



Biorresiduos: gestión y alternativas de utilización

Autor: Antonio Galera

Institución: Universidad de Murcia

Otros autores: Asunción M^a Hidalgo Montesinos (Universidad de Murcia); M^a Dolores Murcia Almagro (Universidad de Murcia); María Gómez Gómez (Universidad de Murcia)

Resumen

En la actualidad la fracción orgánica de residuos de procedencia domiciliar e industrial representa un porcentaje elevado, del 40 al 70%, variando su cantidad y composición en función del nivel de desarrollo de cada país. En concreto, más de la mitad de la fracción orgánica de los residuos municipales va a vertedero, únicamente el 19% se recoge separadamente y se obtiene un compost de calidad, por lo tanto, la fracción que se recoge mezclada sin separación selectiva y se procesa en plantas da como resultado un producto denominado 'material bioestabilizado' que prácticamente no se puede utilizar en la agricultura y no posee salida comercial.

La presencia de residuos orgánicos en vertederos tiene efectos muy negativos en el medio ambiente, tales como emisiones de metano, lixiviados y olores, por ello, desde la normativa ambiental se ha definido el concepto de biorresiduo y la necesidad de realizar una gestión ambiental adecuada.

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica para abordar el estudio de los residuos orgánicos o biorresiduos. En un principio se han estudiado aquellos de ámbito domiciliario o comerciales asimilables a éstos, aunque los de origen industrial también pueden ser aprovechados de forma similar. Inicialmente se realizó una búsqueda bibliográfica analizando el concepto de biorresiduo, que no aparece en instituciones oficiales como la RAE. Además se recopiló información sobre el origen y generación, así como de las cantidades producidas y la gestión de los mismos, estudiando la problemática ambiental asociada a una incorrecta gestión. Finalmente, a modo de ejemplo se muestran diferentes tipos de tratamientos que pueden ser de utilidad para aprovechar el potencial de los mismos, por su alto contenido en carbono, o para realizar un aprovechamiento energético o valorización.

Palabras clave: biorresiduo, generación, gestión, aprovechamiento, normativa, enmienda orgánica

1. Resumen

En la actualidad la fracción orgánica de residuos de procedencia domiciliar e industrial representa un porcentaje elevado, del 40 al 70%, variando su cantidad y composición en función del nivel de desarrollo de cada país. En concreto, más de la mitad de la fracción orgánica de los residuos municipales va a vertedero, únicamente el 19% se recoge separadamente y se obtiene un compost de calidad, por lo tanto, la fracción que se recoge mezclada sin separación selectiva y se procesa en plantas da como resultado un producto denominado “material bioestabilizado” que prácticamente no se puede utilizar en la agricultura y no posee salida comercial.

La presencia de residuos orgánicos en vertederos tiene efectos muy negativos en el medio ambiente, tales como emisiones de metano, lixiviados y olores, por ello, desde la normativa ambiental se ha definido el concepto de biorresiduo y la necesidad de realizar una gestión ambiental adecuada.

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica para abordar el estudio de los residuos orgánicos o biorresiduos. En un principio se han estudiado aquellos de ámbito domiciliario o comerciales asimilables a éstos, aunque los de origen industrial también pueden ser aprovechados de forma similar. Inicialmente se realizó una búsqueda bibliográfica analizando el concepto de biorresiduo, que no aparece en instituciones oficiales como la RAE. Además se recopiló información sobre el origen y generación, así como de las cantidades producidas y la gestión de los mismos, estudiando la problemática ambiental asociada a una incorrecta gestión. Finalmente, a modo de ejemplo se muestran diferentes tipos de tratamientos que pueden ser de utilidad para aprovechar el potencial de los mismos, por su alto contenido en carbono, o para realizar un aprovechamiento energético o valorización.

2. Introducción

2.1. Definición

El concepto de *biorresiduo* es relativamente nuevo. Se corresponde con la fracción de “residuos orgánicos”, es decir, aquellos residuos compuestos por elementos biodegradables de origen orgánico [1].

Aparece por primera vez a raíz de la aprobación de la *Directiva Marco 2008/98/CE de Residuos* [2]. En ésta se define como un “*residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de consumo al por menor, y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos.*”

De igual manera se incluye dicho concepto definido en la legislación estatal, como queda reflejado en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados. También se puede encontrar una definición muy similar en el Libro Verde [3].

Por otro lado, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) los define como “*los residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal y/o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial (siempre que estos últimos sean similares a los primeros)*”.

Para una mejor definición, se hace una subdivisión en categorías en función de distintos criterios [4, 5]. Asimismo atendiendo por un lado a su naturaleza, queda dividido en dos grandes fracciones de residuos, que incluyen:

1. Fracción Vegetal, o residuos vegetales provenientes de parques y jardines (zonas verdes) privados y públicos:

Se compone de restos vegetales de pequeño tamaño y de tipo no leñoso procedentes de jardinería y poda; y de restos vegetales de jardinería y poda de mayor tamaño y de tipo leñoso.

Su composición es generalmente de entre el 50-60% de humedad, y principalmente celulosa.

2. Residuos de origen alimentario y de cocina:

Incluye los restos de la preparación de la comida, o manipulación y elaboración de productos alimentarios, restos de comida, alimentos en mal estado y excedentes alimentarios que no se han consumido o comercializado.

Son muy variables, pueden estar compuestos hasta un 80% de humedad, y no suelen contener celulosa, o en porcentajes muy bajos.

Otra división estaría establecida de acuerdo a la gestión que precisan los residuos, basada en el distinto tratamiento, logística de recogida o la misma temporalidad de generación. Aparecen dos nuevos grupos:

1. Fracción Orgánica:

Compuesta tanto por los restos de origen alimentario, como por los restos vegetales no leñosos de pequeño tamaño (malas hierbas, césped, hojarasca...)

En el caso de recogerse de manera separada, se utiliza el concepto FORS (Fracción Orgánica de Recogida Separada).

2. Poda:

Compuesta por los restos vegetales leñosos de mayor tamaño.

En la Figura 1 se representa un esquema de las fracciones previamente nombradas y clasificadas.

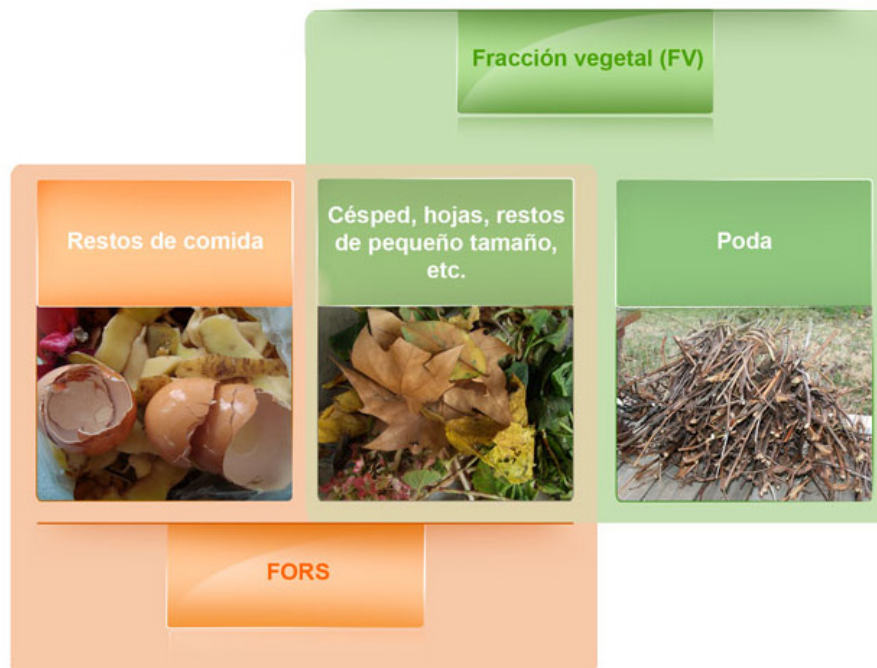


Figura 1. Clasificación de biorresiduos. (MAGRAMA).

2.2. Cantidades globales

Una vez definido el concepto de biorresiduo es interesante ver cómo se distribuye su generación, ya que ésta permitirá obtener conclusiones en función de la localización, o el nivel de vida de la población. Para ello se va a realizar una clasificación principal a distintas escalas:

- **A nivel global:**

Hay pocos datos referentes a la cantidad de biorresiduos generados en todo el planeta ya que generalmente en los países menos desarrollados no se tiene un control de los mismos. Sin embargo, sí que hay datos que pueden ser de utilidad.

