escala.



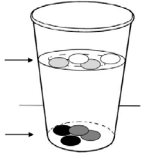

1 PET	02 PEAD	03 PVC	04 PEBD	05 PP	06 PS	07 O
Tereftalato de polietileno	Polietileno (alta densidad)	Cloruro de polivinilo	Polietileno (baja densidad)	Polipropileno	Poliestireno	Bisfenol-A y otros
PET es comúnmente usado en botellas de condimentos o de bebidas como agua, refresco y energéticos.	PEAD es comúnmente usado en botellas de leche, jugo o champú, contenedores de detergente, bolsas de supermercado, y bolsas de cereal.	PVC puede ser flexible o rígido, y es usado para tuberías de drenaje, empaques para comida transparentes, plástico para envolver, juguetes de niños, manteles, pisos de vinilo, tapetes de juego para niños, y empaques de medicamentos en cápsula.	PEBD es usado para bolsas para lavandería, para pan, para periódico, para frutas y verduras, y para basura, así como para vasos de "papel" para bebidas y envases de "papel" para leche.	PP es usado para contenedores de yogurt, contenedores de comida de cafetería, muebles, maletas y aislamiento para ropa de invierno.	También llamado plumavit, unicel y más nombres, es usado para vasos, platos, contenedores para comida a domicilio, charolas para carne cruda, y material de relleno para envíos.	Cualquier artículo de plástico que no sea de los seis mencionados se pone en una misma categoría #7. Cosas como discos compactos, biberones de bebé, y faros de coche.
						

Figura 25: Tipos de plástico ©WalterPack en <https://www.walterpack.com/6-tipos-de-plasticos-y-sus-caracteristicas/>

Las opciones de valorización de plásticos se presentan en el capítulo (F) Valorización de residuos. Tenga en cuenta que debe evitarse fundir plásticos diferentes, ya que esto reduce la calidad del producto final [37] o incluso puede ser imposible debido a la inmiscibilidad [36], y hace imposible reciclar de nuevo los polímeros [38]. En el Recuadro 26 se presenta una recopilación de métodos para la identificación de plásticos.

⁸ Véase la ficha P3 Fusión/moldeo

Recuadro 26: Métodos de identificación de plásticos

Método	Explicaciones
Número de identificación del polímero 	La forma más fácil de identificar el polímero es buscar el código SPI (ver Figura 25).
Investigar la fuente	Investiga para qué se utilizó el plástico (envoltorio de comida, tapa de botella, bolsa de supermercado,...) y formula una hipótesis utilizando la información proporcionada en Recuadro 25.
“Sentir” (romper y escuchar) 	Al tocar el plástico también se nota cierta diferencia: <ul style="list-style-type: none"> – Los envoltorios de PP se sienten “grasientos”, se pueden extender un poco – Los envoltorios de PET “suenan fuerte”, como una fina lámina de aluminio. – Película de polímeros múltiples: Al intentar estirar una película, se pueden ver dos capas diferentes. Encontrará más información al respecto en Manual de plásticos preciosos [38]
Prueba de flotación 	Recorta un trozo plano de plástico y ponlo en agua dulce. Observa si flota o se hunde. <ul style="list-style-type: none"> – Flotan: LDPE, HDPE, PP y PS – Se hunden: PET, PVC El ensayo de flotación en otros líquidos puede realizarse para identificar otros polímeros, como se describe en el apartado «Propiedades de flotación» del Manual de Precious Plastic [38]
Prueba de llama (insegura)  <p>¡NO QUEME EL PVC!</p>	Coge un trocito de plástico, sal al exterior y enciéndelo con un palo largo o una cerilla. Observa el color de la llama: <ul style="list-style-type: none"> – Llama azul con punta amarilla: LDPE, HDPE y PP – Llama amarilla y humo oscuro: PET y PS – Llama amarilla con punta verde: PVC Encontrará más información al respecto en Wasteaid toolkit! [39]
Prueba de fusión	Al intentar fundir un plástico a diferentes temperaturas, se puede averiguar de qué polímero está hecho ese artículo. Encontrará más información al respecto en Manual de Precious Plastic [38]
Otros métodos	Otros métodos se aplican a nivel industrial: <ul style="list-style-type: none"> – Identificación por infrarrojos con transformada de cuatrorier (FTIR) – Clasificación mediante lámparas fluorescentes – Clasificación óptica automatizada

La contaminación por plásticos se ha convertido en uno de los problemas medioambientales más acuciantes, debido al rápido aumento de la producción de productos de plástico desechables y de un solo uso y a los bajos índices de reciclado. Por ello, han aparecido en el mercado nuevas alternativas a los plásticos convencionales con el nombre de “plástico de base biológica”, “plástico biodegradable” y “plásticos oxo(bio)degradables”.

Sin embargo, existe una confusión generalizada entre la gente acerca de la sostenibilidad y los impactos ambientales de estas diferentes alternativas y su nombre puede ser bastante engañoso, como se explica en el Recuadro 27.

