

Mini-guía

¿Cómo y por qué caracterizar un yacimiento de residuos?

Guía práctica - Caso práctico



Puntos clave del aprendizaje :

- *Comprender la finalidad de una caracterización*
- *Saber cómo llevar a cabo una caracterización (rápida o en profundidad)*
- *Visualizar el proceso mediante un ejemplo*



Contenido

Introducción y resumen	3
Introducción	3
Resumen	3
1. Requisitos previos	4
Definir el objetivo u objetivos de la caracterización de mis residuos	4
Definir claramente la zona de estudio	5
Elección de la metodología	6
2. Aplicación	8
Recogida de muestras de residuos	8
Clasificación y análisis de muestras	8
3. Caso práctico simplificado	11
4. Conclusión	12
5. Bibliografía y recursos	13



El contenido de esta guía es de **código abierto**

Se aceptan contribuciones a esta miniguía → envíe un correo electrónico a jean-baptiste@plasticodyssey.org

Introducción y resumen

Introducción

Definición y objetivo

En un intento de resolver un problema de contaminación por plásticos o de gestión de residuos, es importante comprender mejor el problema estudiando el yacimiento.

Este tipo de estudio puede realizarse a diferentes escalas y con distintos fines. He aquí algunos ejemplos (lista no exhaustiva):

- una **caracterización nacional** para definir una estrategia y unas políticas públicas adecuadas,
- una **caracterización más local** y descentralizada para definir un plan de gestión de residuos para una ciudad, por ejemplo,
- una **caracterización específica** de una empresa o un centro industrial para definir soluciones de tratamiento y reducción.

Si está planificando un proyecto de reciclado y desea obtener más información sobre la yacimiento de los residuos (volúmenes, tipos, origen, etc.), tiene dos opciones:

(i) consultar un estudio existente que cubra el área de interés. Algunos países, municipios o agencias de desarrollo realizan este tipo de estudios, pero no son sistemáticos y no siempre están actualizados o son muy completos.

(ii) realizar una caracterización por su cuenta o en colaboración con las partes interesadas de la zona de estudio (ayuntamiento, empresas, comunidades). Para eso está esta miniguía.

En el apartado siguiente se resumen los pasos necesarios para llevar a cabo su propia caracterización, que se desarrollarán punto por punto en este documento.

Resumen

Requisitos previos :

1. **Definir el objetivo o los objetivos de la caracterización**, delimitar la zona geográfica que se va a estudiar y comprobar la normativa local vigente,
2. **Elegir la metodología y el protocolo más adecuados a la necesidad** (un estudio completo para una institución o un estudio más específico para responder a preguntas muy concretas). El nivel de precisión requerido influirá directamente en la metodología.

Aplicación :

3. **Recoger muestras de residuos** (en función de la metodología elegida).
4. **Clasificar y estudiar la composición de los residuos.** Clasificar según diferentes categorías y, a continuación, analizar la composición de los residuos. Esto puede incluir el muestreo y el análisis para determinar la proporción de los distintos tipos de residuos (orgánicos, reciclables, peligrosos, etc.).

Análisis y conclusiones :

5. **Cuantificar los tipos de residuos**, extrapolando si es necesario los resultados en relación con los datos demográficos u otros datos sobre la zona de estudio
6. **Análisis adicionales** (si son necesarios) en función del objetivo final (caracterización física y química: toxicidad, identificación de riesgos medioambientales)
7. **Conclusiones** (evaluación de los métodos de gestión, sensibilización, reducción, etc.)

Seguimiento y evaluación :

8. **Seguimiento y evaluación:** creación de un sistema de seguimiento continuo para evaluar la eficacia de las medidas adoptadas.

1. Requisitos previos

Para caracterizar el yacimiento, primero es necesario :

- Definir los objetivos de la caracterización,
- definir claramente la zona objeto de estudio
- verificar las políticas locales específicas de gestión de residuos.

Definir el objetivo u objetivos de la caracterización de mis residuos

Puede haber varias razones para llevar a cabo una caracterización de residuos:

- **Identificación de los tipos de residuos:** Determinar los diferentes tipos de residuos producidos por una actividad o proceso específico. Puede tratarse de residuos sólidos, líquidos, peligrosos, no peligrosos, orgánicos, etc.
- **Cuantificación de la producción de residuos:** Medir la cantidad de residuos generados de forma regular. Esta información es crucial para evaluar la magnitud del problema de los residuos y desarrollar estrategias de gestión adecuadas.

