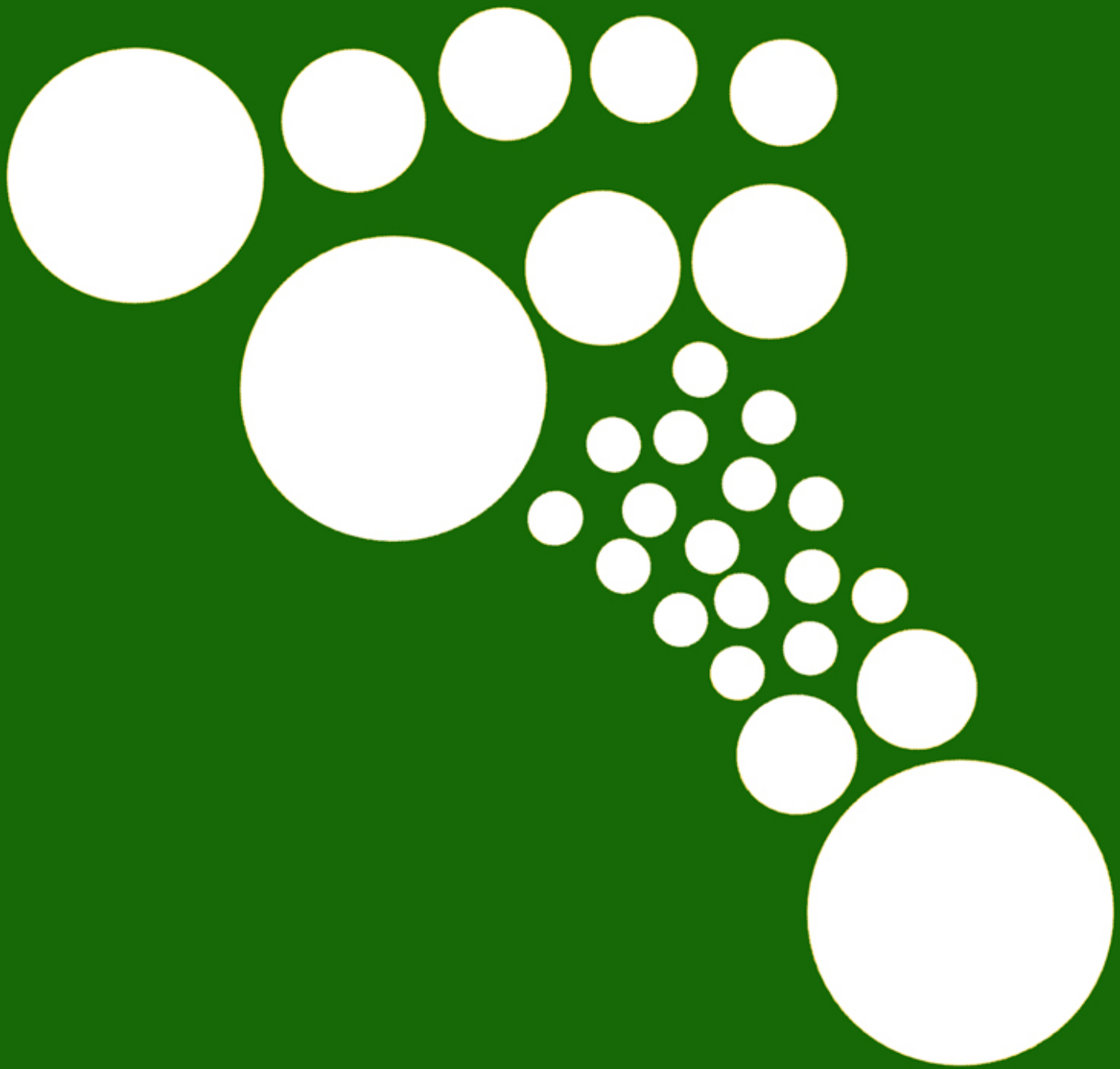
El compostaje: receta para reducir la huella de carbono en España

Comparativa de la huella de carbono de los distintos sistemas de gestión de los residuos orgánicos municipales mediante diferentes escenarios de recogida y tratamiento.



Amigos de la Tierra

Con la colaboración de:

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Fundación Biodiversidad

El Compostaje: Receta para Reducir la Huella de Carbono en España

Comparativa de la huella de carbono de los distintos sistemas de gestión de los residuos orgánicos municipales mediante diferentes escenarios de recogida y tratamiento

Estudio encargado por:

Amigos de la Tierra

Estudio realizado por:

INCLAMCO2

Noviembre de 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
2. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO 5
3. ESCENARIOS 5
4. METODOLOGÍA 5
5. ALCANCE 5
6. UNIDAD FUNCIONAL 6
7. FACTORES DE EMISIÓN 6
8. EMISIONES DE GEI SEGÚN EL REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR) E INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES (INE) 6
9. UNIDAD TERRITORIAL DE GESTIÓN Y ANÁLISIS INSTALACIONES 8
10. ASUNCIONES E HIPOTESIS 9
11. DIAGRAMAS DE PROCESO 12
12. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO POR ESCENARIOS 14
12.1. PLANTA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA / INCINERACIÓN 14
12.1.1 .DATOS DE ACTIVIDAD 14
12.1.2 CÁLCULO DE EMISIONES 15
12.2. VERTEDERO URBANO 16
12.2.1 . DATOS DE ACTIVIDAD 16
12.2.2 CÁLCULO DE EMISIONES 17
12.3. PLANTA DE BIOESTABILIZACIÓN (RECOGIDA NO SELECTIVA) 18
12.3.1 . DATOS DE ACTIVIDAD 18
12.3.2 CÁLCULO DE EMISIONES 20
12.4. PLANTA DE COMPOSTAJE (RECOGIDA SELECTIVA) 21
12.4.1 . DATOS DE ACTIVIDAD 21
12.4.2 CÁLCULO DE EMISIONES 21
12.5. COMPOSTAJE DOMÉSTICO 22
13. COMPARATIVA 22
14. AHORRO DE EMISIONES 23
15. POTENCIAL DEL COMPOST COMO "SUMIDERO" DE CO2 24
16. CONCLUSIONES 27
17. BIBLIOGRAFIA 29

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los residuos constituyen uno de los problemas ambientales más graves de la sociedad moderna actual y en especial de las más industrializadas. En el panorama nacional existe una deficiente gestión de los residuos que genera una situación ambiental cuya gravedad va en aumento. Dicha deficiencia se pone de manifiesto en todos los eslabones de la cadena de gestión de los residuos, desde una presión excesiva en el uso de recursos naturales, el sobreconsumo, una falta de concienciación ciudadana y la ineficiencia en los sistemas de recogida y tratamiento.

Es difícil una evaluación de la situación real actual debido a la falta de homogeneización de los datos de partida, difiriendo las cifras publicadas según el organismo oficial consultado.

España ocupa la decimosegunda posición de los países de la Unión Europea en peor gestión de residuos municipales según un informe presentado por la Comisión Europea en 2012.[1] En términos absolutos, de los casi 23 millones de toneladas de residuos municipales generadas en España en 2011, cerca del 63,1% se destinaron a vertedero.[2] Cada español produjo 531 kilogramos de residuos municipales.[3]

En términos relativos (kg/hab), la distribución de los residuos municipales gestionados por los distintos sistemas de tratamiento muestra, según Eurostat, una situación, similar a la de los valores absolutos. El depósito en vertedero también fue el destino de la mayor cantidad de residuos por habitante que se trataron; un 58% de los residuos fue a vertedero, un 9% a incineración, un 15% fue reciclado y un 18% compostado)[3].

La fracción orgánica, con la que se hace compost, apenas se recoge selectivamente en España. Algunas ciudades como Barcelona gestionan la recogida selectiva de este tipo de residuos mediante cubos marrones y otras localidades en Euskadi hacen recogida puerta a puerta. Sin embargo, no es exigida legalmente este tipo de separación selectiva en origen. Por lo tanto, la fracción resto o mixto municipal tiene un destino y tratamiento según el municipio y la Comunidad Autónoma.

No obstante, el artículo 22 de la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados establece un objetivo de 50% de reciclado para residuos domésticos y comerciales que deben ser alcanzados antes de 2020. Esta ley también define compost como la enmienda orgánica obtenida a partir del tratamiento biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente. Por ello, ni tan siquiera se considerará compost el material orgánico obtenido de las plantas de tratamiento mecánico biológico de residuos mezclados, que se denominará *material bioestabilizado.*

En la siguiente tabla se muestran las entradas de residuos urbanos según tipo de instalación atendiendo a los datos estadísticos publicados por el MAGRAMA en 2011.

Categoría de instalación	Volumen (t) de entrada de residuo (2011)
Instalaciones de clasificación de envases	654.544
Instalaciones de triaje y compostaje	579.709
Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente	722.831
Instalaciones de triaje y compostaje	7.699.833
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	2.848.994
Instalaciones de incineración *	2.208.963
Vertederos **	14.628.946
TOTAL	**29.343.820**

***** y ******: Estos datos tienen en cuenta la entrada de residuo municipal mezclado y rechazos de otras plantas e instalaciones.

Fuente: Anuario estadístico 2012 (datos de 2011). MAGRAMA.

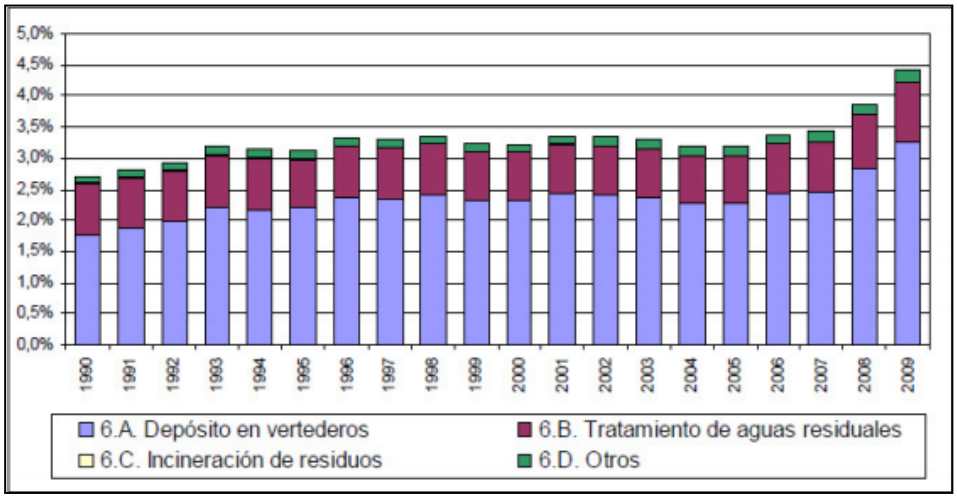
[1] SCREENING OF WASTE MANAGEMENT PERFORMANCE OF EU MEMBER STATES. European Commission. Brussels.
[2] Perfil ambiental de España 2012 – Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
[3] EUROSTAT (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-04032013-BP/EN/8-04032013-BP-EN.PDF)

Asimismo, es importante afrontar esta problemática desde el punto de vista de la lucha contra el cambio climático. Esta realidad, así como atajar otras formas de degradación medioambiental, debe contemplarse como una oportunidad para la modernización de la sociedad de tal manera que se generen economías compatibles con un planeta finito.