Recuadro 27: Plástico biodegradable, plástico de base biológica, plásticos oxodegradables

Los términos “biobasado”, “biodegradable” y “oxo(bio)degradable” se utilizan hoy en día para referirse a las alternativas al plástico convencional. Sin embargo, estos términos pueden inducir a error sobre el impacto medioambiental de dichas alternativas. A continuación, algunas definiciones extraídas de la Comisión Europea [40] y de European Bioplastics [41, 42]:

- **Biodegradables:** Biodegradables en determinadas condiciones y pueden estar hechos de materiales basados en combustibles fósiles. La biodegradación es un proceso químico durante el cual los microorganismos convierten los materiales en agua, dióxido de carbono y compost sin aditivos artificiales. El proceso de biodegradación depende de las condiciones ambientales (temperatura, ubicación, etc.), del material y de la aplicación. [41].
- **Plásticos de origen biológico:** Plásticos fabricados total o parcialmente a partir de recursos biológicos en lugar de materias primas fósiles. No son necesariamente compostables o biodegradables. [40].
- **Oxo(bio)degradables:** Los plásticos oxo(bio)degradables se fabrican a partir de plásticos convencionales a los que se añaden aditivos específicos para imitar la biodegradación. [42]. Como tal, fragmenta el plástico en partículas muy pequeñas que permanecen en el medio ambiente (es decir, los llamados microplásticos). Los plásticos oxo(bio)degradables no son biodegradables. Hasta la fecha no existe ninguna norma o certificación internacionalmente establecida y reconocida sobre el plástico oxo(bio)degradable, por lo que es “sólo un término de marketing atractivo” [42] que actualmente se utiliza mucho y a menudo induce a error a los consumidores. También hay que tener en cuenta que, en algunos países, los plásticos oxo(bio)degradables suelen denominarse simplemente “plásticos biodegradables”, aunque no sean biodegradables.

Como se muestra en la Figura 26 los plásticos convencionales, así como los de base biológica PE, PET, PA, PTT no son biodegradables. Los únicos que son biodegradables son: PBAT, PCL, PLA, PHA, PBS y mezclas de almidón.

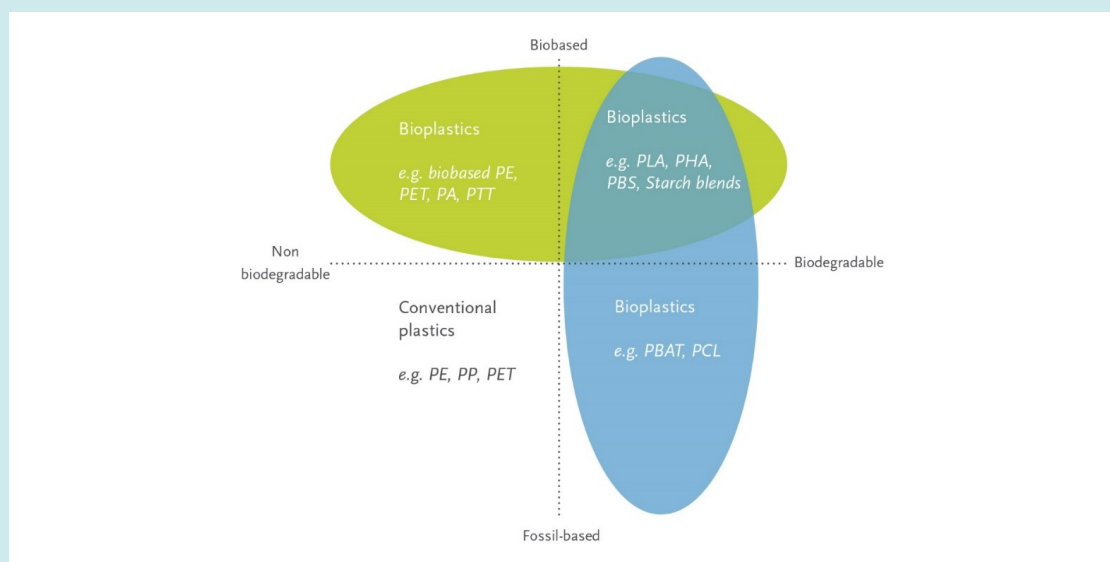


Figura 26: Origen del plástico y biodegradabilidad. Información en inglés [41]

Recursos adicionales:

- Wasteaid, 2017. Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market [39]
- Precious Plastic, 2017. Manual 1.0 [38]
- European Bioplastics, 2021 – Bioplastic materials [41]
- MOOC module – [Plastic waste management - Theory](#) (Eawag/Sandec)

(C) Reducción y reutilización de residuos

La mejor manera de gestionar los residuos es, en primer lugar, no producirlos. Por lo tanto, siempre hay que esforzarse por reducir la cantidad de residuos:

1. Evitar el consumo de bienes que generan grandes cantidades de residuos;
2. Adaptar la adquisición de bienes a las necesidades reales de la misma;
3. Reutilizar sistemáticamente materiales y objetos antes de que se conviertan en residuos.

A continuación figura una lista de elementos clave a tener en cuenta para reducir los residuos típicos generados en la escuela:

Residuos de cocina/comedor

- Cambiar el sistema de servicio para evitar que se sirvan restos de comida
- Implantar un sistema para saber cuántas personas comen al día
- Ajuste la proporción de alimentos cocinados por persona
- Invertir en un sistema de almacenamiento en frío

Residuos plásticos

- Compre productos a granel para evitar los envases de plástico pequeños
- Deje de utilizar plásticos de un solo uso y sustitúyalos por artículos reutilizables (por ejemplo, cubiertos, envases de bebidas, etc.)

Papel y cartón

- Optimizar el uso del papel
- Reutilizar los libros de texto y el cartón

Residuos sanitarios

- Promover alternativas higiénicas reutilizables (compresas reutilizables, copa menstrual, etc.)
- ¡ Si se promueven alternativas reutilizables, asegúrese de proporcionar la infraestructura y la formación necesarias para garantizar una reutilización segura e higiénica de los productos sanitarios.