- **Caracterización química y física:** Analizar la composición química y física de los residuos. Esto permite determinar la presencia de sustancias peligrosas, materiales reciclables, materiales reutilizables, etc.
- **Evaluación de la toxicidad y el riesgo:** Evaluar los riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente asociados a los residuos. Esto incluye la identificación de sustancias tóxicas, contaminantes y otros factores de riesgo.
- **Identificación de las oportunidades de reciclaje:** Identificar los materiales reciclables presentes en el flujo de residuos. Esto permite poner en marcha programas de reciclaje eficaces para reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos.
- **Identificación de opciones de gestión de residuos:** Proponer soluciones adecuadas de gestión de residuos, incluidas recomendaciones sobre reducción en origen, reutilización, reciclado, tratamiento y eliminación.
- **Cumplimiento de la normativa:** Garantizar el cumplimiento de la normativa local, nacional e internacional sobre gestión de residuos. La caracterización ayuda a identificar los requisitos legales que debe cumplir la empresa o actividad.
- **Mejora de la eficiencia medioambiental:** Identificar oportunidades para mejorar la eficiencia medioambiental reduciendo la cantidad de residuos producidos, fomentando el reciclaje y minimizando el impacto medioambiental.

En definitiva, la caracterización de un depósito de residuos aporta datos esenciales **para elaborar planes de gestión sostenible de residuos, reducir la huella ambiental de una actividad y cumplir la normativa reguladora vigente.**

Definir claramente la zona de estudio

Para tener muy claro el estudio, es esencial aclarar desde el principio cuál es la zona precisa de estudio. Puede tratarse de una empresa, un distrito, una ciudad, un grupo de ciudades o una región. En algunas zonas, en particular, un vertedero se comparte entre varias ciudades, por lo que es difícil hacer un desglose utilizando un enfoque global en el que el estudio se realice directamente en el vertedero (definición en el apartado siguiente).



Elección de la metodología

La caracterización puede llevarse a cabo de diferentes maneras en función del objetivo u objetivos que se persigan.

Existen dos enfoques principales:

- Un **enfoque global**, que consiste en tomar muestras de los residuos que llegan al vertedero en camiones u otros vehículos de recogida. A continuación, se puede calcular la masa/volumen de residuos durante un periodo determinado. Este valor puede reducirse a la cantidad de residuos por habitante si se conocen los datos demográficos y la zona cubierta por el método de recogida.
- Un **enfoque individual**, que consiste en recoger los residuos de una muestra representativa de hogares (elegidos al azar si es posible). De este modo, los residuos producidos por cada hogar pueden recogerse durante un periodo de tiempo (al menos 2 semanas si es posible) y pesarse (anotando el número de habitantes por hogar). Es importante anotar qué bolsa corresponde a cada hogar y pesar las bolsas sistemáticamente.

Es importante realizar el estudio en un momento significativo del consumo a lo largo del año y no durante un periodo festivo o un periodo en el que el consumo sea anormal en relación con el consumo medio.

Nota: El enfoque global tiene la ventaja de evitar el aspecto delicado de añadir hogares al proceso de estudio, lo que añade complejidad y a veces puede resultar bastante tabú (revelación del consumo, riesgo de que determinados hogares oculten ciertos residuos, etc.). La ventaja del enfoque individual es que la correlación entre la cantidad producida y el número de habitantes es mejor.

La metodología también tendrá que basarse en otras opciones:

- El **periodo durante el cual se llevará a cabo el estudio** (por ejemplo, una sola vez para simplificar, o una vez durante 10 días en la estación seca y una vez durante 10 días en la estación húmeda).
- **Dónde se tomarán las muestras** (puede ser puerta a puerta, directamente de un vertedero, etc.).

Nota: Si se recogen bolsas de los residentes, se pesan individualmente, pero no se clasifican individualmente, sino que se agrupan.

- **El método y las herramientas utilizadas para tomar las muestras** (se trata más bien de una cuestión de logística en cuanto a métodos de recogida y organización).
- **La masa mínima de las muestras** (en función del tamaño de la población y del deseo de recoger una proporción significativa de los residuos más raros, es necesario recoger volúmenes mayores o menores).
- **El número de muestras que deben clasificarse.**

- **El método de clasificación de las muestras** (número de categorías de residuos consideradas y tamaño mínimo de los residuos considerado)
- **Los constituyentes que se tienen en cuenta**
- **Los análisis adicionales necesarios**, como análisis físicos o químicos (toxicidad, etc.)

Nota: algunos enfoques darán resultados muy aproximados, pero pueden ser suficientes. La calidad del muestreo es un factor determinante en la exactitud de los resultados.