Se estima que se generan alrededor de 1,3 billones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) anualmente [6], de los cuales el porcentaje de residuos orgánicos varía de manera considerable. Esta variación puede deberse a diversos factores, de entre los cuales destaca el nivel de desarrollo de cada país. De esta manera, mientras que en los países más desarrollados de la Unión Europea el porcentaje de residuos orgánicos no supera el 30%, en zonas menos desarrolladas (como algunas regiones de Sudamérica, Asia y África) el porcentaje de generación de este tipo de residuos se encuentra en torno al 70% [7].

En la Figura 2 se representa el porcentaje de biorresiduos (residuos orgánicos) generados a nivel global en distintos países en función del nivel de ingresos, desde aquellos con bajos ingresos hasta otros con altos ingresos, pasando por estados

intermedios. Se observa cómo este tipo de residuos varía su cantidad en función del nivel económico, siendo equiparable a otro tipo de residuos en los países más desarrollados. En cambio en los países menos desarrollados se trata del tipo de residuos más común comparado con el resto.

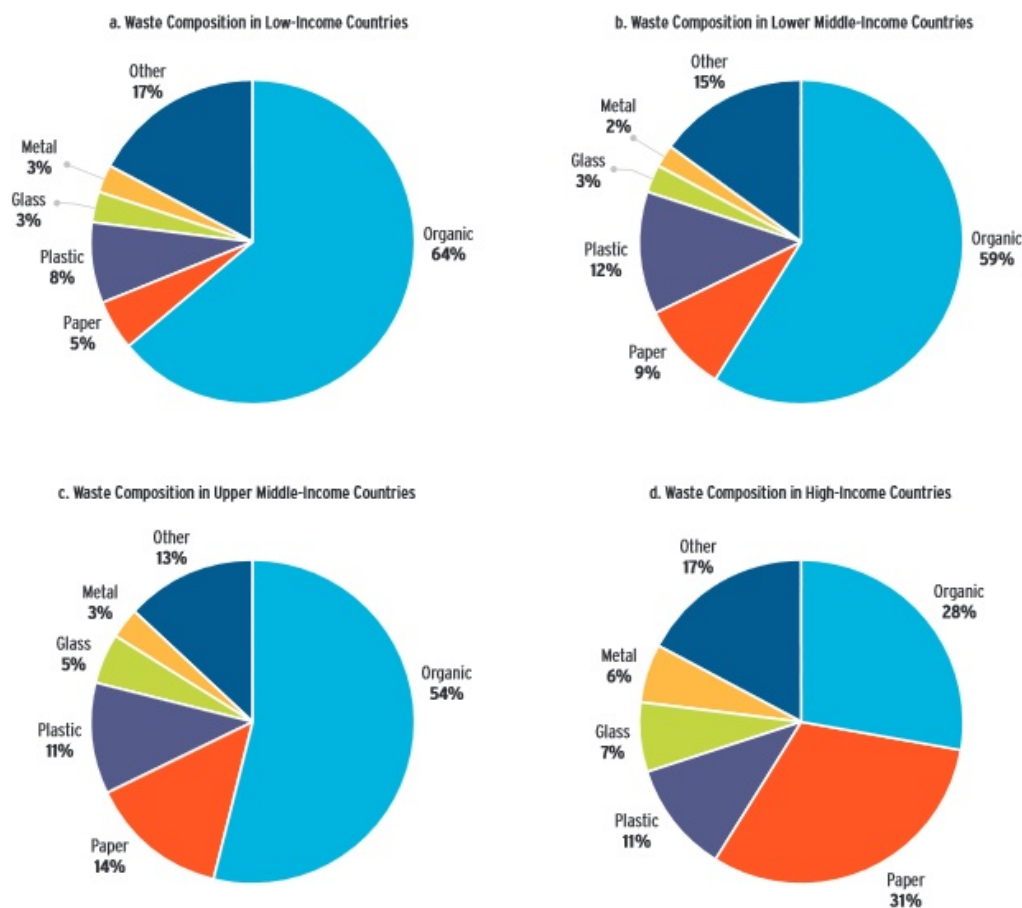


Figura 2. Porcentaje de residuos generados en distintos países en función de sus ingresos. (WorldBank).

Estas diferencias pueden explicarse por ejemplo si se comparan los materiales utilizados para la construcción, donde los países menos desarrollados tienden a utilizar materiales biodegradables como maderas mientras que los países más desarrollados utilizan otros materiales como metales. También es importante la cantidad de superficie destinada a la producción agrícola, ya que mientras que en los países desarrollados destacan los paisajes urbanos (ciudades principalmente) en los menos desarrollados lo hacen los paisajes agrícolas o menos urbanizados [8].

No obstante, para entender correctamente estos datos no hay que olvidar que la generación total de residuos es mayor en los países en desarrollo y desarrollados [9], por lo que hay mucha diferencia entre lo que generan unos y otros. Según informes de Waste Management World (WMW) [10], tras obtener datos de distintas ciudades del mundo atendiendo de nuevo al nivel económico de cada país, en la Figura 3 se representa la cantidad de residuos generados per cápita en función de los ingresos de cada país.

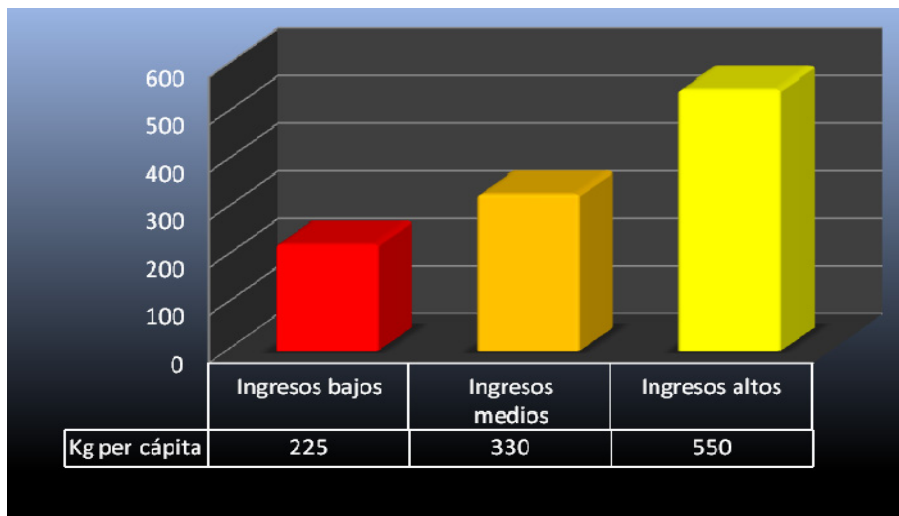


Figura 3. Estimación de cantidades de residuos generados (kg per cápita) en función de los ingresos. (Elaboración propia).

- **A nivel europeo (Unión Europea):**

En este caso sí hay datos totales sobre la producción de biorresiduos, tanto en el Libro Verde como en la página web oficial del MAGRAMA.

El primero, con datos disponibles del año 2008 habla de una producción de entre 76,5 y 102 millones de toneladas, de los cuales 37 millones pertenecen a la industria alimentaria y bebida. El segundo incluye las cantidades generadas en el año 2010, con entre 118 y 138 millones de toneladas, de los cuales 88 millones son de origen municipal [3, 11].

Es interesante hacer una comparación entre ambos datos y, considerando que se trate de datos equiparables, ver el crecimiento desorbitado de este tipo de residuos en tan sólo dos años. También destaca que mientras la mayoría de residuos son municipales, los pertenecientes a la industria alimentaria ocupan un porcentaje muy alto respecto al total.

Además, es importante matizar que se estima que entre el 30 y el 45% de biorresiduos generados son de competencia municipal, y de estos sólo un 20% se utiliza como recurso [12]. Con ello se puede ver el alto potencial que tendría el aprovechamiento del total de biorresiduos. En la Figura 4 se muestra cómo se reparte el aprovechamiento y gestión de estos residuos en la Unión Europea.