Actualmente existe una apuesta mundial para luchar contra el cambio climático, siendo la línea de trabajo que debemos seguir la de conseguir una disminución de gases de efecto invernadero (GEI). La visión tanto internacional como nacional es apostar por una sociedad baja en carbono. Analizando los sectores más incidentes y con potencial de actuación podrán desarrollarse políticas y medidas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

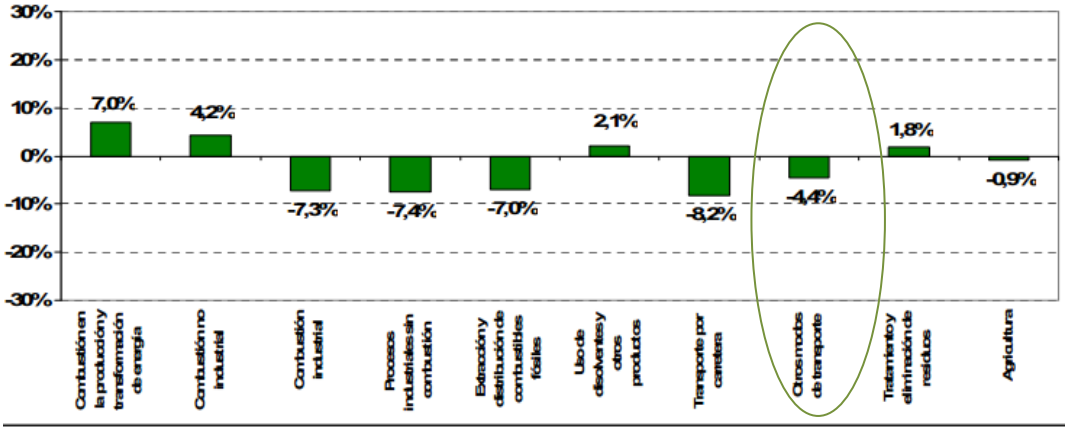
El sector Residuos contribuye actualmente con el 5% a las emisiones totales de GEI a nivel Nacional, siendo una de sus principales fuentes los procesos de descomposición de la materia orgánica de los vertederos[4]. Según datos de la Oficina de Cambio Climático Española, el potencial de reducción en este sector es ingente. Eliminando por completo la deposición a vertedero de sustancias biodegradables y aplicando correctamente la jerarquía de residuos podríamos obtener en el sector un saldo negativo en cuanto a emisiones de GEI.

Gráfica 1: Porcentaje de emisiones CO2-eq (Gg) por categoría respecto al total del Inventario GEI Nacional 2009.



Fuente: Inventario GEI Nacional 2009

Según el informe "Avance Emisiones GEI 2012" publicado por el MAGRAMA, destaca que dentro del grupo llamado "Tratamiento y eliminación de residuos" los procesos más destacados por su contribución a las emisiones GEI en el año 2011 fue el depósito en vertederos (78,5%) y los distintos tratamientos de incineración (6,6%).



Gráfica 2: Variación relativa de emisiones en 2012 por fuente de emisión respecto del Inventario GEI Nacional 2011.

[4] "Informe Inventario GEI 1990-2009" Sector Residuos. Oficina de Cambio Climático Española. MAGRAMA.

En 2012 se estima un aumento de las emisiones con relación a las contabilizadas el año anterior de aproximadamente 0,3 millones de toneladas de CO_2-eq. En términos de Avance Emisiones GEI 2012, con datos a 30 de abril de 2013 relativos, supone un incremento del 1,8%[5].
Atendiendo a estos datos, es obvia la importancia de aplicar medidas de reducción de GEI en la gestión de residuos. El punto de partida es medir y conocer dichas emisiones e implantar sistemas que permitan su reducción.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO: El presente documento recoge el estudio comparativo a nivel nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de la simulación de los diferentes sistemas de recogida de residuos orgánicos (selectiva y no selectiva) y tratamiento de los mismos mediante los sistemas tradicionales (incineración y vertedero) así como compostaje.

Bien conocidas son las importantes ventajas del compostaje de residuos orgánicos: reducción en el uso, recuperación y reciclaje de recursos naturales; reducción de la cantidad de residuos destinados a vertedero e incineración; uso de compost para recuperación de niveles de materia orgánica de los suelos y contribución a la lucha contra los procesos de desertización y erosión; cierre del ciclo de la materia orgánica; disminución de la contaminación ambiental por lixiviados de vertederos y emisiones por incineración.

Este estudio aporta, además, una visión importante asociada a las ventajas ambientales desde el punto de vista de la lucha contra el cambio climático, descubriendo cómo el compostaje puede jugar un papel importante tanto en el sector residuos como en la lucha contra el cambio climático.

3. ESCENARIOS: Este estudio muestra las emisiones de GEI generadas en la simulación de los diferentes sistemas de recogida y tratamiento de residuos orgánicos municipales: la valorización energética (incineración), el vertedero urbano, la bioestabilización en planta de residuos municipales mezclados (no recogidos selectivamente)[6], el compostaje en planta de residuo orgánico recogido selectivamente en el municipio y el compostaje descentralizado (doméstico y comunitario).

Para ello se han simulado los recorridos y procesos que el residuo orgánico generado en territorio nacional seguiría para alcanzar los diferentes tratamientos de residuos disponibles por separado. De esta manera, se han generado las diferentes hipótesis posibles analizadas a continuación en el estudio.

4. METODOLOGÍA: La metodología seguida para este estudio combina la Norma **PubliclyAvailableSpecification 2050:2011 (PAS 2050:2011)** elaborada por el *British Standard Institute (BSI)* junto con la Metodología para los proyectos de tratamiento de residuos del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO_2) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y las herramientas y el Protocolo de Cálculo de huella de carbono de *Enterprises pour l´Environment* (EPE).

5. ALCANCE: El presente estudio abarca el ciclo de vida completo[7] del sistema de tratamiento desde el punto de generación de residuo (municipio) hasta la finalización de su respectivo tratamiento (salida del producto: compost, material bioestabilizado o residuo) en los siguientes escenarios:

1. PLANTA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA / INCINERACIÓN
2. VERTEDERO URBANO
3. PLANTA DE BIOESTABILIZACIÓN (recogida no selectiva)
4. PLANTA DE COMPOSTAJE (recogida selectiva)
5. COMPOSTAJE DESCENTRALIZADO

[5] Avance de la estimación de emisiones GEI 2012. http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Avance_Emisiones_GEI_2012_tcm7-285604.pdf

[6] Según la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados se ha actualizado la denominación de estas plantas debido a que el producto resultante no puede considerarse compost. Por ello en este documento se ha utilizado la denominación "planta de bioestabilización". Sin embargo, en parte de la documentación revisada y publicada previa a esta ley, estas plantas son denominadas oficialmente ""instalaciones o plantas de compostaje".

[7] Como se explica en el apartado 8, no existen datos suficientes para calcular la huella de carbono debida a las emisiones de CO_2 y/o CH_4 en plantas de incineración y vertederos urbanos para materia orgánica.

Únicamente se han considerado los residuos municipales, quedan excluidos los residuos de lodos, restos de poda etc. debido a la diferencia en la recogida y gestión de dichos residuos en cada comunidad autónoma.

6. UNIDAD FUNCIONAL: La unidad funcional escogida es 1 kg de residuo orgánico en los diferentes escenarios definidos.

7. FACTORES DE EMISIÓN: Atendiendo a la metodología de cálculo de huella de carbono utilizada, Norma Publicly Available Specification 2050:2011 (PAS 2050:2011), se realiza un balance de masas de emisiones de CO_2 equivalente[8] para los escenarios estudiados.

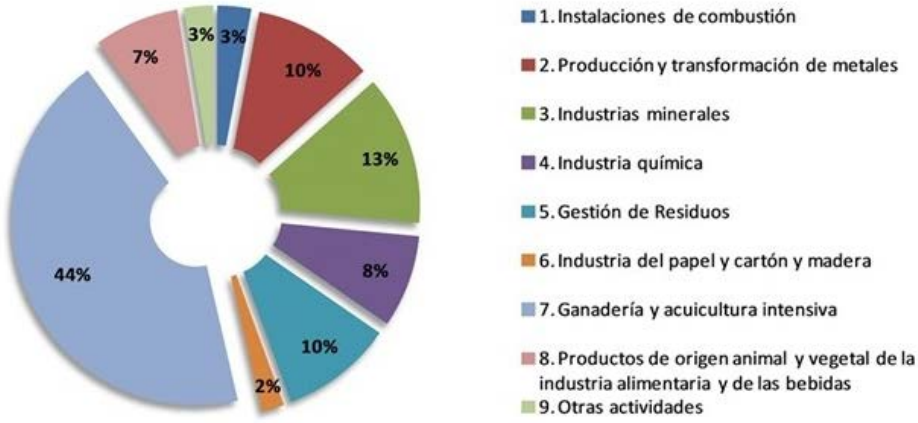
Tabla: Factores de emisión por actividad y fuente

Actividad	Fuente emisora	Factor Emisión	Unidad	Fuente Bibliográfica
Transporte	Camión conducción mixta 3,5 t	397,25	g CO2e/km	Oficina Catalana de Cambio Climático
Transporte	Camión conducción mixta 7,5 t	487,52	g CO2e/km	Oficina Catalana de Cambio Climático
Transporte	Camión diesel rígido 7,5-12 t conducción interurbana	533,71	g CO2e/km	Oficina Catalana de Cambio Climático
Agua	Captación en red	1,04	Kg CO2e/m^3	DEFRA, 2012
Electricidad	Mix energético	0,34	t CO2e/MWh	IDAE, 2012

8. EMISIONES DE GEI SEGÚN EL REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR) E INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES (INE)

Se han analizado los datos publicados en el PRTR-España (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes)[9], mediante el cual es registrada y publicada toda la información sobre las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo de las sustancias contaminantes y datos de transferencias de residuos de las principales industrias y otras fuentes puntuales y difusas, de acuerdo a lo establecido en la legislación internacional.

Gráfica 3: Distribución de los complejos industriales nacionales por sectores



Fuente: PRTR-España

[8] CO_2 equivalente es la unidad de medición usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono. Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq o CO_2e) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global (PAS 2050:2011. Carbon Trust).

[9] Protocolo sobre los registros de emisiones y transferencias de contaminantes, adoptado en Kiev en mayo de 2003 (Protocolo PRTR o RETC) de acuerdo a la Decisión I/5 (ECE/MP.PRTR/2010/2/Add.1).

Según los datos publicados por el PRTR-España, un 10% de los complejos industriales que representan el panorama industrial nacional corresponde a la gestión de los residuos, que únicamente es superado por el sector de ganadería y acuicultura intensiva y la industria minera, por lo que a nivel de emisiones se encuentra en una posición importante.

Tras realizar una consulta en la página del PRTR-España y analizar los datos publicados, podemos afirmar que ha sido complicado realizar una valoración de las emisiones de CO_2 y CH_4 a la atmósfera de la industria relacionada con la gestión de los residuos. Esto es debido, por un lado, a que el sistema de desagregación de complejos industriales no es lo suficientemente específico y lo más importante, porque muchas de las instalaciones no cuentan con los datos ambientales o de emisiones de forma completa y pública.