Ver la herramienta 4.A1.2 para las estrategias de reducción específicas de los residuos.

(D) Separación de residuos

Separar los residuos en diferentes fracciones permite considerarlos como recursos potenciales y no ya como basura. Los residuos pueden separarse en diferentes momentos a lo largo de la cadena de gestión de residuos sólidos. Normalmente, cuando se realiza en el punto de generación, se denomina "segregación de residuos (segregation en inglés)"; y cuando primero se mezclan y luego se separan, se denomina "clasificación de residuos (sorting en inglés)".

La segregación de residuos en origen es preferible a la clasificación de residuos, ya que permite una mayor calidad del material. La Tabla 6 ofrece una definición de segregación y clasificación de residuos y resume los principales pros y contras.

Tabla 5: Segregación y clasificación de residuos

	Definition	Pros and Cons
Segregación de residuos	Residuos separados en el origen, cuando los residuos se tiran a la basura, es decir, cuando se depositan en un contenedor.	<ul style="list-style-type: none">+ Calidad del material (residuo = recurso)- Exigen un cambio de práctica y, por tanto, un cambio de comportamiento
Clasificación de residuos	Los residuos se mezclan primero en un contenedor y luego se separan en distintas fracciones	<ul style="list-style-type: none">+ No requieren un cambio de práctica- Los materiales se ensucian y son más difíciles de reciclar

Se pueden implantar distintos sistemas de segregación de residuos:

- **Sistema de 2 contenedores:** orgánico + otros (es decir, húmedo y seco)
- **Sistema de 3 contenedores:** orgánico + reciclables + otros
- **Sistema de 4 contenedores:** orgánico + papel + otros reciclables + otros
- ...

Se aconseja instalar al menos un sistema de 2 contenedores para asegurarse de que los residuos orgánicos no ensucian el resto de los reciclables.

Tenga en cuenta que las contenedores no tienen por qué ser de plástico. También pueden hacerse con cajas de cartón u otros materiales (ver la Figura 27), botellas de PET, etc.



Figura 27: Ejemplos de contenedores de cartón ©Ciudad Saludable

Recuadro 28: Segregación de residuos y cambio de comportamiento

Recuerde que pedir a la gente que segregue sus residuos es pedirle un cambio de comportamiento. Como tal, va más allá de proporcionar únicamente la infraestructura adecuada a las personas; requiere el uso de formación adecuada y técnicas de cambio de comportamiento.

Ver el Cambio de comportamiento de la Parte 1 para más información.





Figura 28: Segregación de residuos ©Ciudad Saludable

Siempre que se implante un sistema de segregación de residuos, es importante:

- Garantizar un sistema de recolección selectiva para la fracción de residuos separada;
- Asegúrese de tener en cuenta las intervenciones de cambio de comportamiento (aspecto de software) para complementar la implementación de la infraestructura (aspecto de hardware).

Recursos adicionales:

 Mosler Contzen, 2016. *Systematic behavior change in water, sanitation and hygiene. A practical guide using the RANAS approach* [15]

 Cavin, 2017. *Behavior Change Manual* [17]

 Ranamosler.com

 MOOC module – [Triggering Community Participation with the RANAS approach](#) (Eawag/Sandec)

(E) Recolección de los residuos

Recoger residuos significa reunirlos en el lugar donde se producen y transportarlos, bien a un lugar de recogida intermedio (por ejemplo, un contenedor situado a la entrada del centro escolar, desde donde una persona externa va a venir a recoger los residuos), bien a un lugar final de reciclado o disposición.

Es importante recoger los residuos de forma segura y con la frecuencia suficiente para evitar atraer animales e insectos, el mal olor y la propagación de enfermedades. Las siguientes recomendaciones proceden de Wasteaid [43] y adaptadas al contexto escolar.

Papeleras y contenedores

Las papeleras y contenedores de basura son útiles para contener temporalmente los residuos antes de que sean recogidos para su disposición final o reciclaje. El tipo de contenedor y su tamaño pueden variar de un lugar a otro en función del material disponible localmente (plástico, metal, madera, etc.) y de las preferencias. Los tamaños pueden variar de 5L, contenedor pequeño, a 200L. El número de contenedores necesarios depende de la cantidad de residuos producidos y de la frecuencia de recolección. No hay que olvidar que el peso de la papeleras o contenedor lleno tiene que coincidir con el del transportista.

Equipos de limpieza

Una vez recogidos los residuos, es importante asegurarse de que la zona queda limpia de cualquier residuo. Como menciona Wasteaid [43], el tipo de equipo utilizado para limpiar el suelo depende de la naturaleza de los residuos, así como del estado del suelo.

Se pueden utilizar escobas y recogedores para limpiar las aulas, mientras que los recogedores de basura son útiles para recoger pequeños trozos de desperdicios esparcidos. Las escobas de paja o madera son útiles para barrer aceras y calles.

Transporte de residuos

Hay muchas formas de recoger y transportar los residuos en función de la cantidad y el tipo de material y de las distancias. Como menciona Wasteaid [43] los residuos pueden recogerse a mano en sacos o cestas de madera (a), transportarse con una carretilla o un carro de mano (b) o un remolque de bicicleta (c); para cantidades mayores, puede utilizarse un carro tirado por animales (d) o un vehículo motorizado (e), como se muestra en la figura 29. Figura 29.