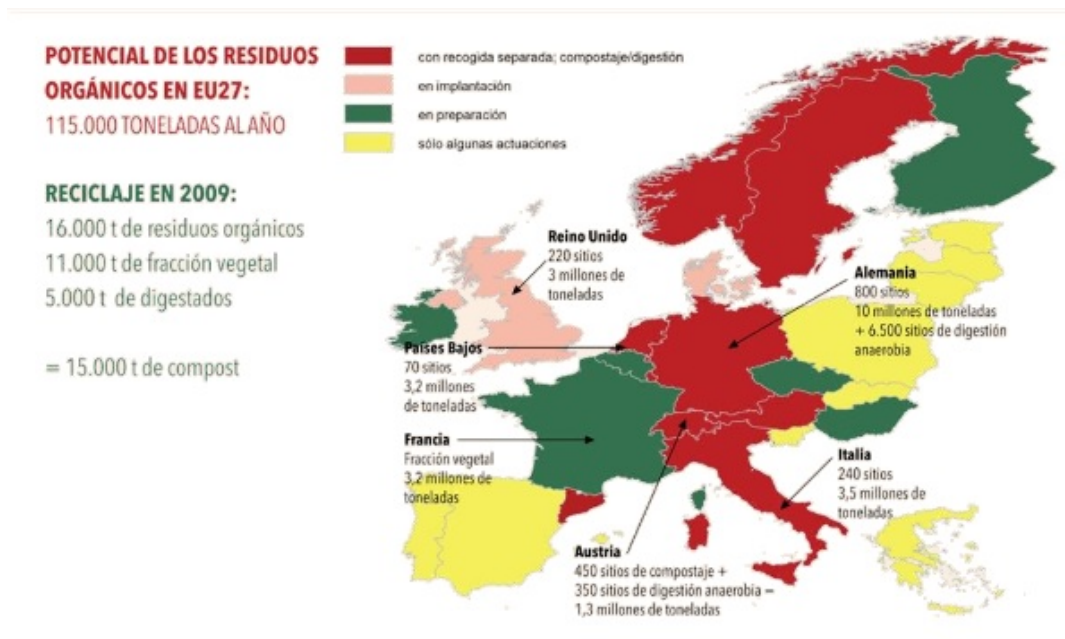


Figura 4. Estado de la gestión de biorresiduos en Europa. (MAGRAMA).

En países como Alemania, Austria o Italia las actuaciones son mayores, incluyendo recogida separada y compostaje o digestión, lo que implica un mayor número de plantas y por tanto mayores cantidades. Por el contrario, en países como Portugal o España apenas hay actuaciones en comparación. Cabe destacar también la situación de Reino Unido o Dinamarca, los cuales se observa que apuestan por la gestión y aprovechamiento de los biorresiduos con la implantación de plantas para su tratamiento.

- **A nivel nacional (España):**

Los datos correspondientes al año 2010 señalan que en España se generaron un total de 23,6 millones de toneladas de residuos domésticos y comerciales, de los cuales el 43,6% se trata de biorresiduos [13].

Por tanto haciendo una estimación se puede deducir que para dicho año se generaron alrededor de 10,3 millones de toneladas de biorresiduos. Estos datos concuerdan con los porcentajes de generación de residuos orgánicos de los distintos países según su desarrollo, presentados anteriormente.

En la Tabla 1 se puede observar que para el año 2012 constituye alrededor del 80% del total de RSU, y teniendo en cuenta una de las clasificaciones de biorresiduos citadas anteriormente y considerando la fracción orgánica de recogida separada (FORS), sin tener en cuenta la poda. Desglosando aún más estos datos, en la Tabla 2 se muestra cómo dentro de ese porcentaje un 64,27% se corresponde con residuos de alimentos.

Tabla 1. Resultados obtenidos en el flujo de FORS en 2012. (MAGRAMA).

CATEGORÍA	ANUAL
Envases ligeros	5,22%
PC (envase y no envase)	3,19%
Vidrio envase	1,25%
Materia orgánica biodegradable	81,43%
Otros residuos (menos PC no envase)	8,90%
TOTAL	100%

Tabla 2. Desglose de la categoría de MO biodegradable para el año 2012. (MAGRAMA).

CATEGORÍA	ANUAL
Restos de alimentos	64,27%
Restos de jardinería	13,88%
Celulósicos	2,92%
Otros materia orgánica	0,35%
TOTAL	81,42%

- **A nivel regional (Región de Murcia):**

Haciendo un análisis más concreto en la Región de Murcia, el resultado obtenido es que no hay datos oficiales suficientes de los residuos generados pero se estima el porcentaje de biorresiduos entre un 35-45% del total [14].

Como se puede observar, los datos respecto a las cantidades de residuos generados son muy escasos. Desde el año 2010 se empieza a tener datos oficiales a distintas escalas sobre todo en zonas más desarrolladas (Véase la Unión Europea a nivel mundial, o comunidades autónomas como Navarra o Cataluña, a nivel nacional [12]).

Pero para un mayor control y una mejor gestión hace falta mejorar las políticas al respecto y sobre todo hacer hincapié en la concienciación social, ya que al fin y al cabo es la población la que tiene en sus manos la capacidad de contribuir, y más especialmente en este caso donde los residuos a estudio se generan en gran parte en los domicilios particulares.

De esta manera se puede empezar a desarrollar instrumentos para favorecer la separación en origen y así poder tratar de manera más eficaz y menos costosa los biorresiduos.

Ello implicaría a su vez evitar la generación de tales residuos, especialmente en el caso de los residuos alimentarios, un punto fuerte sobre el que será interesante actuar cuando se traten los aspectos ambientales.

2.3. Aspectos ambientales

2.3.1. Jerarquía de gestión

El principal problema que genera un residuo es su propia existencia como tal. Es por eso que se buscan los medios necesarios para reducir esa problemática que genera, ya sea ambiental, económica o social. Para ello se actúa en base a los siguientes principios [15]:

1. **Prevención:** Medidas que reducen la posibilidad de sufrir un daño ambiental grave a pesar de que se ignore la probabilidad precisa de que esto ocurra. (“El mejor residuo es el que no se produce.”).
2. **Precaución:** Tomar medidas con el conocimiento del daño ambiental que puede producirse.

Acorde a esto, se establece una jerarquía [12, 16] en cuanto a las posibilidades de gestión de los residuos para cumplir ambos principios en la medida de lo posible. Así, el artículo 8 de la ley 22/2011, que coincide con la jerarquía europea de las operaciones de gestión de residuos (2008/98/CE), establece lo siguiente:

“1. Las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de residuos, aplicarán para conseguir el mejor resultado ambiental global, la jerarquía de residuos por el siguiente orden de prioridad

- **a) Prevención;**
- **b) Preparación para la reutilización;**
- **c) Reciclado;**
- **d) Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética; y**
- **e) Eliminación.”**

De tal manera que en primer lugar interesa prevenir la generación del residuo. Es por eso que esta actuación tiene que aparecer durante todo el proceso de un producto, no únicamente cuando se convierta en residuo, sino desde el mismo proceso de producción de dicho producto.

Cuando es imposible reducirlo, se tiende a la valorización [16] en sus tres dimensiones:

- **Reutilización:**
Es la primera opción, debe fomentarse siempre que sea posible y aceptable para evitar la generación de residuos, y poder usarlo o reintroducirlo al mercado como posible subproducto.
- **Reciclado:**
Si no es posible la reutilización, la siguiente categoría consiste en una transformación física o química de los materiales que lo componen para que pueda volver a ser utilizado como producto.

- **Valorización energética:**
 Cuando ninguna de las opciones anteriores sea posible, se procede a utilizar los propios residuos como combustible.

Centrados de nuevo en los biorresiduos, se puede tener en cuenta el segundo punto del artículo citado anteriormente siempre que fuera necesario:

“2. No obstante, si para conseguir el mejor resultado medioambiental global en determinados flujos de residuos fuera necesario apartarse de dicha jerarquía, se podrá adoptar un orden distinto de prioridades previa justificación por un enfoque de ciclo de vida sobre los impactos de la generación y gestión de esos residuos, teniendo en cuenta los principios generales de precaución y sostenibilidad en el ámbito de la protección medioambiental, viabilidad técnica y económica, protección de los recursos, así como el conjunto de impactos medioambientales sobre la salud humana, económicos y sociales, de acuerdo con los artículos 1 y 7.”

Y según la “Guía para la implantación de la recogida separada y tratamiento de la fracción orgánica” [12] del MAGRAMA se puede implantar una pirámide jerárquica específica para la gestión de los biorresiduos, que tal como representa la Figura 5 quedaría establecida de la siguiente manera:



Figura 5. Jerarquía de gestión de biorresiduos. (MAGRAMA).

Hay que destacar que sigue los principios básicos y el mismo orden en cuanto a la gestión sin olvidar que uno de los principales componentes de los biorresiduos son alimentos, ya que como indica la FAO en su informe “La huella del desperdicio de alimentos: impactos en los recursos naturales”, cada año se desperdician o pierden 1300 millones de toneladas de los alimentos que se producen en todo el mundo, lo que equivale a un tercio de los mismos [17].

Por tanto y atendiendo a esos datos, la prevención se puede desglosar en distintos apartados para evitar esas pérdidas de alimentos, como son la reducción en los excedentes de producción, donaciones de alimentos, o alimento para animales.

2.3.2. Normativa

Hasta el momento han ido apareciendo algunas leyes, planes y programas relacionados con los biorresiduos, ya sea para hacer referencia a su definición o gestión. Pero también existen normativas a distintos niveles que implican el cumplimiento de determinados objetivos:

- **Normativa europea:**

La principal es la ya citada **Directiva 2008/98/CE de Residuos**, en la que se incluyen los siguientes objetivos:

- Potenciar la recogida separada de biorresiduos con vistas al compostaje y la digestión de los mismos.
- Potenciar el tratamiento de biorresiduos, de tal manera que se logre un alto grado de protección del medio ambiente.
- Promover el uso de materiales ambientalmente seguros producidos a partir de biorresiduos.