Detalle de información	Nº
Nº de actividades PRTR con información pública	67
Nº de complejos con datos validados para la consulta seleccionada	2.981
Nº total de complejos con información pública para la consulta seleccionada	2.087
Nº total de complejos en el Registro	6.523

Fuente: PRTR-España

Atendiendo a estos datos, podemos afirmar que hay un gran número de instalaciones que no disponen de datos validados, completos, ni de información pública, lo cual hace que, de utilizar estos datos, nuestro análisis a nivel estatal perdería calidad y representatividad. Por lo tanto se ha decidido no utilizarlos en el estudio.

A pesar de ello, según los datos disponibles y a los que se ha podido tener acceso, queremos remarcar que las instalaciones relacionadas con la gestión de residuos están divididas en las siguientes subactividades y cuentan con la siguiente información relativa a nuestro estudio:

Subactividad	Nº complejos con datos validados	Nº total de complejos con información pública	Año	Emisiones totales CO_2 (Kg/año)	Emisiones totales CH_4 (Kg/año)
5.a.Valorización o eliminación de residuos peligrosos (capacidad >10 t/día)	90	7	2012	149.000.000	1.543,781
5.b.Incineración de los residuos municipales (capacidad >3 t/h)	10	8	2012	765.870,288	-
5.c.Eliminación de residuos no peligrosos (capacidad > 50 t/día)	15	7	2012	332.635,044	450.124,541
5.d.Vertederos (recepción >10 t/día o cap. total >25.000 t, excluidos residuos inertes)	174	116	2012		206.338,407

Fuente: PRTR-España

De estos datos, obtenemos las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) por subactividad de gestión de residuos, pero únicamente para los complejos que cuentan con información pública. En el caso específico de la subactividad de incineración de residuos no peligrosos, el número de complejos con información pública comparado con el total de instalaciones es pequeño, pero sigue siendo incompleto (varias instalaciones tienen un tipo de datos públicos y otras no) e insuficiente para poder afirmar que estas emisiones son representativas de la actividad en general. Tampoco ha sido posible obtener todos los datos de emisiones e información ambiental desagregados por complejos.

Por otro lado, realizando un análisis de los datos publicados en el "Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera, 1990-2011" en el capítulo de Tratamiento y eliminación de residuos, hemos podido desagregar diferentes factores de emisión, los cuales están calculados a través de datos del propio MAGRAMA y de cuestionarios enviados a las plantas o complejos.

De esta manera, según el Inventario Nacional de Emisiones, obtenemos los siguientes Factores de Emisión para los diferentes tipos de tratamiento del residuo municipal:

Tabla: Factores de emisión según tratamiento del residuo

Tipo de tratamiento	Factor Emisión	Unidad
Incineración de residuos domésticos o municipales	297	kg CO2/tonelada de residuo
Depósito en vertederos gestionados	202	kg CO2/tonelada de residuo
Depósito en vertederos gestionados	73	kg CH4/tonelada de residuo
Producción de Compost	2,76	g NH3/kg de residuo

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones a la atmósfera 1990-2011

Para el caso de los factores de emisión de vertederos gestionados, la metodología de cálculo utilizada es la del balance teórico de generación instantánea y sirve de referencia para la estimación de emisiones en un régimen de flujo estacionario de depósito de residuos en vertedero. Hay que puntualizar que en este caso los factores de emisión son para el depósito en vertederos gestionados y que en la actualidad, a pesar del esfuerzo por salir de esta situación, aun quedan en España vertederos no gestionados e ilegales.

Asimismo, hay que destacar que estos factores de emisión no contabilizan las emisiones que son recuperadas, es decir el metano recuperado en ciertos vertederos los cuales lo utilizan para la generación de energía (según el inventario nacional de emisiones se estima que en estos vertederos se capta un mínimo del 70%).

Sin embargo, estos datos no han sido incluidos en el cálculo realizado de la huella de carbono de cada escenario debido, por un lado, a cuestiones metodológicas de cálculo de huella de carbono y por otro lado, a que no se tienen factores de emisión representativos para cada uno de los escenarios (Ej. en el caso de la producción de compost, no podemos diferenciar entre producción en planta de bioestabilización o planta de compostaje). Por lo tanto, debido a motivos comparativos no se han podido utilizar los datos relativos al Inventario Nacional de Emisiones.

En conclusión a lo expuesto en esta sección, los datos disponibles y a los que hemos tenido acceso son claramente insuficientes para poder generalizarlos y utilizarlos como base de cálculo de la parte de la huella de carbono que corresponde a las emisiones de dióxido de carbono y/o de metano producidas en los diferentes procesos de tratamiento de residuos correspondientes a los diferentes escenarios de este estudio. Por lo tanto, a la huella de carbono resultante de los cálculos presentados en este estudio, habría que añadirle estas emisiones, que a día de hoy, es imposible estimar de una manera eficiente y correcta.

9. UNIDAD TERRITORIAL DE GESTIÓN Y ANÁLISIS DE INSTALACIONES

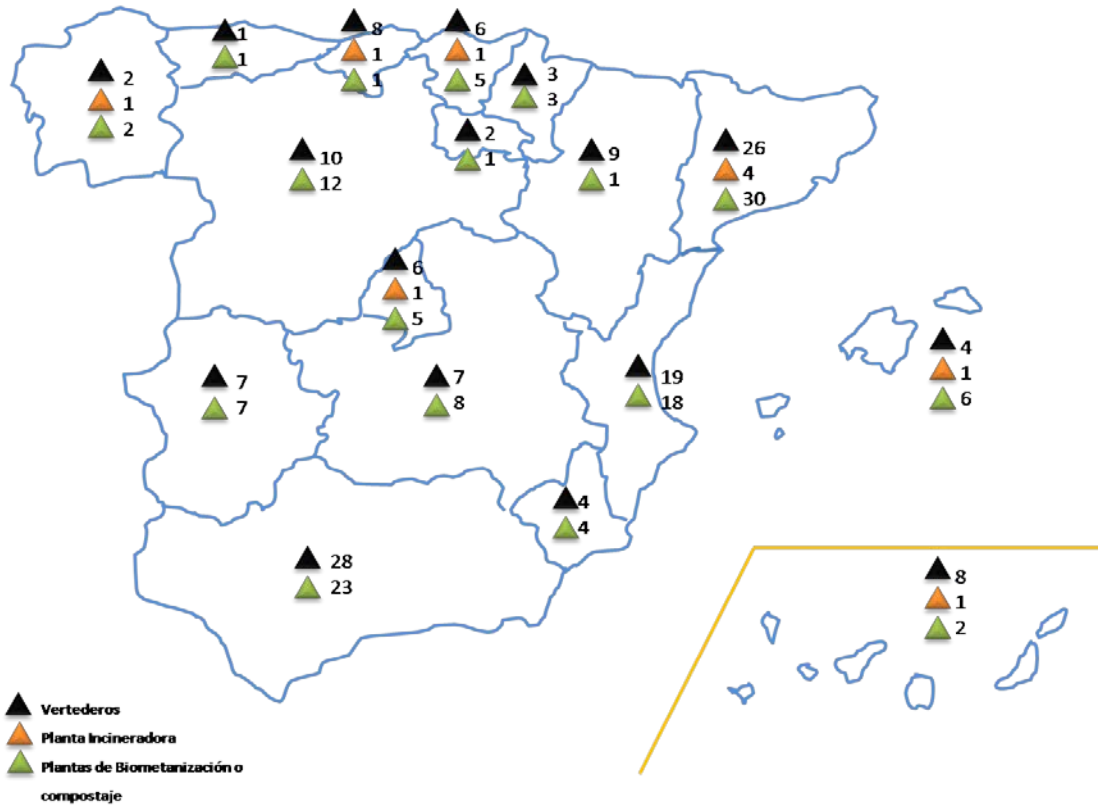
El presente estudio trata de hacer una síntesis de las emisiones de CO_2 equivalente (CO_2e) en los diferentes escenarios seleccionados y teniendo en cuenta la situación actual nacional en cuanto a disponibilidad, servicios de recogida y tratamiento de residuos orgánicos de competencia municipal.

En la siguiente tabla se muestra el número y tipo de instalación de tratamiento de residuos en territorio nacional en base a las estadísticas de 2011 publicados por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)[10], el cual se basa en los datos proporcionados directamente por las propias Comunidades Autónomas.

[10] ANUARIO DE ESTADÍSTICA 2012 (Datos 2010 y 2011). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

Instalaciones Nacionales (2011)	nº
Instalaciones de triaje y compostaje de residuos mezclados	62
Instalaciones de triaje, biometanización, y compostaje de residuos mezclados y de biorresiduos recogidos separadamente	22
Instalaciones de compostaje de biorresiduos	45
Plantas de incineración de residuos	10
Instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal	140
Vertederos con recuperación de biogás	73

En el mapa se puede apreciar la distribución de instalaciones según tipología de tratamiento. En el caso de las plantas de compostaje se han incluido todas las plantas que realizan compostaje citados en la tabla anterior.



En este estudio únicamente se han tenido en cuenta las instalaciones de bioestabilización o compostaje, plantas de incineración de residuos e instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal.

10. ASUNCIONES E HIPÓTESIS

Modelo de separación

En España hay configurados al menos 6 modelos de separación según las características y fracciones de residuos de cada comunidad autónoma o municipio, siendo estos de competencia municipal. Cada modelo de separación se caracteriza por el número y tipo de fracciones a separar por el usuario en origen.

Actualmente el sistema de recogida con mayor proporción de utilización es el tipo 5[11], en el que se realiza recogida selectiva de papel/cartón, vidrio, envases ligeros y resto (que incluye la fracción orgánica objeto de interés en este estudio).

Hay que destacar que en el caso de comunidades como Cataluña, ya se recoge selectivamente la fracción de orgánicos mejorando así la recuperación de recursos orgánicos para su posterior utilización para la generación de compost.

En este estudio se analizan 5 escenarios los cuales representan 3 tipos de recogida diferente. Por un lado se representa la recogida más común en el territorio español, es decir, la recogida no selectiva de residuos orgánicos los cuales son tratados en los diferentes sistemas de tratamiento tradicionales (incineración, vertedero y plantas de bioestabilización). Por otro lado, se analiza el escenario de compostaje de residuos orgánicos recogidos selectivamente en el municipio y por otro lado el compostaje descentralizado (doméstico y comunitario).

Tipo de residuo considerado

Según la composición de los residuos de competencia municipal en España (1996), del I Plan Nacional de Residuos Urbanos, la proporción en peso de materia orgánica contenida en el residuo es del 44%, de manera que es la fracción predominante en los residuos de competencia municipal y, por tanto, la que se genera en cantidades mayores. De acuerdo con otro estudio de estimación de la composición de los residuos de competencia municipal en España, realizado en 1999, el porcentaje en peso de materia orgánica es de un 48,9 %[12]. También un estudio de Greenpeace de 2006 llega al mismo porcentaje de materia orgánica, el 48,9%[13].

Atendiendo a un estudio realizado para el MAGRAMA en 2011, se pueden observar las siguientes fracciones según el tipo de residuo.