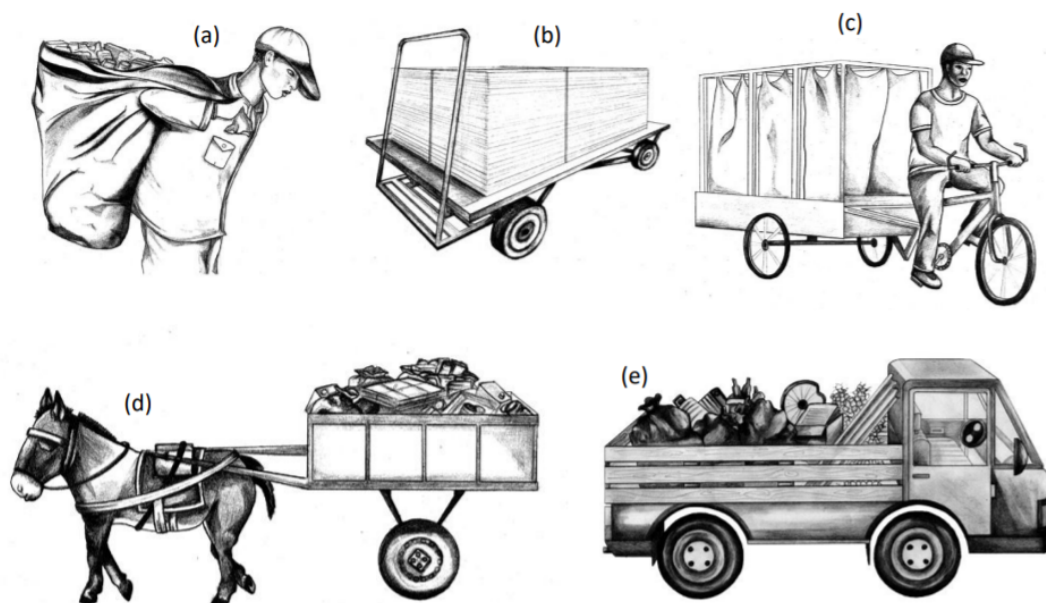


Figura 29: Formas de recolección de residuos - de [43]

Frecuencia de recolección

Los residuos sólidos deben recogerse con la frecuencia suficiente para que las cantidades producidas sean fácilmente manejables y no produzcan demasiadas molestias. Esto puede significar una recolección diaria, o dos o tres veces por semana. [43].

La frecuencia de recolección depende en gran medida del tipo de residuos recogidos y de las condiciones ambientales; en climas cálidos y húmedos, los residuos orgánicos empezarán a pudrirse rápidamente, generando mal olor y atrayendo insectos y otras plagas. En tales condiciones, se aconseja recoger los residuos orgánicos cada 1-2 días. Los materiales secos como el papel, los plásticos, el vidrio y el metal pueden almacenarse y recogerse con menos frecuencia.

Colocación de contenedores de residuos y rutas de recolección

Los contenedores y papeleras deben situarse en lugares estratégicos de generación de residuos para evitar que se ensucien y ser fácilmente accesibles para el equipo de recolección de residuos. Establecer una ruta de recolección es importante para ahorrar tiempo y esfuerzo. Una ruta de recolección establecida fomentará una rutina de limpieza en la escuela. Planifique la ruta de modo que sea lo más corta posible. Si la escuela está situada en una zona montañosa o en pendiente, intente terminar la ruta en la parte baja de la pendiente o colina para evitar transportar los residuos cuesta arriba.

Recursos adicionales:



Wasteaid, 2017. *Making Waste Work: A toolkit – How to collect waste safely and efficiently* [43]



Coffey et al., 2010. *Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries* [44]



MOOC module – [Waste collection and transport](#) (Eawag/Sandec)

(F) Valorización de los residuos

Dependiendo del tipo de residuo considerado, existen diferentes opciones de valorización. Solemos agrupar las opciones de valorización en dos categorías:

- **Opciones de valorización de residuos no orgánicos** (metal, vidrio, plásticos, etc.), comúnmente denominadas opciones de reciclado;
- **Opciones de valorización de residuos orgánicos** (residuos de cocina/comedor, residuos de jardines y parques, etc.), comúnmente denominadas opciones de tratamiento de residuos orgánicos.

Las opciones de valorización para cada categoría de residuos se describen en los siguientes subcapítulos.

Los elementos clave a tener en cuenta para seleccionar las opciones de valorización adecuadas se destacan en el Recuadro 29.

Recuadro 29: Elementos clave para seleccionar la opción de valorización adecuada

Es importante tener en cuenta que no todas las opciones se adaptan a todos los contextos, por lo que es muy importante seleccionar opciones de valorización que se ajusten al contexto técnico, económico y social del lugar concreto considerado. Las preguntas típicas a las que hay que responder para seleccionar una opción de valorización adecuada en un contexto determinado se resumen en la Tabla 7.