Además, en la misma Directiva se recoge el objetivo siguiente:

“Antes de 2020, deberá aumentarse como mínimo hasta un 50 % global de su peso la preparación para la reutilización y el reciclado de residuos de materiales tales como, al menos, el papel, los metales, el plástico y el vidrio de los residuos domésticos y posiblemente de otros orígenes en la medida en que estos flujos de residuos sean similares a los residuos domésticos.”

Los biorresiduos se incluyen dentro de esos otros orígenes, que en un principio pueden o no incluirse. En el caso de España se incluyen exceptuando la fracción separada en las plantas de clasificación [18].

El cálculo de este 50% de peso se lleva a cabo con uno de los cuatro métodos establecidos por la Decisión de la Comisión 2011/753/CE, en el que de nuevo hace distinción para los biorresiduos. En este caso se considerarán para el cálculo [18] *“siempre y cuando el material resultante (compost) se utilice en beneficio de la agricultura o mejora ecológica de los suelos, pero no si tiene como destino la valorización energética o la eliminación. Por tanto el dato que se obtenga del cálculo hay que corregirlo multiplicando por la relación “compost utilizado en suelo / compost con otro destino”.*

A nivel europeo aparecen también aplicados a otras normativas [12] como:

Política Energética Europea, con el objetivo de ayudar en el cumplimiento de la producción de energía renovable mediante la producción de biogás.

Programa Europeo sobre el Cambio Climático, interviniendo en el objetivo de reducción de las cantidades de materia orgánica en vertederos, y además actuando en los suelos como sumidero de carbono, o la disminución de fertilizantes químicos.

Estrategia Temática para la Protección del Suelo, como recomendación para la promoción del uso de enmiendas orgánicas de calidad que potencien una gestión sostenible de la materia orgánica y su aplicación en el suelo, así como la de prevención de la contaminación de suelos.

Estrategia Temática sobre el Uso Sostenible de Recursos Naturales, como recomendación para el cierre del ciclo de materiales, usando eficientemente los recursos existentes y cumpliendo con la necesidad de parar la degradación de nuestros sistemas ecológicos por sobreexplotación, volviendo al funcionamiento cíclico que enseña la naturaleza.

Todas estas y otras normativas contribuyen a maximizar el reciclado y la recuperación de biorresiduos, y según la **Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo**, se esperaría obtener los siguientes beneficios:

- Supondría un ahorro financiero para los ciudadanos.
- Se evitaría la emisión de alrededor de 10 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que supondría una contribución del 4 % al objetivo de la UE para 2020.
- Podría alcanzarse alrededor de un tercio del objetivo de la UE para 2020 en materia de energías renovables en los transportes.
- El mercado del compost de calidad se multiplicaría por 2,6 y alcanzaría alrededor de 28 millones de toneladas.
- Permitiría el ahorro de recursos al sustituir por compost el 10 % de los fertilizantes fosfatados, el 9 % de los fertilizantes potásicos y el 8 % de los fertilizantes cálcicos.
- Gracias al compost se contribuiría a mejorar entre el 3 % y el 7 % de los suelos agrícolas empobrecidos de la UE y a solucionar el problema de la degradación de la calidad de los suelos europeos.

- **Normativa estatal:**

Destaca la **Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados**, que incluye un artículo específico para los biorresiduos, con los objetivos siguientes:

- La recogida separada de biorresiduos para destinarlos al compostaje o a la digestión anaerobia en particular de la fracción vegetal, los biorresiduos de grandes generadores y los biorresiduos generados en los hogares.
- El compostaje doméstico y comunitario.
- El tratamiento de biorresiduos recogidos separadamente de forma que se logre un alto grado de protección del medio ambiente llevado a cabo en instalaciones específicas sin que se produzca la mezcla con residuos mezclados a lo largo del

proceso. En su caso, la autorización de este tipo de instalaciones deberá incluir las prescripciones técnicas para el correcto tratamiento de los biorresiduos y la calidad de los materiales obtenidos.

- El uso del compost producido a partir de biorresiduos y ambientalmente seguro en el sector agrícola, la jardinería o la regeneración de áreas degradadas, en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales.

Además aparecen citados en otras normativas estatales [12] como:

Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, participando en el objetivo de reducir los residuos municipales biodegradables destinados a vertedero en hasta un 35% para el año 2016, respecto a los generados en el año 1995, para cumplir la **Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos**. Para ello se ha elaborado la **Estrategia Española de Reducción de Vertido de residuos municipales biodegradables**.

PNIR 2008-2015 (Plan Nacional Integrado de Residuos), por el cual se pretende:

- Aumentar el compostaje y la biometanización de la fracción orgánica recogida selectivamente.
- Incrementar la cantidad de fracción orgánica recogida selectivamente como mínimo a 2 millones de toneladas destinadas a instalaciones de compostaje o biometanización.

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

- **Normativa regional:**

A nivel regional, para todos los residuos en general (incluyendo los biorresiduos), es aplicable la **Orden MAM/304/2002**, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

En cuanto a planificación también se ve integrada dentro del **Plan Estratégico de la Región de Murcia 2014-2020**, sin embargo no se dispone de información en cuanto a ninguna normativa referente a la gestión o tratamiento de biorresiduos para la Región de Murcia [12].

Por otro lado, estos residuos pueden verse afectados de manera más indirecta por otras normativas, entre algunas:

- Directiva de nitratos.
- Política agrícola común.
- Directiva relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables.

- IPPC (Prevención y Control Integrado de la Contaminación), sólo aplicable a plantas de compostaje y digestión anaerobia con capacidad de tratamiento superior a 75 toneladas.
- Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes.

2.4. Problemática ambiental

Una vez comentadas las cantidades de biorresiduos que se pueden generar a lo largo de un año, es importante analizar los posibles problemas que éstos pueden causar tanto para la salud humana como para el medio ambiente. El principal problema es la generación de tales residuos, que se ve afectado principalmente por dos causas [19]:

1. Factores humanos, como pueden ser la sobrepoblación, el consumismo y diversas actividades humanas que han contribuido a que se vayan acumulando biorresiduos (y cada vez más) a lo largo de los años.
2. Falta de tecnología, ya que únicamente los países más desarrollados disponen de los medios para tratar y eliminar (en la medida de lo posible) estos residuos. Sin embargo, el uso de estas tecnologías no ha sido tan eficiente como cabría esperar ya que a su vez ha provocado la aparición de otros problemas.

Para entender mejor estos nuevos problemas que aparecen, hay que saber en qué procesos se ven implicados los biorresiduos y cuáles son sus posibles destinos. De tal manera se pueden encontrar tres tratamientos principales tras su generación:

1. Depósito en vertedero:

Son muchas las toneladas de basura que se generan diariamente, y esto se ve agravado a su vez por la sociedad consumista actual, por lo que es necesario disponer de vertederos donde depositar los residuos. Aunque su definición hable de instalaciones físicas utilizadas para la evacuación en tierra de los rechazos procedentes de los residuos sólidos, actualmente (y con el nombre de vertederos sanitarios controlados) se trata de “instalaciones ingenieriles para la evacuación de RSU, diseñada y explotada para minimizar tanto los impactos ambientales como los producidos sobre la salud pública”. Pero estos vertederos siguen siendo un gran problema, en concreto para el medio ambiente, afectando a suelo, paisaje, fauna, vegetación, agua y calidad del aire [20].

Entre todos los residuos, son los orgánicos [20] los que juegan un papel importante:

- Debido a reacciones biológicas: en una primera etapa se dan reacciones aerobias con emisiones de CO₂. Posteriormente en reacciones anaerobias se producen otros gases como CH₄, y trazas de NH₃ y H₂S.
- Debido a reacciones químicas: se produce una disolución en el lixiviado de productos de conversión biológica que formará parte del lixiviado. También se pueden dar reacciones de determinados compuestos orgánicos con los revestimientos de arcilla, alterando la estructura y permeabilidad del vertedero.

- Debido a reacciones físicas: por un lado se da la difusión lateral de los gases de vertedero, que se emiten a la atmósfera. Pueden causar problemas como olores, emisión o combustión del metano, y gases de efecto invernadero.

Por otro lado hay un movimiento del lixiviado hacia abajo del vertedero, que puede provocar su salida incontrolada y contaminar el suelo o las aguas subterráneas.

También se da la aparición de vectores sanitarios (ratas e insectos).