Otro punto: también es importante distinguir entre los dos tipos de resultados deseados: la cantidad de residuos producidos y la composición de estos residuos. Si se quieren obtener ambos, el método de muestreo puede ser el mismo.

Ejemplos del enfoque global :

Métodos derivados del MODECOM francés :

- "Caso D5 - Objetivo: elegir un método de tratamiento adaptado a los residuos del Gran Túnez. 4 campañas a lo largo de 4 estaciones, 5 tipos de hábitat o actividad. Muestras de 200 kg (10 x 20 kg), secadas, tamizadas a 100 y 20 mm y clasificadas en 13 categorías y 5 subcategorías".
- "Caso D13 - Objetivo: identificar el potencial recuperable de los centros de recogida de Uagadugú. Clasificar el contenido de los carros (unos 500 kg), no específicamente para su caracterización (en el marco de la operación normal de clasificación), sino según las categorías del MODECOM (finos < 8 mm porque esta fracción tiene potencial de valorización)."

Ejemplos para el enfoque individual :

- " Caso D4: 3 tipos de hábitat, unos 30 hogares por tipo, durante 3 semanas (9 días para los residuos orgánicos separados en origen), 2 estaciones (seca y húmeda). Muestreo de 130 a 150 kg de bolsas seleccionadas al azar. Clasificación según las 13 categorías MODECOM y 4 subcategorías de plástico".
- "Caso D11: recogida diaria de bolsas durante 6 semanas en 60 hogares. 614 kg caracterizados de la siguiente manera. Caso D14: recogida de bolsas durante 72 horas, temporada de lluvias, 4 tipos de vivienda, 168 bolsas, 3,6 toneladas caracterizadas. Clasificación según MODECOM.

2. Aplicación

Recogida de muestras de residuos

Dependiendo de la metodología elegida, empezaremos recogiendo muestras de plástico en los hogares (enfoque individual) o en el vertedero (enfoque global).

Para el enfoque individual, esto puede hacerse mediante recogida puerta a puerta en un horario regular (por ejemplo, una vez a la semana durante 3 semanas).

En el caso del enfoque global, puede hacerse, por ejemplo, cuando llega un camión, recogiendo algunas muestras.

¿Qué masa debe recogerse para las muestras?

En general, cuanto mayor sea el volumen, mayor será la precisión de los resultados. Si desea un estudio en profundidad y detallado, tendrá que aspirar a volúmenes mayores que si simplemente desea órdenes de magnitud para las principales categorías de residuos.

Por poner un ejemplo en cifras **La norma francesa ("MODECOM")**, basada en varios estudios científicos, recomienda tomar muestras de **500 kg**, de las que se eliminan los elementos demasiado voluminosos o densos, luego dividir en cuartos) masa de 100 a 120 kg), y finalmente clasificar todos los elementos mayores de 100 mm (entre 30 y 50 kg) y 7 kg de la fracción entre 20 y 100 mm y pesar los elementos < 20 mm o, si se quiere ir más fino, tamizar hasta 8 mm y clasificar unos 500 g de los 8-20 mm. A continuación se calcula la masa inicial de 500 kg.

En los países en desarrollo, los depósitos de residuos suelen ser más homogéneos que en Francia, con muchos materiales putrescibles, plásticos, etc., por lo que es fácil bajar a volúmenes más pequeños con un buen índice de confianza, por ejemplo entre **150 y 200 kg**.

Clasificación y análisis de muestras

¿Cómo se clasifican las muestras?

La norma francesa "MODECOM" sugiere clasificar primero los residuos por tamaño/peso (separación granulométrica) para facilitar la clasificación posterior por categorías.

De una muestra de 500 kg, retiramos los elementos heterogéneos, lo que reduce el volumen de la muestra, y a continuación extraemos una cuarta parte, es decir, de 100 a 120 kg.

A continuación, tomamos 3 categorías principales y las clasificamos por separado:

- elementos de más de 100 mm,
- 7 kg de elementos de 20 - 100 mm,
- se pesan los elementos finos < 20 mm. Una rejilla de 20 mm puede facilitar la clasificación, sobre todo en los países del Sahel con mucha arena.

Nota: Los elementos heterogéneos se clasifican y pesan y los datos se integran en los resultados.

Nota: En los países en desarrollo, la clasificación es más fácil y la separación granulométrica está menos justificada, por lo que es habitual que se clasifique toda la muestra (de 150 a 200 kg).