Categoría de residuo	%
Envases ligeros	14,03
Papel y Cartón	18,73
Vidrio	6,94
Fracción orgánica	**42,72**
Fracción resto	17,58

Fuente: Applus para MAGRAMA, 2011

En cuanto a la composición del 42,72% de residuos municipales orgánicos recogidos, se estima que las siguientes proporciones son las que más comúnmente se encuentran en territorio nacional:

Categoría de residuo	%
Fracción orgánica	**81,43**
Otros residuos	8,9
Envases ligeros	5,22
PC	3,19
Envase Vidrio	1,25

Fuente: Applus para MAGRAMA, 2011

Sin embargo, debido a la falta de datos estadísticos homogéneos y fiables sobre la fracción de residuos municipales a nivel estatal, (incoherencias entre datos estadísticos de INE, MAGRAMA y datos de las CCAA), y la disponibilidad de datos

[11] MAGRAMA, introducción a los modelos de gestión de residuos, http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/modelo_gestion/

[12] MARM, 2005. http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/

[13] "La situación de las basuras en España" Greenpeace.2006. (http://www.sgea.org/documentos/000041_situacion_basuras.pdf)

desactualizados y poco coherentes con la situación actual, se ha considerado, de forma conservadora y coherente con el resto de datos utilizados en el estudio la siguiente fracción a nivel nacional: **48,9 % de residuo orgánico.**

Ciclo del residuo

Teniendo en cuenta el tipo de gestión más común en España, se ha asumido en varios escenarios, es decir, incineración, vertedero y bioestabilización de residuos municipales mezclados, que antes de llegar a la planta de tratamiento correspondiente, éstos pasan por una planta de transferencia donde son seleccionados y compactados para su posterior traslado a la planta de tratamiento.

En el caso del compostaje de residuos orgánicos separados selectivamente en el municipio, puesto que ya son separados en origen no es necesario su paso por una planta de transferencia y los posibles residuos/rechazos se separan en la propia planta.

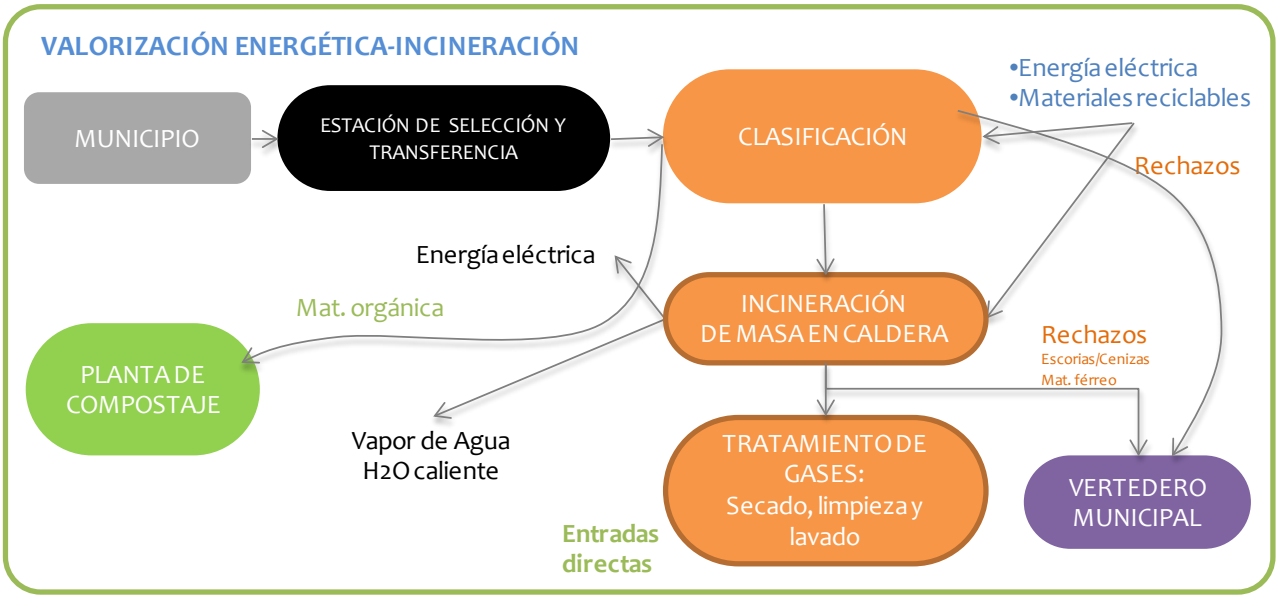
Respecto al compostaje descentralizado, el ciclo del residuo es el más simple y eficiente, ya que se recoge y se trata *in situ* evitando así transporte innecesario.

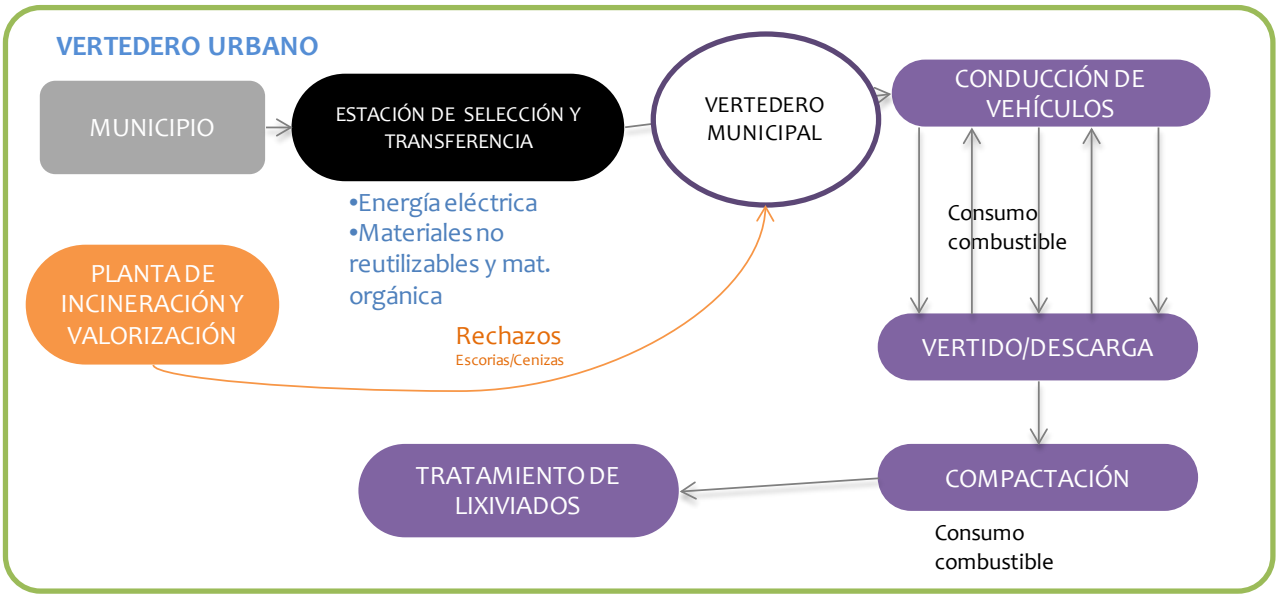
Energía

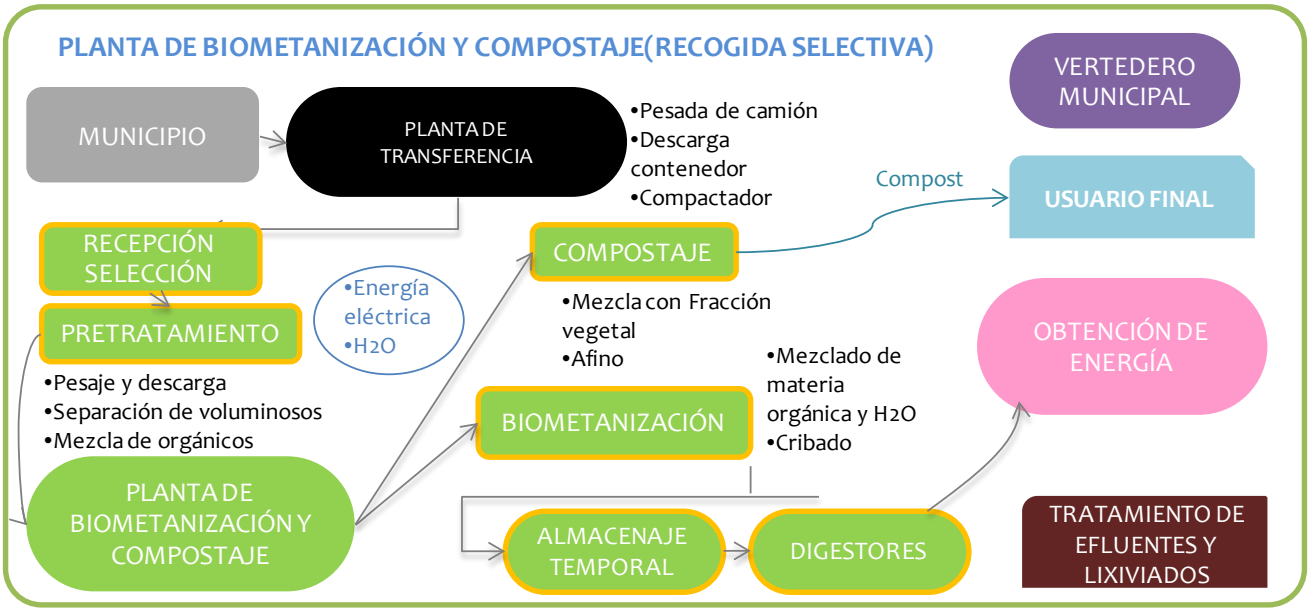
En el presente estudio se ha asumido que las plantas de incineración y compostaje se autoabastecen, puesto que incorporan procesos de aprovechamiento de gases y residuos y generan energía consumida por la propia planta. Por tanto la estimación de la huella de carbono en ese caso se asume como neutra.

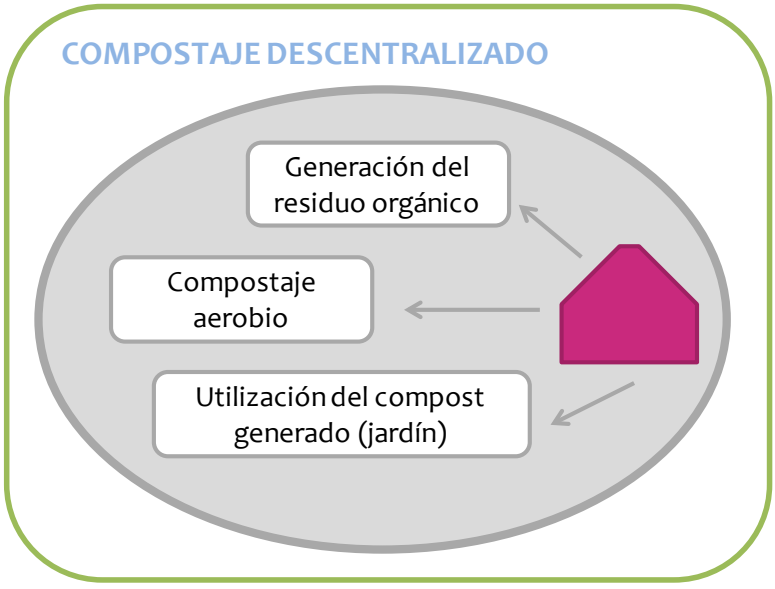
En el caso de los vertederos, tal y como hemos visto en la sección 9 del presente informe, existen 213 vertederos habilitados para deposición de residuos municipales y 73 de ellos cuentan con instalaciones de aprovechamiento del biogás. Esto significa que a nivel nacional una parte apreciable de vertederos recuperan el metano generado en los procesos de descomposición de la materia pero que la mayoría de los mismos aun no tienen esta medida de ahorro de emisiones y de la correspondiente generación auxiliar de energía. Por este motivo, se ha asumido en este estudio que el escenario de tratamiento de residuos en vertedero no está provisto de aprovechamiento de biogás y por tanto presenta un consumo energético.