2. Incineración:

Es otro posible destino para este tipo de residuos, como alternativa a los combustibles fósiles para la producción de energía. Está basado en el procesamiento térmico mediante combustión con cantidades en exceso de oxígeno (entre 10 y 20% de exceso de aire) para garantizar la combustión completa [20].

En este proceso se obtienen como productos finales:

- Gases calientes de combustión (CO_2 , vapor de agua, SO_2 , CO , NO_x , N_2 , O_2).
- Ceniza, o rechazos no combustibles.

También aparecen emisiones líquidas procedentes de aguas residuales, aguas de mantenimiento, o purgas de las torres de refrigeración [20].

3. Tratamiento biológico:

Dentro de este tratamiento se puede encontrar dos opciones [21]:

- Digestión anaerobia o biometanización.

Consiste en acelerar artificialmente el proceso biológico de los residuos en ausencia de oxígeno. De esta manera se obtiene una mezcla de gases en la que predominan el metano y CO_2 (99% del total). Ese metano generado se puede utilizar para la producción de energía.

- Compostaje o abono orgánico:

Consiste en transformar la materia orgánica en compost que será utilizado posteriormente como fertilizante. Esta transformación se lleva a cabo en condiciones normales de oxígeno, y condiciones controladas de temperatura, humedad y pH. En función de la procedencia de los biorresiduos, el proceso para obtener el compost será distinto.

El principal problema que se puede encontrar en estos casos es la generación de malos olores y la presencia de vectores sanitarios, pero también los trabajadores se pueden ver afectados por la exposición a bio-aerosoles, entre los que se puede encontrar esporas fúngicas, bacterias o endotoxinas.

Como se puede observar, sea cual sea el destino que se dé a los biorresiduos, siempre se encontrarán unos problemas concretos [20-22] que se pueden resumir en los siguientes:

1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI):

El metano es el principal gas emitido pero no el único, al igual que los biorresiduos no son los únicos que generan estos problemas. De tal manera en la Figura 6 se puede ver la evolución de la generación de estos gases de efecto invernadero y destaca que la principal causa sea el tratamiento y la eliminación de residuos en general. Los datos representan los índices de evolución temporal con base 100 para el año 1990.

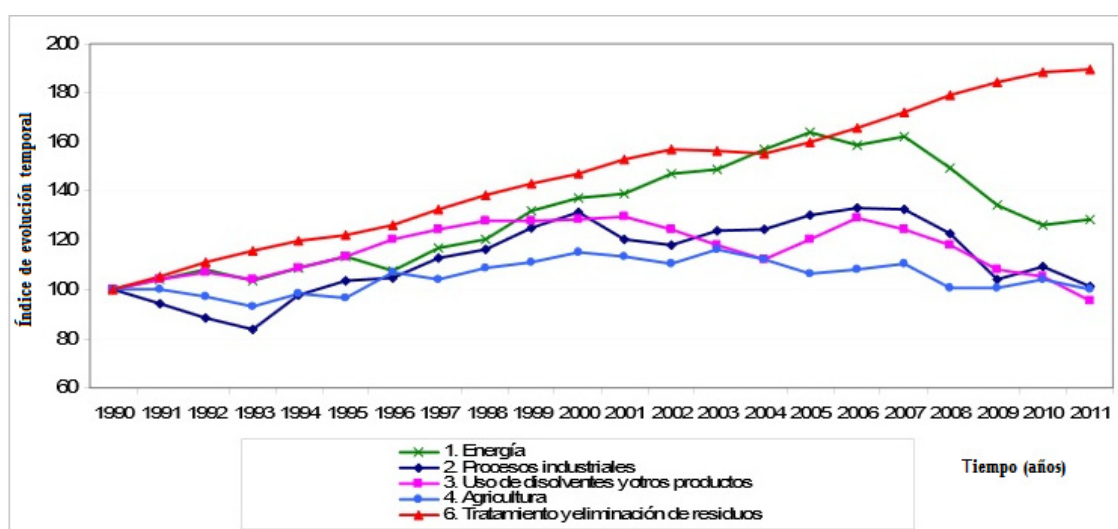


Figura 6. Evolución de las emisiones de GEI por grupos de actividad. (MAGRAMA).

A la vez, dentro de la eliminación de residuos, esta generación de gases de efecto invernadero proviene de distintos tratamientos como refleja la Tabla 3 como son el depósito en vertedero principalmente, o la incineración.

Tabla 3. Emisiones de GEI estimadas en 2010 (KTn CO₂-eq). (MAGRAMA).

GASES DE EFECTO INVERNADERO CATEGORIAS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kilotoneladas (Gg) equivalentes de CO ₂						
6. Tratamiento y eliminación de residuos	5,40	12.513,82	1.256,74				13.775,96
A. Depósito en vertederos	2,26	11.770,97	0,56				11.773,80
B. Tratamiento de aguas residuales		705,59	1.248,22				1.953,81
C. Incineración de residuos	3,14	0,52	7,93				11,59
D. Otros		36,74	0,03				36,77

2. Contaminación de suelo y aguas subterráneas

El lixiviado de vertederos es el principal causante de este problema.

3. Malos olores y aparición de vectores sanitarios

La mala gestión de los distintos destinos en que acaben los biorresiduos puede provocar esta situación.

- 4. Otros problemas no ambientales a tener en cuenta, como el difícil manejo y gestión o los costes que suponen en cuanto a gestión o transporte.

3. Alternativas de utilización de biorresiduos (Casos de estudio)

3.1. Posibilidades según sus características físicas y químicas

Como se ha podido ver hasta ahora, hay una jerarquía establecida para gestionar los biorresiduos que se producen. Pero ésta no es la única salida que se les puede proporcionar, ya que hay que tener en cuenta que se trata de un tipo de residuos que puede variar mucho en cuanto a su composición, y por tanto sus características físicas y/o químicas. Esto se debe a que (a pesar de que el TFG se ha centrado principalmente en los residuos domésticos) también se generan grandes cantidades de biorresiduos en distintas industrias. En este punto interesa recordar el artículo 8 de la Ley 22/2011, que en su punto 2 justifica realizar otro tipo de actividades relativas a la gestión de los residuos siempre que se trate de una opción mejor, a pesar de que se aleje de la jerarquía establecida en un principio.

Es por ello que se pueden realizar distintas clasificaciones para su gestión. Así, en la Figura 7 se muestra cómo se pueden gestionar los biorresiduos en función de su contenido en humedad.

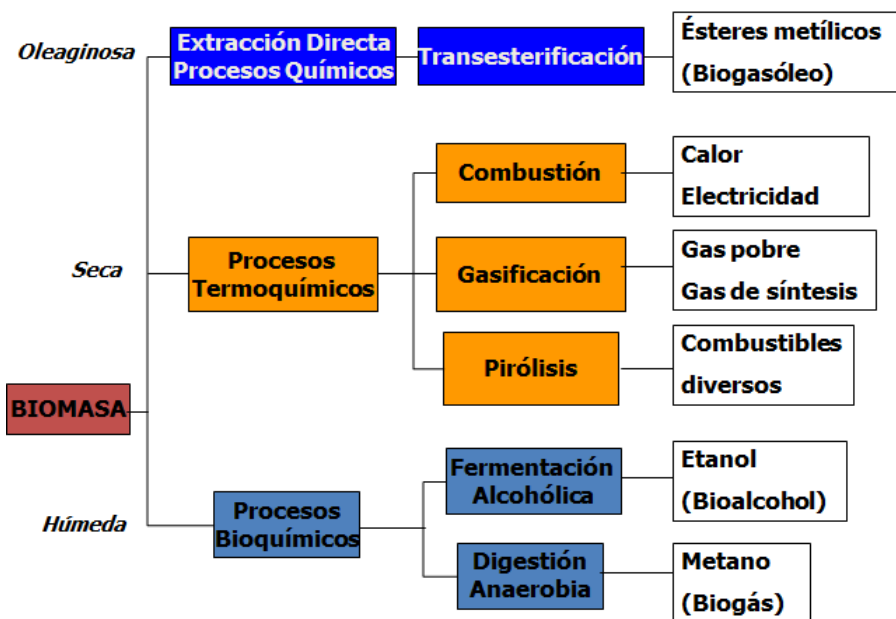


Figura 7. Gestión de biorresiduos en función de su contenido en humedad. (Hidalgo, A. Gestión de residuos T.4).

Por ejemplo, los biorresiduos oleaginosos tendrán como fin la obtención de biogasóleo por procesos de transesterificación. Mientras que los residuos secos podrán ser procesados mediante distintos procesos termoquímicos para la obtención de calor o electricidad, gas de síntesis o combustibles. Por otro lado, los más húmedos serán destinados a la obtención de bioalcohol o biogás por fermentación alcohólica o digestión anaerobia, respectivamente.