Lista de categorías de materiales

La lista de categorías debe adaptarse a los objetivos de la caracterización. Debe ser posible caracterizarlo todo y evitar una "otra" categoría que a veces resulta no ser insignificante. He aquí una sugerencia de categorías generales que pueden subdividirse en subcategorías en función de los objetivos:

- **Materia predominantemente orgánica:** residuos putrescibles (restos de comida, restos vegetales), madera, papel, cartón, residuos sanitarios (pañales, compresas), textiles, plásticos, otros residuos predominantemente orgánicos (compuestos, cuero, caucho).
- **Materia predominantemente inorgánica:** vidrio, metales (ferricos, aluminio, otros), residuos eléctricos y electrónicos, otros residuos predominantemente minerales (vajillas rotas, escombros, piedras).
- **Residuos peligrosos:** pilas, medicamentos, residuos sanitarios, tubos fluorescentes y bombillas de bajo consumo, residuos de productos tóxicos.
- **Elementos finos:** fracción obtenida mediante un tamiz (generalmente de 10 a 20 mm), cuyos elementos son demasiado pequeños para ser identificables.

Así, por ejemplo, podemos extraer las siguientes categorías:

1. residuos orgánicos (alimentos, plantas)
2. madera
3. papel, cartón
4. plásticos
5. textiles
6. residuos sanitarios
7. vidrio
8. metales/chatarra
9. residuos electrónicos
10. otros residuos orgánicos (compuestos, cuero, caucho)

11. otros residuos minerales (vajilla, escombros, piedra, etc.)

Nota: Si está interesado específicamente en los plásticos, puede clasificarlos por categoría de plástico en las 7 categorías (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, Otros) o hacer otras subcategorías para obtener una caracterización más fina (por ejemplo, 11% en masa de plásticos en la muestra total, incluyendo 22% de PET, 17% de HDPE, 15% de LDPE, 16% de PP, 3% de PVC, etc.).

Equipamiento básico necesario

- una mesa de clasificación con un tamiz para dejar pasar los elementos finos,
- cubos u otros recipientes para recoger las fracciones clasificadas,
- una balanza con una capacidad de 50 a 70 kg, y otra con una capacidad de 10 kg,
- lonas para submuestrear el suelo y recoger los elementos finos,
- palas, escoba, cepillo,
- guantes antipicaduras (para podar zarzas o rosales),
- mascarillas antipolvo,
- ropa de trabajo (pantalones o monos, zapatos cerrados),
- un botiquín de primeros auxilios.

Nota:

Si tomas la muestra con una pala, no podrás coger una botella de refresco: se caerá. Por tanto, no habrá nada en la muestra. Si puedes, utiliza un cubo retroexcavador de al menos 200 litros para tomar muestras de masas unitarias de unos 50 kg. De lo contrario, tendrás que trocear la muestra en el suelo y tomar toda la fracción retenida.

Enfoque completo y rápido para la caracterización a pequeña escala

No siempre es posible o necesario seguir un formalismo o protocolo excesivamente pesado, sobre todo para caracterizaciones bastante informales que no requieren un alto nivel de precisión.

A continuación se sugiere una metodología:

- Realizar un **enfoque global** al vertedero (si existe) con una muestra homogénea y representativa de 150 a 200 kg si es posible (o lo más aproximada posible). Puede tomarse una segunda o tercera muestra si existen dudas sobre la 1ª muestra. Sin embargo, este enfoque puede implicar un alto grado de incertidumbre (véase la nota)*. Clasifíquelas en las 11 categorías mencionadas (clasifíquelas previamente por tamaño si es necesario, pero no es obligatorio). Esto dará los porcentajes de cada tipo de residuo y los porcentajes de los diferentes plásticos.
- Como complemento, si es posible: realizar una caracterización adicional mediante un **enfoque individual** tomando algunos hogares (10 al azar, por ejemplo) para corroborar los primeros resultados del enfoque global y también para estimar mejor la generación de residuos por habitante (almacenamiento de residuos de una o incluso dos semanas por hogar, por ejemplo).

***Nota:** La masa de las muestras no depende del tamaño de la población. Sin embargo, se toman más muestras cuando la población es grande. Hay que tomar un número mínimo de muestras (normalmente 5), aunque la población sea pequeña, y comprobar la dispersión de los resultados (desviación de la media). Es demasiado aleatorio caracterizar una sola muestra, aunque sean 2 ó 3. Si eso es todo lo que puedes hacer, sé consciente de la considerable incertidumbre de los datos.

3. Estudio de caso simplificado

Además de las metodologías más tradicionales presentadas en la sección 2, conviene presentar alternativas simplificadas cuando el tiempo y los recursos son limitados.

NB: Es importante precisar a modo de descargo de responsabilidad que no se trata de un método científico en el sentido estricto del término, sino más bien de un cruce de experiencias entre la caracterización de residuos domésticos y una metodología de caracterización de limpieza de playas consistente en delimitar zonas aleatorias de una playa y estudiar lo que contiene cada parcela.