11. DIAGRAMAS DE PROCESO






PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN Y COMPOSTAJE(RECOGIDA SELECTIVA)
MUNICIPIO
PLANTA DE TRANSFERENCIA
•Pesada de camión
•Descarga contenedor
•Compactador
VERTEDERO MUNICIPAL
Compost
USUARIO FINAL
RECEPCIÓN SELECCIÓN
PRETRATAMIENTO
•Energía eléctrica
•H2O
COMPOSTAJE
•Mezcla con Fracción vegetal
•Afino
OBTENCIÓN DE ENERGÍA
•Pesaje y descarga
•Separación de voluminosos
•Mezcla de orgánicos
BIOMETANIZACIÓN
•Mezclado de materia orgánica y H2O
•Cribado
PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN Y COMPOSTAJE
ALMACENAJE TEMPORAL
DIGESTORES
TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y LIXIVIADOS


COMPOSTAJE DESCENTRALIZADO
Generación del residuo orgánico
Compostaje aerobio
Utilización del compost generado (jardín)

12. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO POR ESCENARIOS

12.1. PLANTA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA / INCINERACIÓN

12.1.1 DATOS DE ACTIVIDAD

Consumo de combustible fósil

En el ciclo de vida que destina el residuo orgánico a la planta de valorización energética o incineración nacional se han considerado al menos 4 recorridos para el residuo. Se considera el traslado directo de una fracción de residuos a la planta incineradora, otro recorrido correspondiente al del traslado desde el municipio a una planta de transferencia y separación, otro recorrido corresponde al transporte del residuo desde la planta de transferencia y separación a la planta de incineración. EL último escenario es el traslado del rechazo obtenido en las diferentes plantas de tratamiento y que son una entrada importante en las incineradoras.

Según los datos del MAGRAMA (2011), de todo el residuo que entra en las plantas de incineración nacionales, una media de 44,34 % corresponde a la entrada de rechazo con origen en las diversas plantas.

Tal y como se ha descrito en la sección 8 de este estudio, en España únicamente se encuentran en funcionamiento 10 plantas de incineración distribuidas en 7 Comunidades Autónomas por lo que se han asumido las siguientes distancias para los diferentes recorridos:

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Municipio	Planta de incineración y valorización	13	km
Municipio	Planta de transferencia y separación de residuos municipales	60	km
Planta de transferencia y separación de residuos municipales	Planta de incineración y valorización	30	km
Plantas de tratamiento	Planta de incineración y valorización	30	km

Fuente: RETORNA y elaboración propia

Posteriormente, el residuo producido en la salida de la planta (principalmente escorias, cenizas y metales originados tras la combustión) debe recorrer la distancia necesaria para llegar a sus diferentes destinos. Por requerimientos comparativos, se ha supuesto que todo el residuo generado se lleva a plantas de vertido de residuos inertes (vertedero).

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Planta de incineración y valorización	Instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal	120	km

Fuente: elaboración propia

Consumo de energía eléctrica

Los consumos de energía eléctrica provienen significativamente de la planta de valorización energética y los procesos de combustión. En este caso, y puesto que la mayor parte de las plantas nacionales se complementan y son complejos que se autoabastecen energéticamente consideramos que el consumo energético de la red es nulo.
Sin embargo, atendiendo al sistema de cálculo de huella de carbono y a que parte de los residuos que entran en la planta provienen de la planta de transferencia, se considera dicho consumo en el computo total energético.

El consumo energético que se asocia a estas plantas de tratamiento viene influenciado por un lado por el consumo energético de la planta de transferencia y por el consumo energético propio de la planta de incineración.

En el caso de la planta de transferencia, el consumo de una estación de referencia tipo se ha calculado por el desglose de la maquinaria que tiene requerimientos energéticos significativos:

Maquinaria	Potencia	Horas de funcionamiento	Consumo	Unidad
Plataformas y balanza	Ip(i)	2.800	ip	kWh
Compactador	3x15	2.800	93.600	kWh
Cintas transportadoras	3x2	2.800	12.480	kWh
Cabezas tractoras	2x410 CV	2.800	(ii)	l
Luminaria	2.500 X 20 (w)	2.800	104.000	kWh
(i) Potencia despreciable **(ii) Incluido en el recorrido del camión**				

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid

Por lo tanto y a falta de datos a nivel nacional, se estima que por una estación de referencia tipo pasan al año una cantidad aproximada de 117.500 toneladas (media de las entradas recogidas en el Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid). De estos datos se concluye que se consumen aproximadamente 1,79 kWh por tonelada de residuo en una estación de transferencia de tamaño medio.

12.1.2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Emisiones asociadas al consumo de combustible fósil

Se ha supuesto que, atendiendo a la cantidad de residuos transportados y la distancia a recorrer en cada uno de los trayectos, los residuos son transportados en camiones diesel rígidos de 3,5/ 7,5 toneladas de capacidad dependiendo el caso y suponiendo que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Sin embargo para el desplazamiento de los residuos generados tras la incineración, se ha considerado un camión de una capacidad mayor, de 7,5 toneladas de capacidad en conducción mixta suponiendo que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Para los desplazamientos en camión el procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\sum_{i}^{n} Desplazamiento_i\,(kilómetros) \cdot Factor\ de\ emisión_{camión}\left(\frac{kg\ CO_2}{km}\right)$$

Recorrido	Distancia (km)	Factor Emisión	Unidad	Emisiones	Unidad
Residuo	13	397,25	g CO2e/km	0,0030	kg CO2e/kg residuo total
Residuo	60	487,52	g CO2e/km	0,0001	kg CO2e/kg residuo total
Rechazo planta transferencia	30	487,52	g CO2e/km	0,0039	kg CO2e/kg residuo total
Rechazo plantas de tratamiento	30	487,52	g CO2e/km	0,0039	kg CO2e/kg residuo total
Residuo Incineración	120	533,71	g CO2e/km	0,0053	kg CO2e/kg residuo total

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid

Las emisiones de CO2 equivalentes derivadas del transporte de los residuos suponen un total de **0,0162 kg de CO2e por kg de residuo total tratado**.

Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

El factor de emisión seleccionado para calcular las emisiones provenientes del consumo eléctrico en la estación de transferencia es el mix energético español: 0,34 toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada megavatio hora suministrado. Este dato es facilitado por el Instituto de Ahorro y Energía (Dic 2012).

El procedimiento de cálculo es directo, a través de la fórmula:

$$\sum_{i}^{n} Consumo\ eléctrico_{(kWh)} \cdot Mix\ energético\ \left(\frac{t\ CO_2}{MWh}\right)$$

De los datos anteriores, podemos concluir que las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica por el tratamiento de 1kg de residuos en una planta de incineración son de **0,0006 kg de CO2e/ kg de residuo** total tratado.

Emisiones totales

La emisión total de CO2 equivalente generada a través del tratamiento de un kilogramo de residuos orgánicos en una planta de incineración tipo nacional es de **34,39 g de CO_2e.**

12.2. VERTEDERO URBANO

12.2.1. DATOS DE ACTIVIDAD

Consumo de combustible fósil

En el ciclo de vida del vertedero urbano tipo nacional se han considerado tres recorridos para el residuo. El primero corresponde al traslado de todos los residuos a la planta de transferencia y separación de residuos municipal, otro recorrido corresponde a la fracción no aprovechable de residuos destinados a las instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal y el último corresponde a la fracción de rechazo con origen en la planta de incineración (principalmente escorias y cenizas).

Según los datos del MAGRAMA (2011), de todo el residuo que entra en los vertederos nacionales, una media de 48,31 % corresponde a la entrada de rechazo con origen en las diversas plantas.

Para el cálculo del transporte se han considerado las siguientes distancias para los diferentes recorridos:

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Municipio	Planta de transferencia y separación de residuos municipales	60	km
Planta de transferencia y separación de residuos municipales	Instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal	36	km
Planta de incineración y valorización	Instalaciones de vertido de residuos de competencia municipal	120	km

Fuente: RETORNA y elaboración propia

A pesar de que en el propio vertedero existe generación propia de residuos como lixiviados, éstos no han sido considerados ya que se considera que suponen menos del 1% de las emisiones totales y atendiendo a las metodologías de huella de carbono, éstas pueden ser despreciadas.

Consumo de energía eléctrica

El consumo energético que se asocia a estas plantas de tratamiento viene influenciado por un lado por el consumo energético de la planta de transferencia y por el consumo energético propio del vertedero urbano.

En el caso de la planta de transferencia, el consumo de una estación de referencia tipo se ha calculado por el desglose de la maquinaria que tiene requerimientos energéticos significativos:

Maquinaria	Potencia	Horas de funcionamiento	Consumo	Unidad
Plataformas y balanza	Ip(i)	2.800	ip	kWh
Compactador	3x15	2.800	93.600	kWh
Cintas transportadoras	3x2	2.800	12.480	kWh
Cabezas tractoras	2x410 CV	2.800	(ii)	l
Luminaria	2.500 X 20 (w)	2.800	104.000	kWh
(i) Potencia despreciable **(ii) Incluido en el recorrido del camión**				

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid

Por lo tanto y a falta de datos a nivel nacional, se estima que por una estación de referencia tipo pasan al año una cantidad aproximada de 117.500 toneladas (media de las entradas recogidas en el Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid). De estos datos se concluye que se consumen aproximadamente 1,79 kWh por tonelada de residuo en una estación de transferencia de tamaño medio.

Tal y como se ha indicado anteriormente en la sección 9, en España se encuentran habilitadas 213 instalaciones o vertederos controlados, de los cuales 140 no disponen de instalación de generación y aprovechamiento de biogás, por lo que en este estudio se asume que el vertedero tipo nacional no dispone de instalaciones de biogás. Asimismo, se considera un consumo medio de 1,65 kwh/t según un estudio realizado por la organización RETORNA.

12.2.2. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Emisiones asociadas al consumo de combustible fósil

Para la realización de cálculo del transporte de los residuos, se ha considerado que éstos han sido transportados en camiones diesel rígidos de 7,5 toneladas de conducción interurbana y para el caso del transporte del residuo generado en la planta incineradora se utiliza un camión diesel rígido de 7,5-12 toneladas y de conducción interurbana.