De igual manera, en la Figura 8 se puede ver que si se atiende no sólo a sus propiedades físicas sino también a las químicas, se pueden tratar de nuevo de manera distinta. Esto viene dado por el distinto origen del que provengan dichos residuos. Por ejemplo, los residuos forestales o agrícolas o de tales industrias tendrán un aprovechamiento de combustión en el hogar, mientras que residuos de industrias agroalimentarias o excedentes agrícolas serán destinados a combustión en motor tras sufrir distintos tratamientos.

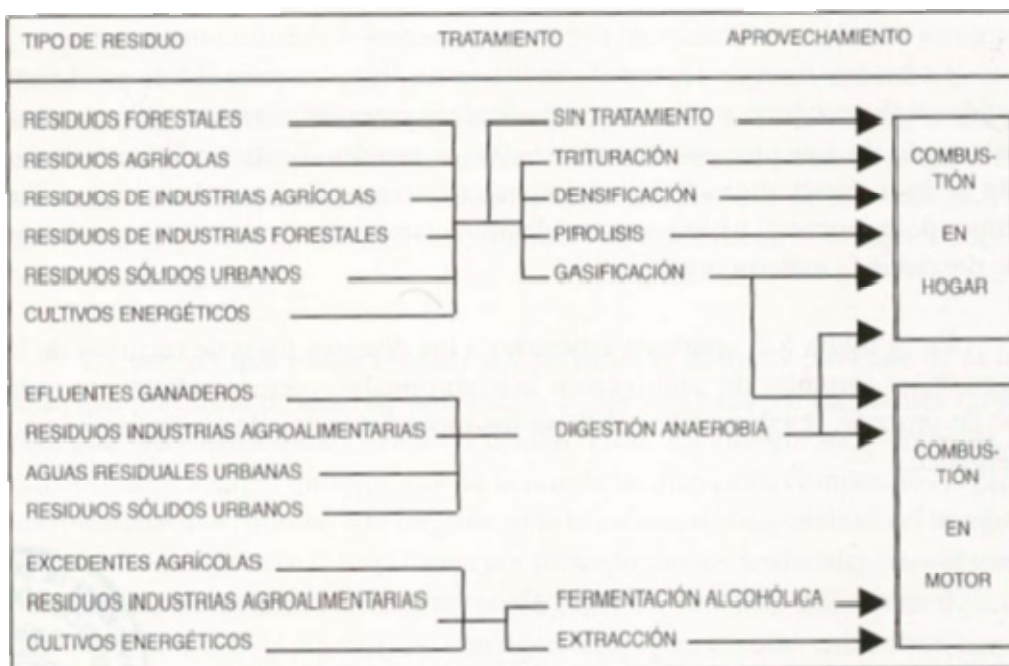


Figura 8. Gestión de biorresiduos en función de su origen.

3.2. Ejemplos de uso de biorresiduos

En el presente apartado se demuestran ejemplos de distintos destinos para biorresiduos aprovechando las propiedades de los mismos, y agrupados según la finalidad que se les otorgue.

- **Fabricación de materiales**

Ejemplo 1: Estudio de caracterización y valoración en la matriz de ladrillos de arcilla.

El estudio [23] expone cómo para fabricar ladrillos de arcilla se puede usar diversa cantidad de materiales con distintas propiedades físicas y/o químicas, lo que incluye también el uso de biorresiduos.

La cantidad de residuos añadidos en el presente estudio no supera el 10% del total del material, lo que le otorga distintas características, en función del tipo de residuo. Algunas propiedades de los residuos estudiados son:

- **Serrín:** Se utiliza como aditivo junto al poliestireno, añadido a la arcilla (en un 5%) para obtener aislamiento térmico y acústico. También tiene usos sin tratamiento en agricultura, como limpiar suelos o fabricar pellets que serán utilizados como recurso energético (calefacción).
- **Cenizas de caña de azúcar:** Se trata de los rechazos más comunes en países desarrollados. Contienen óxidos de silicio y aluminio principalmente. Ese es el motivo por el que no sirvan como agente formador de poros, pero sí como precursor de sílice. Hay investigaciones con hipótesis para la recuperación de estas cenizas, como alternativa a materias primas en la arcilla cerámica roja, y otras como la producción de briquetas para estufas y chimeneas, o material absorbente de metales pesados.

Entre los biorresiduos seleccionados en el estudio también se encuentran semillas de uva y de cereza, debido a sus características:

- **Semillas de uva:** Su clave es el alto contenido en polifenoles y aceites, lo que les hace un buen recurso para producir antioxidantes y aceites. Además, sin tratamiento pueden ser utilizadas en agricultura como fertilizantes, o biomasa en digestores anaeróbicos para la producción de biogás. También se pueden utilizar para la fabricación de aceites de gran calidad, ya que contienen antioxidantes y vitaminas, por lo que podrían sustituir a otros aceites, como el de girasol.
- **Semillas de cereza:** Se trata de los residuos más apropiados para la aplicación termoenergética. Además son usados para digestión anaeróbica para la obtención de biogás, usado para producir electricidad.

Como se puede observar, la biomasa agrícola es principalmente usada como materia prima como combustible. Pero en este estudio se proponen soluciones para la construcción, usando ladrillos cerámicos obtenidos sustituyendo materiales arcillosos con esta biomasa. Las conclusiones obtenidas del uso de estos biorresiduos son las siguientes:

- **Semillas de uva y cerezo:** Utilizadas en un 5% de material respecto al total tienen mejor resultados que el serrín, ya que mantienen las propiedades mecánicas del ladrillo cocido, y reducen el peso, lo que confirma que se trata de agentes formadores de poros.

- Cenizas de caña de azúcar: Utilizadas en un 5% provocan una reducción de la contracción (con respecto al material estándar) y sin reducir el peso, pero mejorando las propiedades mecánicas. Su alto contenido en sílice, además, reduce la plasticidad de la masa cerámica.

Por tanto, el uso de estos biorresiduos presenta distintas ventajas económicas y tecnológicas. Reduce los costes, el consumo de materia prima, y permite obtener ladrillos con distintas características mecánicas. Además se trata de un recurso local renovable, y disponible en cualquier lugar.

- **Fuente de energía**

Ejemplo 2: Influencia de los residuos sólidos urbanos orgánicos y su contenido en humedad en la pirólisis por microondas.

En este estudio [24] se presenta la pirólisis por microondas como aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) para la obtención de gas de síntesis ($\text{CO}+\text{H}_2$). En el mismo se demuestra cómo el uso de carbón derivado de residuos conduce a una reducción en la potencia necesaria de microondas y del coste económico del proceso.

El contenido de gas de síntesis de la fracción de gas que se produce en la pirólisis no es muy alto ya que se mezcla con grandes cantidades de CO_2 , CH_4 e hidrocarburos ligeros. Para mejorar la concentración de este gas de síntesis se propone la pirólisis catalítica, donde el papel del catalizador es romper los compuestos pesados para obtener gases más ligeros.

En este caso, el estudio demuestra que se obtiene el mismo resultado mediante la irradiación de microondas sin la necesidad de añadir un catalizador, pero no se puede realizar con cualquier material, ya que algunos son transparentes a estas microondas.

Para resolver este problema, se propone la adición de materiales ricos en carbono que actúen como absorbentes de microondas. Además el uso de RSU como fuente de carbono evita la adición de otros materiales que puedan aumentar el coste del proceso

La muestra seleccionada para este estudio fue una fracción orgánica de RSU suministrado por BEFESA (Sevilla) en dos formas, húmeda y seca.

Las conclusiones alcanzadas demuestran la posibilidad de utilizar el carbono obtenido de RSU para su uso como absorbente en el proceso de pirólisis por microondas. Con ello se reduce la potencia necesaria para la conversión a gas de síntesis y una mayor fracción del mismo (entre 80% y 94% de la fracción gas). Además la humedad juega un papel importante, ya que también favorece la producción de H_2 y CO_2 .

- **Como materia orgánica del suelo**

Otro destino de los biorresiduos puede ser para la mejora del suelo. Si se hace referencia al suelo de la Península Ibérica, y observando la Figura 9 se puede observar una clara falta de materia orgánica en prácticamente toda la Península, especialmente en zonas de clima mediterráneo como el que ocupa la Región de Murcia.