Tabla 7: Elementos técnicos, económicos, sociales y jurídicos y tomar en cuenta

Aspectos técnicos	Aspecto económico
<ul style="list-style-type: none"> – ¿Son adecuadas las características y cantidades de los residuos para la opción de valorización considerada? – ¿Hay acceso a expertos externos que puedan diseñar y construir instalaciones de tratamiento adecuadas en caso necesario? – ¿Existe en la escuela un nivel de conocimientos suficiente para manejar y mantener la instalación? Si no es así, ¿es posible formar al personal de la escuela al respecto? 	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Existe una demanda de mercado para el producto final (dentro o fuera de la escuela)? – ¿Es suficiente el presupuesto escolar para cubrir los costes de capital (CAPEX) y los costes operativos (OPEX)?
Aspecto social y educativo	Aspectos jurídicos
<ul style="list-style-type: none"> – ¿Es socialmente apropiado en el contexto dado utilizar el producto final? (por ejemplo, cocinar con biogás procedente de residuos, etc.) – ¿Tiene la escuela alguna mala/buena experiencia pasada con dicha opción de valorización que pudiera desaconsejar/favorecer el uso de dicha opción? – ¿Es posible vincular el uso de esta opción de valorización con algún fin educativo? (por ejemplo, vincular las prácticas de compostaje con cursos de ciencias sobre el crecimiento de las plantas, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Existe alguna legislación o política que impida el uso de esta opción de valorización? – ¿Existe alguna legislación o política que impida el uso del producto final? – ¿Existe alguna legislación o política que establezca normas de calidad del proceso o del producto final?

Residuos no orgánicos

Las opciones de valorización de residuos no orgánicos suelen denominarse “reciclaje”. Sin embargo, es importante distinguir tres ciclos posibles, en función de la calidad del producto final en comparación con el material inicial, tal como se presenta en el Recuadro 30.

Recuadro 30: Definiciones de reciclaje, upcycling y downcycling

		
<p>Reciclaje (recycling en inglés), convierte un material en algo de aproximadamente el mismo valor que tenía originalmente (por ejemplo, utilizar botellas de PET para fabricar nuevas botellas de PET, utilizar chatarra metálica para fabricar nuevos artículos metálicos, etc.).</p>	<p>Upcycling, convierte un material en algo con más valor del que tenía originalmente (por ejemplo, usar bolsas de plástico para hacer bolsas, etc.).</p>	<p>Downcycling, convierte un material en algo de menor valor que el que tenía originalmente (por ejemplo, fabricar ecobricks con botellas de PET y plásticos ligeros, etc.).</p>

Normalmente, la demanda del mercado de productos reciclados es mayor que la de productos upcycled o downcycled. Por lo tanto, el reciclaje suele ser realizado por empresas con ánimo de lucro y, a menudo, a mayor escala que el upcycling y el downcycling, que suelen ser realizados por empresas sociales u organizaciones sin ánimo de lucro a menor escala.

Es importante mencionar que cuando un material se descicla o cuando se mezclan diferentes materiales plásticos, ya no es posible reciclarlos luego. Como regla general, recomendamos vincular los residuos reciclables producidos en la escuela con el sistema de reciclaje (in)formal existente, tal como se describe a continuación.

Sistema de reciclaje existente

En la mayoría de los casos, cuando algunos materiales de desecho tienen un valor en el mercado local de reciclaje, ya existe una cadena de reciclaje, también llamada cadena de valorización, ya sea formal o informal. [9]:

- El sistema formal de reciclaje implica la existencia de organizaciones y empresas registradas que compran los materiales reciclables y los venden a las instalaciones de reciclaje.
- El sistema de reciclaje informal implica a pequeñas empresas no registradas y a personas que extraen materiales reciclables del flujo de residuos para ganarse la vida y venden los materiales al sistema de valorización.

La cadena de valorización se explica en el siguiente subcapítulo.

El valor típico de los materiales reciclables, así como la complejidad técnica, la ocurrencia y la escala de los procesos de reciclado se presentan en el Recuadro 31. Se pueden encontrar ejemplos de procesos de reciclado en el vídeo del MOOC incluido en los recursos adicionales.

Recuadro 31: Panorama de los procesos de reciclado

La figura 30 ofrece una indicación comparativa entre los diferentes procesos de reciclado en términos de valor reciclable en el mercado, la complejidad del proceso de reciclado, si el proceso de reciclado tiene lugar habitualmente o no y la escala a la que suele tener lugar el proceso de reciclado (siendo la pequeña escala los individuos o las pequeñas empresas, y la gran escala las grandes empresas o la industria).

	Valor reciclable [Valor de mercado del material]	Complejidad [Complejidad técnica del proceso de reciclado]	Ocurrencia [Si el proceso de reciclaje existe habitualmente o no]	Escala [Tamaño habitual de la instalación de reciclado (de pequeña a gran escala)]
Papel	•	•	•••	• - •••
Vidrio	•(••)	••	••	•• - •••
Metal	••(•)	•	•••	• - •••
Plástico denso	••	•••	•(•)	•••

Donde: • bajo/ pequeño // ••• alto/ grande (ejemplo: el papel tiene un valor bajo en el mercado comparado con otros, ocurre muy a menudo a diferentes escalas (desde pequeños negocios de reciclaje hasta industrias a gran escala).

Figura 30: Valor de los materiales reciclables, complejidad técnica, frecuencia y escala de los procesos de reciclado

⁹ En lugares remotos, el valor del vidrio es muy inferior debido al elevado coste del transporte, mientras que en las ciudades, el precio del vidrio sube rápidamente.

¹⁰ Los plásticos densos reciclados típicos son: PET y HDPE.

Recursos adicionales:

 MOOC module – [Recycling municipal waste](#) (Eawag/Sandec)

Cadena de reciclaje

Una cadena de reciclaje suele implicar varios pasos desde que se extrae un material reciclable del flujo de residuos hasta que se recicla.