Asimismo, se ha supuesto que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Para los desplazamientos en camión el procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\sum_{i}^{n} Desplazamiento_i\ (kilómetros) \cdot Factor\ de\ emisión_{camión}\left(\frac{g\ CO_2}{km}\right)$$

Recorrido	Distancia (km)	Factor Emisión	Unidad	Emisiones	Unidad
Residuo	60	487,52	g CO2e/km	0,0078	kg CO2e/kg residuo total
Residuo	36	487,52	g CO2e/km	0,0029	kg CO2e/kg residuo total
Residuo-Rechazo	120	533,71	g CO2e/km	0,0107	kg CO2e/kg residuo total

Fuente: RETORNA y elaboración propia

Las emisiones de CO2 equivalentes derivadas del transporte de los residuos suponen un total de **0,0214 kg de CO2e por kg de residuo total tratado**.

Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

El factor de emisión seleccionado para calcular las emisiones provenientes del consumo eléctrico en la estación de transferencia es el mix energético español: 0,34 toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada megavatio hora suministrado. Este dato es facilitado por el Instituto de Ahorro y Energía (Dic 2012).

El procedimiento de cálculo es directo, a través de la fórmula:

$$\sum_{i}^{n} Consumo\ eléctrico_{(kWh)} \cdot Mix\ energético\ \left(\frac{t\ CO_2}{MWh}\right)$$

De los datos anteriores, podemos concluir que las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica asociadas al tratamiento de 1kg de residuos en un vertedero tipo nacional son de **0,0012 kg de CO_2 e/ kg de residuo total.**

Emisiones totales

La emisión total de CO2 equivalente generada a través del tratamiento de un kilogramo de residuos orgánicos en vertedero urbano es de **46,15 g de CO_2 e.**

12.3. PLANTA DE BIOESTABILIZACIÓN (RECOGIDA NO SELECTIVA)

12.3.1. DATOS DE ACTIVIDAD

Consumo de combustible fósil

Atendiendo a un sistema tipo de ciclo de vida de un residuo orgánico a una planta de bioestabilización en la que la entrada de material son residuos orgánicos procedentes de una recogida no selectiva, el recorrido considerado que realiza el residuo está determinado principalmente por la transferencia del residuo desde el municipio hasta una planta de transferencia y separación y de ésta misma a la planta.

De esta manera los datos de actividad relacionados con el transporte del residuo sería el siguiente:

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Municipio	Planta de transferencia y separación de residuos municipales	60	km
Planta de transferencia y separación de residuos municipales	Planta de bioestabilización	20	km

Fuente: Retorna y elaboración propia

Posteriormente, el material bioestabilizado producido a la salida de la planta debe recorrer la distancia necesaria para llegar su destino final, el vertedero. Teniendo en cuenta que actualmente y según la legislación[14] el material que sale de estas plantas no se considera compost, sólo se ha considerado este destino final para el material bioestabilizado.

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Planta de bioestabilización	Vertedero	50	km

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía eléctrica

Atendiendo a las características de las plantas nacionales, el consumo de energía eléctrica que necesitan para su funcionamiento se ve autoabastecido con la propia energía eléctrica obtenida del proceso de biometanización, por lo que no supone un consumo de la red.

Sin embargo, atendiendo al sistema de cálculo de huella de carbono y a que parte de los residuos que entran en la planta provienen de la planta de transferencia, se considera dicho consumo en el computo total energético.

El consumo energético que se asocia a estas plantas de tratamiento viene influenciado por un lado por el consumo energético de la planta de transferencia y por el consumo energético propio de la planta de separación.

En el caso de la planta de transferencia, el consumo de una estación de referencia tipo se ha calculado por el desglose de la maquinaria que tiene requerimientos energéticos significativos:

Maquinaria	Potencia	Horas de funcionamiento	Consumo	Unidad
Plataformas y balanza	Ip(i)	2.800	ip	kWh
Compactador	3x15	2.800	93.600	kWh
Cintas transportadoras	3x2	2.800	12.480	kWh
Cabezas tractoras	2x410 CV	2.800	(ii)	l
Luminaria	2.500 X 20 (w)	2.800	104.000	kWh

(i) Potencia despreciable
(ii) Incluido en el recorrido del camión

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid

Por lo tanto y a falta de datos a nivel nacional, se estima que por una estación de referencia tipo pasan al año una cantidad aproximada de 117.500 toneladas (media de las entradas recogidas en el Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid). De estos datos se concluye que se consumen aproximadamente 1,79 kWh por tonelada de residuo en una estación de transferencia de tamaño medio.

Consumo de agua

Tras analizar el ciclo de vida de una planta de bioestabilización, se conoce que es necesaria la incorporación de agua al proceso, para que el agua sea mezclada con la materia orgánica y conseguir de esta manera la humedad necesaria (aproximada del 70%) para los diferentes procesos. Asimismo existen otros consumos de agua debidos a las necesidades industriales de la Planta.

A modo conservador, se ha establecido un consumo de agua de 2.000 m^3 al año, teniendo en cuenta datos estadísticos del INIE para este tipo de industrias.

[14] Ley 22/2011 de Residuos y suelos contaminados, art.3y. Este material no tiene una calidad suficiente para que sea utilizable como fertilizante.

12.3.2. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Emisiones asociadas al consumo de combustible fósil

Para el cálculo de las emisiones derivadas del transporte en este escenario se ha supuesto que los residuos han sido transportados siempre en camiones diesel rígidos de 7,5 toneladas de capacidad y suponiendo que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Sin embargo para el desplazamiento del material bioestabilizado generado en la planta se ha considerado un camión de 12 toneladas de capacidad en conducción mixta suponiendo que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Para los desplazamientos en camión el procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\sum_{i}^{n} Desplazamiento_i\ (kilómetros) \cdot Factor\ de\ emisión_{camión}(\frac{kg\ CO_2}{km})$$

Recorrido	Distancia (km)	Factor Emisión	Unidad	Emisiones	Unidad
Residuo	60	487,52	g CO2e/km	0,0078	kg CO2e/kg residuo
Residuo	20	487,52	g CO2e/km	0,0026	kg CO2e/kg residuo
Material Bioestabilizado	50	533,71	g CO2e/km	0,0044	kg CO2e/kg residuo

Fuente: Retorna y elaboración propia

Por lo tanto, obtenemos un total de **0,0148 kg de CO2e por kg de residuo total.**

Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

El factor de emisión seleccionado para calcular las emisiones provenientes del consumo eléctrico en la estación de transferencia es el mix energético español: 0,34 toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada megavatio hora suministrado. Este dato es facilitado por el Instituto de Ahorro y Energía (Dic 2012).

El procedimiento de cálculo es directo, a través de la fórmula:

$$\sum_{i}^{n} Consumo\ eléctrico_{(kWh)} \cdot Mix\ energético\ (\frac{t\ CO_2}{MWh})$$

En este caso, la cantidad de emisiones asociadas al consumo energético es de **0,0006** k**g de CO2e por kg de residuo total.**

Emisiones asociadas al consumo de agua

La cantidad de emisiones asociadas al consumo de agua es de **0,000017** k**g de CO2e por kg de residuo total.**

Emisiones totales

La emisión total de CO2 equivalente generada a través del tratamiento de un kilogramo de residuos orgánicos en una planta de bioestabilización tipo a nivel nacional es de **31,64 g de CO_2e.**

12.4. PLANTA DE COMPOSTAJE (RECOGIDA SELECTIVA)

12.4.1. DATOS DE ACTIVIDAD

Consumo de combustible fósil

Atendiendo a un sistema municipal de recogida selectiva de residuo orgánico, en el ciclo de vida de un residuo orgánico a una planta de Compostaje, el recorrido considerado que realiza el residuo está determinado principalmente por la transferencia del residuo desde el municipio hasta a la planta de compostaje.

De esta manera los datos de actividad relacionados con el transporte del residuo sería el siguiente:

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Municipio	Planta de compostaje	30	km

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, el compost producido a la salida de la planta debe recorrer la distancia necesaria para llegar su usuario final. En este supuesto, se ha tenido en cuenta que el compost generado vuelve al municipio para ser utilizado como fertilizante.

Origen	Destino	Distancia	Unidad
Planta de compostaje	Usuario final	40	km

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía eléctrica

Atendiendo a las características de las plantas nacionales, el consumo de energía eléctrica que necesitan para su funcionamiento se ve autoabastecido con la propia energía eléctrica obtenida del proceso, por lo que no supone un consumo de la red. Y por tanto se considera que las emisiones son compensadas.

Consumo de agua

Puesto que en el proceso de generación de compost de calidad así como para todos los procesos propios y de carácter industrial de la planta de compostaje, se conoce que es necesaria la incorporación de agua (ésta es mezclada con la materia orgánica y se consigue la humedad necesaria (aproximada del 70%) para los procesos y la calidad de compost requerida).

A modo conservador, se ha establecido un consumo de agua de 2.000 m^3 al año, teniendo en cuenta datos estadísticos del INIE para este tipo de industrias.

12.4.2. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Emisiones asociadas al consumo de combustible fósil

Para el cálculo de las emisiones derivadas del transporte en este escenario se ha supuesto que los residuos orgánicos recogidos selectivamente y el compost generado han sido transportados siempre en camiones diesel rígidos de 7,5 toneladas de capacidad y suponiendo que se optimizan los viajes para que la carga siempre sea completa.

Para los desplazamientos en camión el procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\sum_{i}^{n} Desplazamiento_i\ (kilómetros) \cdot Factor\ de\ emisión_{camión}\left(\frac{kg\ CO_2}{km}\right)$$

Recorrido	Distancia (km)	Factor Emisión	Unidad	Emisiones	Unidad
Residuo orgánico	30	487,52	g CO2e/km	0,0039	kg CO2e/kg residuo
Compost Generado	30	487,52	g CO2e/km	0,0039	kg CO2e/kg residuo

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, obtenemos un total de **0,0078 kg de CO2e por kg de residuo total.**

Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

Se considera una huella de carbono neutral en las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica.

Emisiones asociadas al consumo de agua

La cantidad de emisiones asociadas al consumo de agua es de **0,000017** k**g de CO2e por kg de residuo total.**

Emisiones totales

La emisión total de CO2 equivalente generada a través del tratamiento de un kilogramo de residuos orgánicos seleccionados en origen en una planta de compostaje tipo a nivel nacional es de **15,99 g de CO_2e por kg de residuo orgánico.**

12.5. COMPOSTAJE DOMÉSTICO

Atendiendo a la metodología de huella de carbono citada anteriormente y a las características de los programas de recogida selectiva y generación de compost a través del compostaje descentralizado que se lleva a cabo a través de los programas de Amigos de la Tierra, los datos de actividad que son susceptibles de generar emisiones de gases de efecto invernadero son nulos.

En este escenario, el sujeto que realiza el compostaje es el propio generador del residuo orgánico. Y es éste mismo el usuario final del producto o compost generado.

Debido a esto llegamos a la siguiente conclusión:

La huella de carbono asociada al ciclo de vida del compostaje descentralizado es nula.