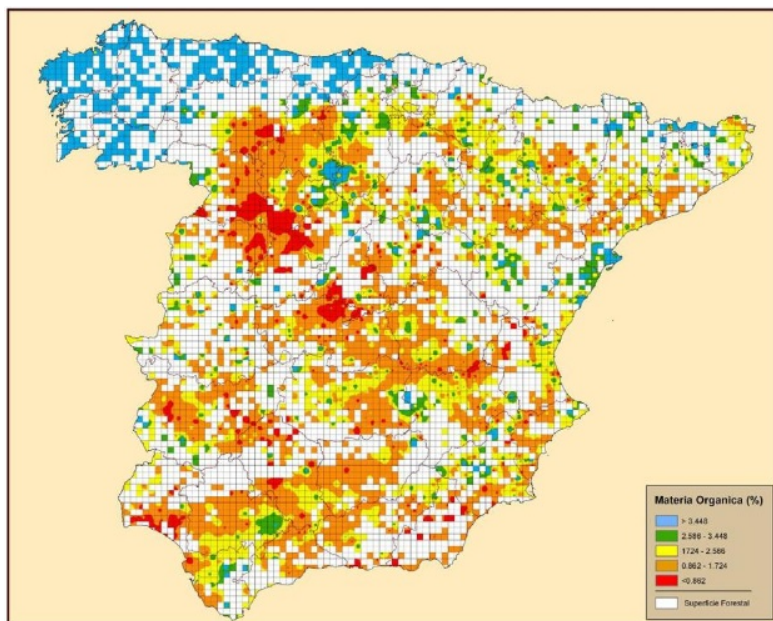


Figura 9. Contenido en Materia Orgánica del suelo peninsular. (MAGRAMA).

Es por ello que una aportación de materia orgánica a estos suelos puede ser un factor muy beneficioso y recomendable, y una buena forma de hacerlo puede ser a través de biorresiduos. Esta materia orgánica aportada se denomina MOE (Materia Orgánica Exógena) y se define como “toda aquella que se aplica al suelo con el objeto de favorecer el crecimiento óptimo de los cultivos, mejorar la calidad del suelo y restablecer o recuperar la tierra para su posible uso futuro” [12].

De igual modo se puede utilizar la MOE para recuperar suelos contaminados. A continuación se presentan algunos ejemplos de estudios referidos a la mejora o restauración de suelos con enmienda orgánica basada en biorresiduos. Se ha prestado más atención a esta forma de aprovechamiento de los biorresiduos ya que las enmiendas orgánicas (alperujo, maderas...) para la restauración del suelo constituyen una práctica más habitual dados los beneficios que aporta.

Ejemplo 3: Uso de alperujo para promover la cobertura vegetal en un suelo contaminado con elementos traza.

Estudio realizado en 50 km² de suelo de la Sierra Minera de la Unión-Cartagena (Murcia) [25]. Este suelo estaba contaminado con elementos traza, además de presentar factores adversos como la baja cantidad de nutrientes y verse afectado por un clima mediterráneo semiárido.

En el estudio se ha aprovechado la generación en grandes cantidades de residuos agroindustriales y agrícolas para la biorremediación del suelo contaminado favoreciendo el desarrollo de una cobertura vegetal de la especie autóctona *Bituminaria bituminosa*, y así establecer una base para la sucesión ecológica natural.

Dado que la industria de la oliva genera grandes cantidades de residuos en España y su principal subproducto es el alperujo, se ha compostado para obtener una enmienda orgánica de alta calidad, y se ha utilizado mezclado con estiércol.

Los resultados determinan que la adición del compost mejoró la biomasa microbiana del suelo y la concentración de carbono y nitrógeno, favoreciendo así el desarrollo de la cobertura vegetal. Estos valores fueron más positivos que los obtenidos en los casos control y los suelos tratados con fertilizantes.

Por tanto, se puede determinar según el estudio que la aplicación de compost es más efectiva que fertilizantes minerales que no estimulan el desarrollo de la planta.

Además, el estudio concluye que la combinación del compost y plantas autóctonas es útil para la fitoestabilización de suelos calcáreos moderadamente contaminados en condiciones semiáridas, siendo más eficaz que la fertilización inorgánica.

Ejemplo 4: Características del bio-carbón de leña y su aplicación en remediación de suelos contaminados.

El bio-carbón es producido por la descomposición de la biomasa en condiciones limitadas de oxígeno (pirólisis) y derivado de distintos materiales de origen muestra diferentes propiedades [26]. En el estudio se ha demostrado su efectividad con metales pesados y contaminantes orgánicos:

- En el caso de metales pesados, la adición al suelo de bio-carbón aumenta la carga negativa en la superficie del suelo, por lo que aumenta la interacción electrostática entre éste y la carga positiva de los metales pesados. En cuanto a la precipitación, el bio-carbón aumenta el pH del suelo que conduce a una disminución de la movilidad de estos metales.
- En el caso de contaminantes orgánicos, puede resumirse principalmente como adsorción superficial y partición. La adsorción se refiere a las interacciones que conducen a la adhesión de las moléculas contaminantes a la superficie del bio-carbón, mientras que la partición incluye la adsorción en ambas superficies y la partición de las moléculas contaminantes en los microporos del bio-carbón.

Las conclusiones obtenidas son que se trata de un uso beneficioso para la prevención del cambio climático. Mejora la producción de cosechas, la remediación de la contaminación ambiental y el reciclaje de residuos agrícolas. Hace que se produzca una mayor absorción de CO₂ por las plantas y secuestro de C, y ayuda a eliminar contaminantes y mejorar las propiedades del suelo.

Ejemplo 5: Técnica para la restauración de espacios aterrazados en ambientes semiáridos.

La ejecución de las terrazas supone la pérdida de la capa superficial del suelo, por lo que se incrementa el contenido en materia orgánica para evitar el sellado del suelo. Para la ejecución de esta actuación se seleccionaron dos hectáreas de terrazas con problemas de sellado y/o bajo contenido en materia orgánica [27].

La materia orgánica seleccionada como enmienda fue de origen local y constaba de una mezcla de estiércoles con madera de pino carrasco astillada procedente de trabajos forestales del Parque Regional El Valle-Carrascoy.

Tras tomar muestras en 30 puntos a los 3 meses de realizarse la enmienda orgánica, los primeros resultados indicaban que el Carbono orgánico en las parcelas con dicha enmienda era tres veces superior a las parcelas sin enmienda.

Las conclusiones de la actuación afirman que las enmiendas orgánicas tienen efectos beneficiosos en la calidad del suelo incluso a corto plazo, además de que el contenido en carbono orgánico disminuye en menor medida en los suelos que han recibido las enmiendas orgánicas. El contenido en Nitrógeno Total también es mayor en las parcelas con enmienda. Además el contenido en macronutrientes también aumenta, concretamente en K, Mg y Na, y el P asimilable es mucho mayor. El efecto inmediato de la adición de la enmienda es el aumento en la disponibilidad de los nutrientes, y destaca el hecho de que no afecta al pH del suelo.

Ejemplo 6: Evaluación de la eficiencia de la fitoestabilización en suelos contaminados con elementos traza usando indicadores de calidad del suelo.

Este estudio [28] está basado en el uso de biorresiduos además de purines y otras enmiendas, y una especie autóctona para la fitoestabilización de suelos contaminados en climas semiáridos, más concretamente en suelos mineros de El Llano del Beal (Murcia).

Para ello, se distribuyeron tratamientos distintos aleatoriamente en 12 parcelas, y en cada una se destinó una superficie para plantar *Atriplex halimus L.* Los tratamientos fueron la adición de compost de residuos de oliva molida, purines, e hidratos de cal modificada para observar los distintos efectos sobre el suelo contaminado.

Los resultados obtenidos del estudio 2 años y medio después muestran una cierta heterogeneidad en el pH y porosidad del suelo, debido a la heterogeneidad mineralógica del suelo y la trayectoria de la escorrentía superficial. La concentración de carbono es mayor en suelos tratados con compost, y aún más con la presencia de la vegetación. El mismo efecto se ve en los suelos tratados con purines, mientras que en los suelos en los que se añadió hidrato de cal modificada no se observa este efecto.

Por tanto, las conclusiones que se obtienen en el estudio son que la aplicación de enmiendas en suelos contaminados, entre ellas la producida por biorresiduos (residuos de oliva molida), llevan a una reducción de los posibles riesgos asociados a esa contaminación. El descenso de la toxicidad junto a la suplencia de los nutrientes esenciales promueve el desarrollo de una cobertura vegetal estable que a su vez favorece la regeneración del suelo. En este caso, el uso de biorresiduos al igual que el de purines combinados con *A. halimus* favorecen una fitoestabilización para mejorar el estado de suelos contaminados con elementos traza. Esta misma restauración se puede llevar a cabo en suelos de climas similares.