En muchos países de renta baja y media-baja, esto implica a los recicladores informales, comerciantes intermedios, comerciantes principales (denominados como comerciantes Apex) y recicladores al final de la cadena, según la definición de ONU-Hábitat [9]:

Los recicladores informales extraen materiales reciclables del flujo de residuos para ganarse la vida, vendiéndolos al sistema de valorización.

Los comerciantes intermedios reciben materiales de los sistemas formales e informales de recolección de materiales reciclables (incluidos los recicladores), los almacenan y los preparan para su posterior comercialización a los comerciantes vértice.

Los comerciantes Apex reciben materiales de los comerciantes intermedios o directamente de los sistemas de recolección de materiales reciclables formales e informales (incluidos los recicladores), almacenan y preparan estos materiales para su posterior comercialización a los recicladores de final de cadena.

El reciclador de final de cadena recibe los materiales de los comerciantes de vértice o directamente de los sistemas de recolección de RSU formales e informales y los procesa en materiales y productos que tienen valor en la economía, ya sea a través del reciclaje, la incineración con valorización de energía u otro proceso de valorización.



Figura 31: Cadena de reciclaje [9]

Si se considera el entorno escolar, existen diferentes escenarios posibles para vincular la escuela con el sistema de reciclaje (in)formal existente: A) los reciclables pueden ser recolectados por recicladores, o B) los reciclables pueden ser vendidos a comerciantes intermedios. Los pros y contras de ambos escenarios se describen en la Tabla 8.

Escenarios	Pros	Contras
A) Reciclables recogidos por los recicladores	<ul style="list-style-type: none"> – Sin trabajo adicional para la escuela (sólo se proporciona acceso al centro escolar) – Mejorar los medios de subsistencia de los recicladores 	<ul style="list-style-type: none"> – No hay ingresos para la escuela por la venta de materiales reciclables – Limitadas actividades educativas relacionadas con esta práctica
B) Reciclables vendidos a comerciantes intermedios	<ul style="list-style-type: none"> – Generación de ingresos para la escuela por la venta de materiales reciclables – Alto potencial para actividades educativas (por ejemplo, clasificación de residuos, contabilidad, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> – Más trabajo y logística para la escuela – Necesidad de una zona designada para clasificar y almacenar los materiales reciclables – Se necesita una persona responsable para gestionar la venta de materiales reciclables

Tabla 8: Escenarios para vincular las escuelas con el sistema (in)formal de reciclaje existente pros y contras

En el siguiente subcapítulo se ofrece más información sobre cómo aumentar el valor de mercado de los materiales reciclables en el escenario B.

Recursos adicionales:

 UN-Habitat, 2021. Waste Wise Cities Tool (Step 4) [4]

Aumento del valor de los materiales reciclables

El valor de los materiales reciclables en el mercado del reciclaje dependerá de la cantidad y la calidad del material.

Los reciclables de buena calidad son definidos por Wasteaid [39] como

- **Limpio y seco**, sin restos de comida, suciedad o lluvia.
- **Muy bien clasificado**, con sólo el tipo de reciclable que el comprador desea
- **Compactada y embalada** siempre que sea posible, para reducir el coste del transporte.

La Tabla 9 muestra algunos pasos clave para aumentar el valor de los materiales reciclables. Esta tabla fue adaptada de Wasteaid centrándose principalmente en cómo preparar los plásticos para venderlos al mercado [39].

Limpieza	Secado	Clasificación	Compactación y almacenamiento
<ul style="list-style-type: none"> – Vaciar el contenido de los contenedores – Eliminar otros materiales – Lavar a mano en bidones o contenedores grandes (puede utilizar jabón para eliminar el aceite) 	<ul style="list-style-type: none"> – Secar al sol – Utilizar un ventilador para secar 	<ul style="list-style-type: none"> – Retirar todo el material no deseado (etiquetas, pegatinas, tapa, etc.) – Separar los materiales por tipo y color en función de la solicitud del comprador 	<ul style="list-style-type: none"> – Asegurar de almacenar el material de la forma más compacta posible (bolsa de yute, cajas metálicas, cajas de cartón, etc.).

Tabla 9: Pasos del pretratamiento para aumentar el valor de los reciclables, adaptado de Wasteaid [39]

A continuación figura una lista de recomendaciones por material reciclable:

- **Vidrio:** Asegurar de no romper el vidrio¹¹ ; Limpie y seque el vidrio; Clasifique por color de vidrio si es necesario.
- **Papel:** Evitar arrugar el papel; Manténgalo seco; Clasifique el papel por tipo de papel (periódico, papel, etc.); Compacte el papel para reducir el volumen.
- **Cartón:** Mantenerlo seco; Clasificar el cartón por tipo de cartón (cajas de cartón, cajas de huevos, etc.); Compactar el cartón para reducir su volumen.
- **Metal:** Limpiar y secar metales; clasificar metales férricos y no férricos
- **Plástico:** Limpiar y secar el plástico; Clasificar el plástico por tipo según las necesidades del mercado de reciclado (ver Recuadro 26 para más información sobre los métodos de identificación); Compactar los plásticos para reducir su volumen

Además, la cantidad afectará al precio que un comprador daría por un determinado material. Si las cantidades son lo suficientemente grandes, el comprador podría enviar un vehículo a recogerlo, reduciendo así la logística necesaria para la manipulación de los materiales reciclables. Por lo tanto, recomendamos contar con un sistema de almacenamiento de materiales reciclables, comúnmente conocido como Instalación de Recuperación de Materiales, (MRF, por sus siglas en inglés), para que los diferentes materiales reciclables puedan almacenarse durante un tiempo antes de alcanzar las cantidades deseadas para ser recogidas por el comprador o compradores.