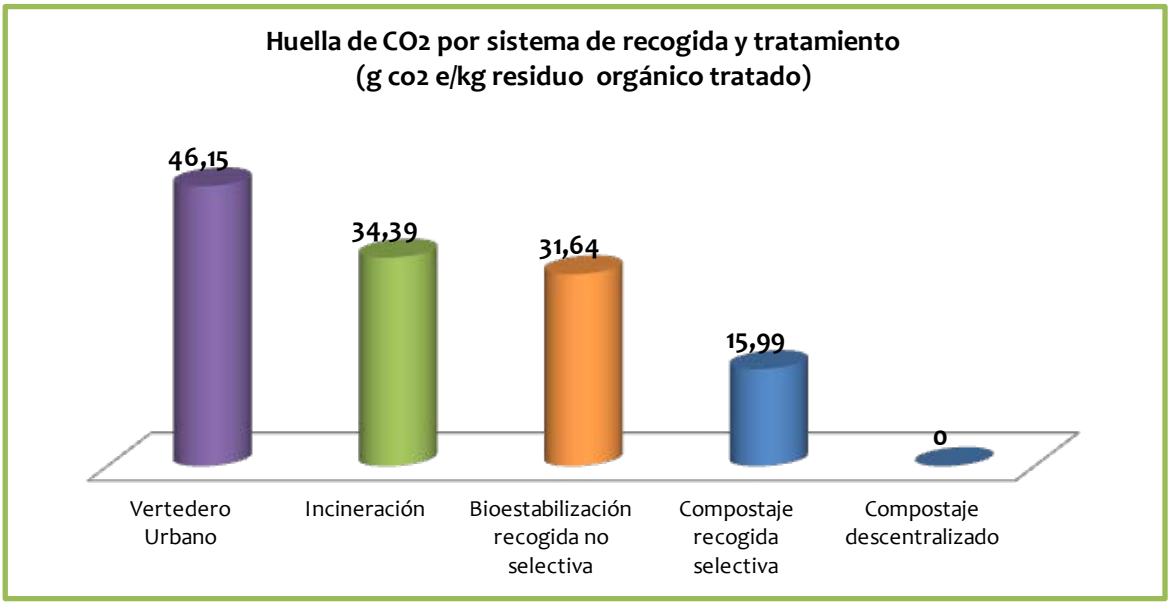
Esta afirmación se sustenta a través de los siguientes aspectos:

- No se realiza ningún transporte asociado emisiones por consumo de combustible fósil en ninguna etapa del ciclo de vida (la generación del residuo y su tratamiento se realizan en el mismo lugar).
- El empleo del compost se realiza in situ.

13. COMPARATIVA

Podemos concluir finalmente que el tratamiento de un kilogramo de residuo orgánico en cada uno de los escenarios analizados supone una emisión de:

- 46,15g de CO2e/kg de residuo orgánico tratado a través del sistema de vertedero urbano
- 34,39g de CO2e/kg de residuo orgánico tratado a través del sistema de valorización energética e incineración
- 31,64g de CO2e/kg de residuo orgánico tratado a través del sistema de bioestabilización de material no recogido selectivamente
- 15,99g de CO2e/kg de residuo orgánico tratado a través del sistema de compostaje de material recogido selectivamente
- 0 g de CO2e/kg de residuo orgánico tratado a través del sistema de compostaje descentralizado.



NOTA: Por kilogramo de residuo orgánico tratado se incluyen las emisiones con origen en la cantidad de residuo necesario para llegar a 1 kg de contenido orgánico. Es decir, para llegar a un kg de residuo orgánico tratado han de tratarse 2,045 kg de residuo total (mezcla de residuos municipales).

14. AHORRO DE EMISIONES

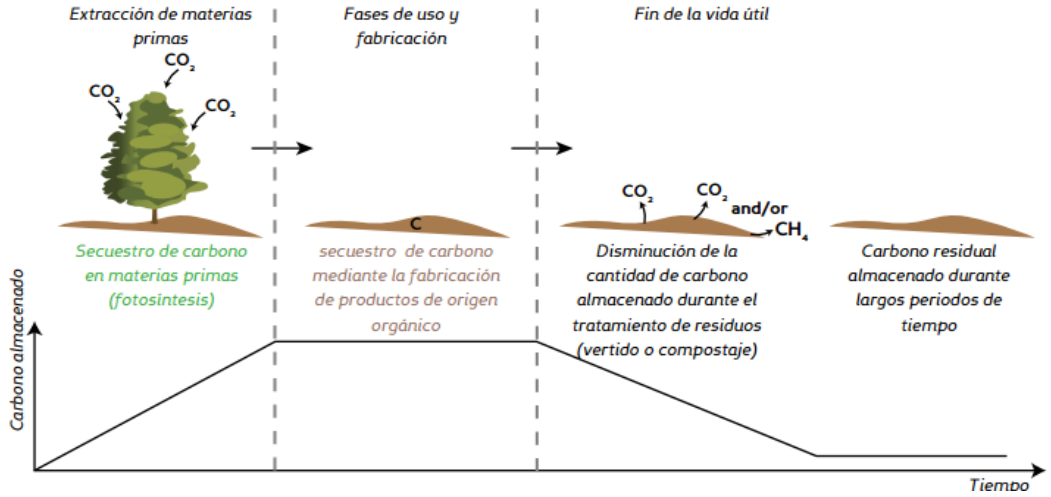
Atendiendo a los resultados obtenidos en la estimación de huella de carbono realizada para los 5 escenarios y teniendo en cuenta el carácter generalista del estudio, puede concluirse que un kilogramo de residuos orgánicos tratado mediante un **sistema de compostaje descentralizado** es **la opción más eficiente** en cuanto a emisiones de gases efecto invernadero.

Si bien es cierto que el estudio comparativo muestra una clara disminución de la huella de carbono en el tratamiento del residuo mediante bioestabilización sin separación en origen, en comparación con el tratamiento del mismo en vertedero o en una planta de incineración, cabe destacar que la huella es aún menor si existe dicha recogida selectiva de residuos orgánicos, permitiendo así una gestión más eficiente y sostenible. Con la recogida selectiva de esta fracción, el transporte y las operaciones en estaciones de transferencia disminuyen tanto en el escenario de bioestabilización en planta como en los de incineración y vertedero, evitando así consumo de recursos y combustibles innecesarios y por tanto disminuyendo las emisiones de GEI asociadas.

Por lo tanto, tras el análisis podemos decir que **un kilogramo de residuos orgánicos** tratado mediante los 3 sistemas de tratamiento convencionales (en donde no se separa selectivamente el residuo orgánico) tendrá una huella de carbono mayor que si el residuo es **separado selectivamente**, llegando a suponer alrededor de un **65% menos de emisiones**.

15. POTENCIAL DEL COMPOST COMO "SUMIDERO" DE CO2

En realidad están implicadas dos actividades: el vertido y el esparcimiento de compost. Ambas contribuyen al secuestro de carbono, concretamente prolongan este fenómeno (véase la figura) y, en este sentido, hacen el papel de sumideros de carbono.



Fuente: ASEGRE

La materia orgánica contenida en residuos que provienen de productos orgánicos, cuando es depositada en vertederos o compostada, se descompone emitiendo CO_2 y CH_4 a la atmósfera.

Sin embargo, tras la aplicación de compost parte del carbono que contiene no se mineraliza y queda retenido en el suelo donde se ha depositado. De hecho, la materia orgánica estable tarda entre 100 y 1.000 años en descomponerse de esta manera, la fracción de carbono queda atrapada en el suelo durante largos periodos.

Existe un enorme déficit de materia orgánica en sus suelos de cultivo. Se suele considerar que éstos deberían contener al menos un 2% de materia orgánica - un 3% en los sujetos a regadío- mientras que la media nacional apenas llega al 1% con graves consecuencias en forma de degradación de sus características físicas y de fertilidad.

El compost

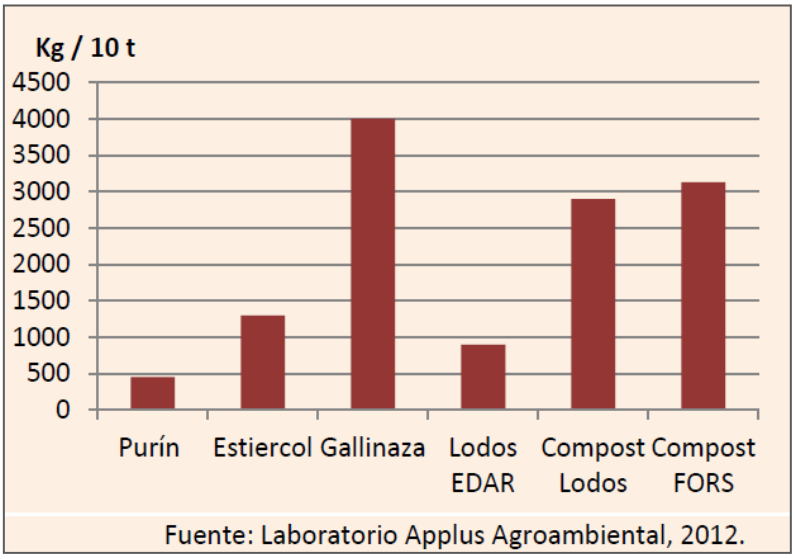
Según los datos publicados por la Guía para la implantación de la recogida separada y gestión de biorresiduos de competencia municipal, se afirma que la materia orgánica presente en el compost es el componente de más interés al otorgar la enmienda la carga orgánica que otros productos no tienen, o bien tienen en menor concentración.

Los beneficios de la utilización de compost en el suelo:

- Recuperación y aportación de la materia orgánica y nutrientes contenidos en la enmienda, proporcionando macro y micro nutrientes de liberación lenta, necesarios para el desarrollo de los cultivos e incrementando de la materia orgánica del suelo.
- Incremento de la fijación de CO_2 (secuestro de parte del carbono orgánico en el suelo).
- Mejora de la estructura del suelo, que comporta una mejora de la infiltración de agua así como una mejora de las condiciones de desarrollo de los cultivos y de las condiciones de trabajo del sustrato.
- Incremento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, por acción del complejo arcillohúmico, incrementando su fertilidad.
- Mejora de la capacidad de absorción de nutrientes y de la capacidad de retención de agua del suelo.
- Otros: mayor capacidad de recuperación de los suelos, prevención de la erosión y desertificación, incremento de la biodiversidad y la actividad biológica (desarrollo de microorganismos beneficiosos para el suelo), substitución de otros fertilizantes o enmiendas y turbas

A través de la siguiente gráfica se compara el compost de FORS (Fracción orgánica de los residuos sólidos) con otro tipo de productos orgánicos y se observa que éste presenta concentraciones de materia orgánica (expresada como kg de MO/10t de producto fresco) muy superiores a los otros productos, siendo sólo la gallinaza la que presenta valores superiores en materia orgánica en relación al compost de FORS.

Grafico: Contenido en materia orgánica de distintos materiales orgánicos.



Fuente: Guía para la implantación de la recogida separada y gestión de biorresiduos de competencia municipal

Dicho estudio concluye y reafirma que el compost es un material con alto valor orgánico, con aportación de nutrientes (básicamente nitrógeno, fósforo y potasio) presentes en el suelo y con un contenido de sales no muy elevado que puede ser utilizado como abono único, en cultivos con bajas necesidades de aportación de nutrientes, y como abono de fondo, a complementar con abono mineral en cobertera cuando sea preciso, para cultivos con necesidades de nutrientes superiores.