Conclusiones

Una vez realizada la revisión bibliográfica se ha comprobado cómo los biorresiduos constituyen un grupo importante de residuos, tanto por su generación, como gestión y normativa aplicable, que pueden tener diferentes aprovechamientos incluyendo las posibilidades de valorización de los mismos. Las conclusiones que se obtienen, por tanto, son las siguientes:

1. Se ha detectado que existe gran cantidad de información disponible en la red relacionada con estos temas, de la cual una vez realizado el filtro teniendo en cuenta la veracidad de la fuente, los artículos consultados han representado en los casos más favorables el 5% de las fuentes, mientras que los elementos útiles, respecto a los consultados, han estado comprendidos entre el 4 y el 20%.
2. Al analizar los datos relacionados con las cantidades de este tipo de residuos se ha comprobado que se generan grandes cantidades de biorresiduos en todo el mundo, pero los datos de éstos son relativamente escasos. Sí se puede afirmar que las cantidades varían en función del nivel de desarrollo de cada país, siendo el porcentaje de residuo orgánico del orden del 70% en los países subdesarrollados (en las regiones de Sudamérica, Asia y África), y del 30% en los países más desarrollados de la Unión Europea. Aunque en la mayoría de los países europeos se controlan las cantidades por lo que se puede hablar de datos exactos, no ocurre lo mismo en España o la Región de Murcia, donde apenas hay datos relativos a las cantidades generadas.
3. Se ha encontrado que a pesar de que la normativa europea obligará a valorizar el 50% de la materia orgánica en 2020, solo una comunidad autónoma (Cataluña) ha legislado la obligatoriedad de la recogida selectiva. Por lo que se comprueba que es necesario desarrollar instrumentos legislativos para llevar a cabo una correcta gestión.
4. Se ha comprobado que el principal problema ambiental de la presencia de restos orgánicos en vertederos son las emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano, además de la posible contaminación de acuíferos por los lixiviados producidos y los malos olores en las zonas próximas habitadas.
5. El hecho de que los biorresiduos posean gran cantidad de materia orgánica permite además de poder aplicar la jerarquía establecida, que puedan ser aprovechados de distinta forma teniendo en cuenta sus propiedades físico-químicas. De tal manera se han realizado ensayos a escala de laboratorio en los cuales se utilizan para la fabricación de materiales, como fuente de energía y sobre todo como enmienda orgánica para mejorar el suelo, siendo esta última una técnica muy extendida los últimos años y dando grandes resultados.

Agradecimientos

M.D. Murcia fue beneficiaria de la beca Juan de la Cierva de MICINN.

Bibliografía

[1] Ecoticias.com. 2011. Los biorresiduos. *Ecoticias*. Disponible en <http://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/59145/> (accedido el 5 de febrero de 2014).

[2] Diario oficial de la Unión Europea. 2008. Directiva Marco 2008/98/CE sobre los residuos. Parlamento Europeo. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/Directiva_Marco_2008_98_CE_sobre_los_residuos_tcm7-3846.pdf (accedido el 2 de febrero de 2014).

[3] Comité Económico y Social Europeo. 2009. Libro verde sobre la gestión de biorresiduos en la Unión europea. Disponible en http://eurored.ccoo.es/comunes/recursos/99999/doc16296_Dictamen_del_CESE_1465-2009.pdf (accedido el 6 de febrero de 2014).

[4] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Biorresiduos. Calidad y evaluación ambiental. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/> (accedido el 5 de febrero de 2014).

[5] Martínez Orgado C. Condiciones para los vertederos del Siglo XXI. Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. Disponible en <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/63609544-1769-4884-AAF8-BB619BAD3DF5/159970/CarlosMtnezOrgado1.pdf> (accedido el 6 de febrero de 2014).

[6] Waste Management World. 2012. Global municipal solid waste to double by 2025. Disponible en <http://www.waste-management-world.com/articles/2012/07/global-municipal-solid-waste-to-double-by-2025.html> (accedido el 16 de febrero de 2014).

[7] El Ecologista. La basura se integra de los materiales que desechamos y que pueden tener algún valor dependiendo de su origen y composición. Disponible en http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=31&Itemid=5 (accedido el 6 de febrero de 2014).

[8] World Bank. Waste composition. Disponible en <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap5.pdf> (accedido el 10 de febrero de 2014).

[9] Prieto G. 2013. ¿Quién genera más basura? mapa mundial de los residuos urbanos. *Geografía Infinita*. Disponible en <http://geografiainfinita.com/2013/11/15/quien-genera-mas-basura-mapa-mundial-de-los-residuos-urbanos-2/> (accedido el 16 de febrero de 2014).

[10] Wilso D, Scheinberg A & Rodic L. Global challenges of managing organic waste. Waste Management World. Disponible en <http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-12/issue-1/features/global-challenges-of-managing-organic-waste.html> (accedido el 10 de febrero de 2014).

[11] Ruiz Saiz-Aja M. 2013. El marco normativo comunitario sobre recuperación de residuos orgánicos y la situación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y

Medio Ambiente. Disponible en [http://www.ccoo.es/comunes/recursos/1/1703088-Ponente Margarita Ruiz..pdf](http://www.ccoo.es/comunes/recursos/1/1703088-Ponente_Margarita_Ruiz..pdf) (accedido el 10 de febrero de 2014).

[12]Rodríguez A & Ruiz M. 2013. Gestión de biorresiduos de competencia municipal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/GUIA_MO_DEF_tcm7-285227.pdf (accedido el 11 de febrero de 2014).

[13]Gobierno de Navarra. 2011. Los biorresiduos, objetivo prioritario. Boletín de residuos. Disponible en http://issuu.com/medioambientenavarra/docs/4castellano_aac8ff84859b1a/12 (accedido el 10 de febrero de 2014).

[14]CARM. 2008. Plan estratégico de residuos de la Región de Murcia. Dirección General de Calidad Ambiental. Disponible en [http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=6425&IDTIPO=100&RASTRO=c503\\$m4688.5179.6400](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=6425&IDTIPO=100&RASTRO=c503$m4688.5179.6400) (accedido el 20 de febrero de 2014).

[15]Wikipedia. Principio de precaución y de prevención. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_precauci%C3%B3n (accedido el 24 de marzo de 2014).

[16]Gestión-Calidad consulting. 2009. Principios generales en la gestión de residuos. Disponible en <http://www.gestion-calidad.com/gestion-residuos.html> (accedido el 24 de marzo de 2014).

[17]El-Hage Scialabba N. 2013. Food wastage footprint. Departamento de gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la FAO. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/FAO_FWF_ES_Presentation_2_Sept_2013_ES_web.pdf (accedido el 2 de Mayo de 2014).

[18]AmbiNor. 2014. Tenemos la obligación de reutilizar o reciclar el 50% de los residuos domésticos; pero ¿sabemos lo que implica?. Disponible en <http://www.ambinor.com/cat-ambinor/tenemos-la-obligacion-de-reutilizar-o-reciclar-el-50-de-los-residuos-domesticos-pero-sabemos-lo-que-implica/> (accedido el 24 de marzo de 2014).

[19]Planética. 2011. El problema de los residuos y su solución. Directorio de productos ecológicos, información sobre ecología cuidado y protección del medio ambiente. Disponible en <http://www.planetica.org/el-problema-de-los-residuos-y-su-solucion> (accedido el 26 de febrero de 2014).

[20]Hidalgo A. 2013. *Tema 2: Gestión de RSU*. Universidad de Murcia.

[21]Uned. El tratamiento de los residuos. Gestión y tratamiento de los residuos urbanos. Disponible en <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina4.htm> (accedido el 2 de marzo de 2014).

[22]Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Inventario de Gases de Efecto Invernadero en España. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei->

[/Sumario inventario GEI Espa%C3%B1a - Serie 1990-2011 tcm7-1741.pdf](#) (accedido el 26 de febrero de 2014).

[23] Barbieri L, Andreola F, Lancellotti I & Taurino LR. 2013. Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorization in clay matrix bricks. *Waste Management* vol 33: 2307-2315.

[24] Beneroso D, Bermúdez JM, Arenillas A & Menéndez JA. 2014. Influence of the microwave absorbent and moisture content on the microwave pyrolysis of an organic municipal solid waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* vol 105: 234-240.

[25] Pardo T, Martínez-Fernández D, Clemente R, Walker DJ & Bernal MP. 2014. The use of olive-mill waste compost to promote the plant vegetation cover in a trace-element-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research* vol 21: 1029-1038.

[26] Tang J, Zhu W, Kookana R & Katayama A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering* vol 6: 653-659.

[27] Sánvez-Balibrea JM, Barberá GG, Blanco-Bernardeau A, López Barquero P, López D & Del Campo R. 2012. *Manual de técnicas para la restauración de espacios aterrizados en zonas semiáridas. Gestión del territorio en medios semiáridos (II): prevenir, mitigar y combatir la degradación del suelo*. Murcia: ANSE y Fundación Biodiversidad dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. I.S.B.N.: 978-84-695-6660-2.

[28] Pardo T, Clemente R, Epelde L, Garbisu C & Bernal MP. 2014. Evaluation of the phytostabilisation efficiency in a trace elements contaminated soil using soil health indicators. *Journal of Hazardous Materials* vol 268: 68-76.