Encontrará más información sobre las instalaciones de recuperación de materiales en la ficha R.1 MRF.

Recursos adicionales:

 *Wasteaid, 2017. Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market [39]*

Opciones de valorización de plásticos

En el caso de los plásticos que no tienen valor comercial, como las películas de plástico (LDPE, PP, etc.), existen opciones para reciclarlos y reducirlos de categoría con soluciones de baja tecnología fácilmente aplicables en un contexto escolar.

Entre ellos, recomendamos:

- **P1 Ecobricks** - Material de construcción fabricado con botellas de PET rellenas de film plástico
- **P2 Adoquines** - Fusión de plástico LDPE con arena para fabricar adoquines
- **P3 Trituración** - Romper el plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta¹²
- **P4 Extrusión** - Extrusión de residuos plásticos en filamento para crear nuevos¹²
- **HC.1 Ganchillo de film de plástico** - Opción artesanal para tejer a ganchillo film de plástico y convertirlo en bolsas y esterillas

La Tabla 10 resume el concepto principal, así como las ventajas y limitaciones de cada una de estas opciones.

Encontrará información detallada sobre cada opción en las fichas P1 Ecobricks, P2 Adoquines, P3 Trituración, P4 Extrusión, HC.1 Ganchillo de película de plástico.

Tenga en cuenta las preguntas destacadas en el Cuadro 7 para elegir una opción de valorización adecuada en su contexto.

Recursos adicionales:

 *MOOC module – [Plastic waste management - Examples](#) (Eawag/Sandec)*

¹¹ En las zonas urbanas, el vidrio sin romper puede ser retirado del proveedor.

¹² Trituración y extrusión realizadas con tecnologías Precious Plastic: <https://preciousplastic.com/>

Opciones	Concepto / Producto	Ventajas y limitaciones	Principales referencias adicionales
P1 Ecobricks 	Crear material de construcción a partir de PET relleno de plástico ligero	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Muy fácil de hacer; Fácilmente reproducible en casa; Apto para todo tipo de film plástico (envases, envoltorios,...); Fácil forma de almacenar el plástico y evitar tirar basura ⊖ Opción de reciclado descendente; Sin valor económico; La relevancia dependería de la cantidad de botellas de PET producidas en la escuela y de la necesidad de dicho material de construcción en la escuela. 	Wasteaid 2017 [45] Ecobricks.org 2014 [46]
P2 Adoquines 	Refundición de LDPE (bolsas de plástico,...) para producir adoquines de pavimentación	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Tecnología relativamente fácil de usar (sólo barril, cocido y molde); Producto final útil. ⊖ Opción de "downcycling"; Debe disponerse de arena; La temperatura de fusión debe estudiarse cuidadosamente para evitar que el plástico se queme (riesgo de impacto medioambiental y sanitario). 	Wasteaid 2017 [47]
P3 Trituración 	Descomposición del plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Primer paso importante para la mayoría de los procesos de reciclado de plástico; forma eficaz de granular el plástico y reducir el volumen de almacenamiento. ⊖ Necesita maquinaria; Necesita una cuidadosa clasificación de los plásticos 	Precious Plastic, 2017 [38] Página web de la trituradora Precious Plastic
P4 Extrusión 	Extrusión de plástico específico (normalmente HDPE o PP) para producir filamento de plástico	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Opción de upcycling; se podrían diseñar varios tipos de productos en función de las necesidades de la escuela. ⊖ Necesidad de maquinaria y conocimientos técnicos; Necesidad de una cuidadosa clasificación de los plásticos (la extrusión sólo puede realizarse con un tipo de plástico). 	Precious Plastic, 2017 [38] Página web de la trituradora Precious Plastic
HC.1 Ganchillo de película de plástico 	Cree bolsas y alfombrillas de plástico a ganchillo	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Muy fácil de hacer; Fácilmente replicable en casa; Adecuado para todo tipo de film plástico (envases, envoltorios,...) ⊖ Bajo valor económico; con este proceso se pueden reciclar cantidades limitadas de plástico film. 	Wasteaid 2017 [48]

Tabla 10: Resumen de las opciones de valorización de plásticos de baja tecnología para las escuelas

Residuos orgánicos

Existen varias opciones de tratamiento de residuos orgánicos (para más información, consulte los recursos adicionales). Entre ellas, y considerando un entorno escolar, recomendamos las siguientes opciones:

- **O.1 Alimentación animal directa** - Utilización de residuos orgánicos para alimentar a animales como los cerdos.
- **O.2 Compostaje** - Degradación aeróbica de residuos orgánicos para producir compost
- **O.3 Vermicompostaje** - Degradación aeróbica de residuos orgánicos con lombrices
- **O.4 Producción de biogás** - Degradación anaeróbica de residuos orgánicos para producir biogás

Nótese que para cada una de estas opciones es necesario disponer de residuos orgánicos puros y, por lo tanto, debe aplicarse y controlarse cuidadosamente la segregación de residuos en origen.

La Tabla 11 resume el concepto principal, así como las ventajas y limitaciones de cada una de estas opciones.





Encontrará información detallada sobre cada opción en las fichas O.1 Alimentación animal directa, O.2 Compostaje, O.3 Vermicompostaje, O.4 Producción de biogás.