En la sección 3 se describe un experimento realizado en enero de 2024 en un municipio del este de Senegal, que da una idea muy rápida del depósito.

Protocolo:

1. Elige una zona de al menos 2 x 2 m de un vertedero o escombrera que parezca homogénea y representativa de los residuos de todo el vertedero (no un lugar donde sólo haya plástico o sólo residuos orgánicos, por ejemplo).
2. Delimita la zona utilizando una cuerda o estacas u otros medios a tu disposición (¡utilizando ramas de árbol rectas en este ejemplo!)
3. Recoge los residuos, separándolos por categorías (plásticos, cartón, vidrio, metales, residuos orgánicos, etc.).
4. Una vez que la zona se haya limpiado por completo o casi por completo (pueden quedar pequeños trozos de menos de 2 cm), pesa cada bolsa para obtener el peso por categoría.
5. Divide el peso de cada fracción por el peso total para obtener el porcentaje de cada fracción. Por ejemplo, 15,5 kg de residuos recogidos en total, incluidos 2,1 kg de plásticos, dan un total de 13,5% de plásticos.



Este método tiene la ventaja de realizarse en unos treinta minutos por área de 2 x 2 m (por supuesto, se puede hacer el experimento varias veces y promediar los resultados). Sin embargo, se basa en numerosas suposiciones. El vertedero estudiado puede no ser totalmente representativo de los residuos consumidos por la población. Por ejemplo, en este proyecto nos dimos cuenta de que los desechos orgánicos, particularmente cáscaras y restos de comida, se entregan al ganado. Además, las cenizas de cocina (cocción a leña) son un residuo importante que se deposita en los cubos de basura o en el camión de la basura pero no se puede separar con este método. Finalmente, la arena muchas veces se mezcla con el conjunto e influye en los pesos y volúmenes.

Por tanto, este método es bastante interesante para fracciones inorgánicas (plásticos, metales, vidrio, cartón/papel, cerámica, caucho, residuos electrónicos, etc.) pero mucho menos preciso para residuos putrescibles. Por tanto, debe utilizarse con precaución.

Caracterizar un depósito puramente de plástico sigue siendo interesante porque podemos analizar los diferentes tipos de plásticos una vez realizada la clasificación inicial y por tanto cuantificar la proporción de botellas de PET, bolsas de plástico (LDPE), etc.

4. Conclusión

El conocimiento del depósito es decisivo para estructurar sólidamente un proyecto de reciclaje de plástico en una zona determinada.

De hecho, es común extrapolar demasiado rápidamente los resultados sobre la cantidad de residuos o de plásticos consumidos en una región y observar de hecho discrepancias importantes o una calidad de los depósitos o tipos de residuos no compatibles con la

solución de tratamiento inicialmente prevista. También puede haber una brecha significativa entre la cantidad de residuos generados y la cantidad de residuos que pueden recolectarse razonablemente (debido a la falta de soluciones de recolección, concienciación o limitaciones topográficas o de infraestructura).

Por ejemplo, imaginemos que el consumo de plásticos en una zona se estima en 300 toneladas al año y que por tanto planificamos, con cierto margen, un sistema para reciclar 100 toneladas al año para estar seguros de tener suficientes plásticos. Es posible que la cantidad recolectable o recuperable a corto plazo sea sólo de 50 toneladas por año, de las cuales quizás sólo 25 toneladas sean reciclables con la solución prevista. Esto comprometería el proyecto y por tanto requeriría una mejor cobertura de red, más recogida en origen, menos quema, lo que lleva tiempo y es complejo de implementar...

Así que tómate el tiempo que necesites para esta fase preparatoria del proyecto o vuelve a evaluarla si ya has comenzado.

5. Bibliografía y recursos

Recursos en francés:

- [Guide de caractérisation \(plateforme Re-Sources\)](#)
- [Fiche synthétique caractérisation \(plateforme Re-Sources\)](#)
- [Fiche technique "l'importance de la connaissance du gisement" \(projet PAGEDS\)](#)
- [Fiche synthétique "Réduction" \(plateforme Re-Sources\)](#)

[Boîte à outils de l'association AMORCE](#)

[Plateforme Re-Sources](#)



Ahora depende de ti. Haz tuyos estos conocimientos y aplícalos a tu proyecto.

Gracias a Pascale MARTEL NAQUIN (Consultora, Tesorera y Experta de CEFREPADE) por su contribución y experiencia para la finalización de esta mini-guía.