Para definir qué opción debe utilizarse en el contexto de su centro escolar, tenga en cuenta las preguntas destacadas en la Tabla 7.

Opciones	Concepto / Producto	Ventajas y limitaciones	Principales referencias adicionales
O.1 Alimentación animal directa 	Utilización de residuos orgánicos para alimentar a animales como los cerdos	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Práctico en gran medida; Muy fácil de hacer; No requiere infraestructura ni costes asociados de funcionamiento y mantenimiento. ⊖ Valor económico limitado; Relación limitada con fines educativos; El uso de residuos orgánicos para alimentar animales podría estar restringido por ley para evitar la transmisión de enfermedades. 	Lohri et al. 2017 [49]
O.2 Compostaje 	Degradación aeróbica de residuos orgánicos para producir compost	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Tecnología sencilla y robusta; Bajos costes de capital y de funcionamiento; Se requieren conocimientos técnicos limitados; El compost se puede utilizar en el huerto escolar y en zonas verdes; Fácil de vincular con fines educativos. ⊖ Requiere una superficie de terreno grande y bien localizada; Se necesita mucho tiempo de tratamiento (3-6 meses) 	Wasteaid 2017 [50]; CCAC, 2016 [51]; Rothenberger et al. 2006 [52] Kit Escuelas Azules (8.1-2) [53] Módulo MOOC sobre compostaje
O.3 Vermicompostaje 	Degradación aeróbica de residuos orgánicos con lombrices para producir vermicompost	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Infraestructura limitada; Conocimientos técnicos limitados; Producto final de mayor calidad que el compostaje; Fácil de vincular con fines educativos. ⊖ Se recomienda una fase de precompostaje; se requiere una superficie considerable; las lombrices son sensibles a las condiciones ambientales y a las variaciones climáticas. 	Wasteaid 2017 [55]; Vögeli et al. 2014 [56]; Kit Escuelas Azules (8.4) [53] Módulo MOOC sobre vermicompostaje
O.4 Producción de biogás 	Degradación anaeróbica de residuos orgánicos para producir biogás	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Produce biogás que puede utilizarse para cocinar in situ; Tiempo de tratamiento más corto que el compostaje (10-40 días). ⊖ Se requiere un diseño experto y habilidades para la construcción; Costes de inversión de nivel medio; Conocimientos técnicos necesarios para el funcionamiento y mantenimiento; Necesidad de tratar los purines de digestato. 	Wasteaid 2017 [55]; Vögeli et al. 2014 [56]; Kit Escuelas Azules (8.4) [53] Módulo MOOC sobre digestión anaerobia

Tabla 11: Opción de tratamiento de residuos orgánicos para escuelas

Recursos adicionales:

-  Zurbrügg, 2017. *Biowaste management: the key to sustainable municipal solid waste management* [33]
-  Lohri et al., 2017. *Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings* [49]
-  Zabaleta et al., 2020. *Selecting Organic Waste Treatment Technologies (SOWATT)* [31]
-  MOOC module – [Overview of biowaste treatment technologies](#) (Eawag/Sandec)

(G) Disposición final de los residuos

La disposición final de los residuos debe hacerse de forma que se controlen y limiten los impactos sobre el medio ambiente y la salud pública (ver ejemplos de impactos en el capítulo “Impacto de la mala gestión de residuos”). Entre las prácticas habituales de disposición final, podemos mencionar el vertido y la incineración. En este caso, es importante distinguir entre el relleno sanitario, el vertedero y el botadero a cielo abierto, así como entre la quema y la incineración a cielo abierto, como se muestra en la Figura 32. Figura 32.

En entornos de ingresos bajos a medios, la incineración no suele recomendarse debido al tipo de residuos muy húmedos que se generan y al elevado coste asociado a las tecnologías de incineración adecuadas, por lo que debe preferirse el depósito en rellenos sanitarios (ver los recursos adicionales para obtener más información sobre el depósito en rellenos sanitarios y el nivel de control definido por ONU-Hábitat [9]).

RELLENO SANITARIO VS BOTADERO A CIELO ABIERTO		
 <p>Relleno sanitario</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceso controlado (vallas) - Estrategia de disposición de residuos - Lixiviados y medidas de prevención de la contaminación (geomembrana) - Compactación de residuos - Capa de cobertura para residuos - Sin quema de residuos 	 <p>Vertedero controlado</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceso controlado (vallas) - Estrategia de disposición de residuos - Sin medidas de prevención de lixiviados/contaminación - Compactación de residuos - Capa de cobertura para residuos - Sin quema de residuos 	 <p>Botadero (incontrolado)</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertido de residuos, sin estrategia - Sin medidas de prevención de lixiviados/contaminación - Sin compactación de residuos - Quema de residuos
INCINERACIÓN VS QUEMA AL AIRE LIBRE		
 <p>Incinerador</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustión completa (oxígeno suficiente + alta temperatura) - Control y limpieza de gases y humos - MUY CARO Y DE ALTA TECNOLOGÍA 	 <p>“Quemador”</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos quemados en un “incinerador” que en realidad actúa como un quemador de residuos (combustión poco controlada). - No hay combustión completa - Sin control ni limpieza de gases y humos 	 <p>Quema al aire libre</p> <p>Características::</p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos quemados al aire libre (quema incontrolada) - No hay combustión completa - Sin control ni limpieza de gases y humos

Figura 32: Definición y características de las principales prácticas de disposición final de los residuos