"Sumidero" de CO_2:

A pesar de que actualmente aún existe un gran debate sobre la estimación del secuestro de carbono mediante la deposición de materia orgánica en vertederos y compostaje, y teniendo en cuenta que el horizonte de tiempo necesario para poder contabilizar e imputar en una huella de carbono o cuantificación de emisiones dicho secuestro de CO_2 es de 100 años y por tanto difícil de contemplarlo, cabe destacar que la realidad es que existe un secuestro de CO_2 a largo plazo.

Los datos estudiados varían según la fuente, el país, tipo de residuo y suelo analizado pero a continuación se muestran algunos datos significativos que actualmente se barajan internacionalmente:

- Porcentaje de almacenamiento de carbono del 24%, correspondiente a 52 kg de CO_2 equivalente por tonelada de biorresiduos recogidos y compostados (PROGNOS, 2008)
- El 8,2% del carbono presente en el compost quedaría secuestrado al cabo de 100 años (AEA Technology 2001)
- El carbono retenido en el suelo después de 100 años se ha estimado en un 2-14% de la aportación de compost, dependiendo del tipo de suelo y de la rotación de cultivos (Boldrin A. et al 2009)

Por otro lado, para realizar un cálculo estimado de la cantidad de carbono secuestrado en el suelo de una unidad territorial considerada, se debe conocer su superficie, la cantidad de materia orgánica del suelo y la profundidad considerada.

Según datos de un estudio realizado por el Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias[15], como término medio, una tonelada de materia orgánica contiene 580 kg de carbono y, por tanto, 2,13 t de CO_2.

Si suponemos una profundidad de 25 cm y una densidad aparente de 1,5 t/m3 de suelo, podemos estimar que cada hectárea secuestra 79,8 t de CO_2 por cada 1% de materia orgánica que contenga el suelo.

Como conclusión y considerando la superficie utilizada para la estimación, el potencial de "secuestro" o "fijación" de carbono por parte de la deposición de compost de calidad es de gran importancia.

[15] Informe: "Mitigación y adaptación al cambio climático en la agricultura y la ganadería". Rodolfo Canet Castelló. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CDAS-IVIA).

16. CONCLUSIONES

- Se ha estimado la huella de carbono para un kilogramo de residuo orgánico tratado en cada escenario, entendiendo que, por kilogramo de residuo orgánico tratado, se incluyen las emisiones con origen en la cantidad de residuo necesario para llegar a 1 kg de contenido orgánico. Es decir, para llegar a un kg de residuo orgánico tratado han de tratarse 2,045 kg de residuo total (mezcla de residuos municipales).
- La huella de carbono correspondiente al tratamiento de 1 kg de residuo orgánico en los escenarios seleccionados se ha estimado a nivel nacional, lo cual supone asumir un margen de error derivado del alcance del estudio.
- Se ha detectado una **deficiencia de actualización en las estadísticas nacionales** publicadas por organismos oficiales así como una **incoherencia de datos de las diferentes fuentes de datos públicas**, fuentes consideradas como primarias para el estudio.
- Se quiere recalcar también, que el estudio de huella de carbono y las actuales metodologías no son ciertamente la mejor y más representativa herramienta para contabilizar las emisiones de GEI de una actividad industrial en un estudio de este alcance (nacional) pudiéndose perder rigurosidad y ciertas fuentes de emisiones.
- Debe tenerse en cuenta que la valoración de las tecnologías aplicadas en España es compleja debido a su variedad y diferenciación, por lo que es difícil hacer un análisis ambiental que permita su óptima valoración objetiva.
- El Alcance del estudio se ha visto limitado, no siendo viable el análisis de las emisiones propias de una planta incineradora, vertedero y planta de bioestabilización por **falta de datos oficiales y públicos**.
- Un **kilogramo de residuos orgánicos** tratado mediante los 3 sistemas de tratamiento convencionales (en donde no se separa selectivamente el residuo orgánico) tendrá una huella de carbono mayor que si el residuo es separado selectivamente, llegando a suponer alrededor de un **65% menos de emisiones**.
- El **tratamiento más sostenible** no solo en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero si no en consumo de energía, materia y transporte, es el **compostaje descentralizado o doméstico**.
- Las emisiones asociadas al consumo de agua no son significativas ni representativas dentro del cómputo global del tratamiento.
- En este estudio, el consumo eléctrico no supone una fuente de emisión significativa debido al aprovechamiento energético de los sistemas de tratamiento de residuos tanto en plantas de valorización de residuos como en plantas de bioestabilización y compostaje.
- Las emisiones asociadas a la energía son mayoritariamente repercutibles a la gestión en vertedero, principalmente por no considerarse la generación de energía.
- Cabe destacar que las emisiones asociadas al tratamiento y transporte de residuos a la planta de bioestabilización podrían ser menores si la implantación del método de recogida selectiva de residuo orgánico estuviera implantado en todas las comunidades autónomas.
- **Queda demostrado que el tratamiento a través del compostaje en planta (aplicando a cada municipio un sistema de recogida selectiva del residuo orgánico) reduciría enormemente el impacto ambiental. Este impacto ambiental es causado por el transporte y la gestión de estos residuos, así como las emisiones a la atmósfera. Por otra parte, el sistema de compostaje en planta permite que el producto generado, el compost, sea reutilizado y se cierre así el ciclo de la materia orgánica y del reciclaje, evitando la fabricación y utilización de otros productos. A pesar de que la calidad del compost deberá ser evaluada y ésta dependerá del tipo de residuo entrante en la planta, la ampliación de los usos del compost (fertilizante, restauración ambiental etc) mejorará este ciclo.**
- Queda también demostrado que **cuanto mayor es la selección en origen del residuo, su gestión se hace más sostenible** y por tanto es un buen punto de partida para la **lucha contra el cambio climático**.
- El uso de **compost** en el suelo aporta materia orgánica y un gran número de nutrientes y con un contenido de sales no muy elevado puede ser utilizado como abono único (siempre dependiendo de las características y calidad del mismo) siendo una **fuente de recursos para una mejora de la calidad del suelo nacional**.
- El **potencial de fijación de carbono** debido al aporte de **compost** de calidad en los suelos españoles es sustancial a pesar de ser a largo plazo. Para lograrlo es necesaria una separación adecuada en origen de la materia orgánica que mejore la calidad del compost.

- Puesto que se trata de un estudio de huella de carbono, en el que se acota al periodo de un año para su estudio, no es correcto contabilizar la reducción de emisiones o las emisiones evitadas por la utilización de compost. Pero a largo plazo si deberían ser contabilizadas.

17. BIBLIOGRAFIA

- Eurostat/Sustainable development indicators/Sustainable consumption and production/Resource productivity/ Municipal waste generated/Municipal waste treatment, by type of treatment method: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-04032013-BP/EN/8-04032013-BP-EN.PDF)
- Perfil Ambiental de España 2012. Informe basado en indicadores (NIPO: 280-13-050-3) (http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil_ambiental_2012.aspx) Subdirección General de Residuos. Dirección General de Calidad, Evaluación Ambiental y Medio Natural. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)
- Screening of waste management performance of eu member states. European Commission. Brussels.(http://imagenes.publico-estaticos.es/resources/archivos/2012/8/7/1344346347301waste_management_report.pdf)
- "La situación de las basuras en España" Greenpeace.2006. (http://www.sgea.org/documentos/000041_situacion_basuras.pdf)
- Avance de la estimación de emisiones GEI 2012. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) (http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Avance_Emisiones_GEI_2012_tcm7-285604.pdf)
- ANUARIO DE ESTADÍSTICA 2012 (Datos 2010 y 2011). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).(http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2012/default.aspx?parte=2&capitulo=08)
- Informe Inventario GEI 1990-2009 - Sector residuos. Oficina de Cambio Climático Española – MAGRAMA
- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2011 – Capitulo 8: Tratamiento y eliminación de residuos- Oficina de Cambio Climático Española – MAGRAMA (http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/09_Tratamiento_y_eliminaci%C3%B3n_de_residuos_-_VNC_tcm7-219788.pdf)
- Oficina Catalana de Cambio Climático. (http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Redueix%20emissions/Guia%20de%20calcul%20demissions%20de%20CO2/120527_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_ES.pdf)
- 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. Produced by AEA for the Department of Energy and Climate Change (DECC) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA),2012 (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69554/pb13773-ghg-conversion-factors-2012.pdf)
- Factores de conversión energía final -energía primaria y factores de emisión de CO2. IDAE, 2012 http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Factores_Conversion_Energia_y_CO2_2011_0a9cb734.pdf
- Análisis de Ciclo de Vida de la gestión de residuos de envases de PET, latas y bricks mediante SIG y SDDR en España.2011.Retorna.(http://www.retorna.org/mm/file/Documentacion/febrero2011_estudiocompletoACV.pdf)
- Plan Regional de Residuos Urbanos (2006-2016) de la Comunidad de Madrid. (http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename=PLAN_REGIONAL_RESIDUOS_URBANOS.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1196173051689&ssbinary=true)
- Ley 22/2011, de 28 de Julio, de Residuos y Suelos Contaminados (http://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf)
- Norma Publicly Available Specification 2050:2011 (PAS 2050:2011). *British Standard Institute (BSI).* (http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/)
- Metodología para los proyectos de tratamiento de residuos del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO2) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/fondo-carbono/Pagina_genera_Proyectos_Clima.aspx)
- Protocolo de Cálculo de huella de carbono de *Enterprisespourl´Environment* (EPE). (http://www.epe-asso.org/)

- Gestión de residuos: contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y su cuantificación. Protocolo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en actividades de gestión de residuos. 2010. Asociación de Empresas Gestoras de Residuos y Recursos Especiales (ASEGRE). (http://hcresiduos.asegre.com/?page_id=29)
- Gestión de biorresiduos de competencia municipal. "GUIA DE RECOGIDA SELECTIVA Y GESTIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS URBANOS". 2013. Subdirección General de Residuos, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (BCNecologia).
- Informe: "Mitigación y adaptación al cambio climático en la agricultura y la ganadería". Rodolfo Canet Castelló. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CDAS-IVIA).
PRTR-España, Registro Estatal de Emisiones y Fuentes de Contaminantes. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (http://www.prtr-es.es/)

Este documento ha sido desarrollado dentro del proyecto “Reducción de la huella de carbono en hábitos cotidianos”, incluido en el marco de ayudas para la realización de actividades en el ámbito de la Biodiversidad, el Cambio Climático y el Desarrollo Sostenible de la Fundación Biodiversidad del año 2012.

Coordinación de la publicación:
Liliane Spendeler, Diana Osuna
Amigos de la Tierra

Estudio realizado por:
InclamCO2

Diseño:
Amigos de la Tierra

Noviembre de 2013, Amigos de la Tierra España

Esta publicación ha sido creada bajo licencia Creative Commons puede ser compartida, referenciada, reproducida o traducida, en parte o en su totalidad, aunque no vendida o utilizada para fines comerciales, siempre y cuando se mencione Amigos de la Tierra España en la citación.

Con la colaboración:

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
Fundación Biodiversidad

Amigos de la Tierra

Amigos de la Tierra España es una asociación ecologista con la misión de fomentar el cambio local y global hacia una sociedad respetuosa con el medio ambiente, justa y solidaria. Destaca por el trabajo desarrollado en la construcción de una ciudadanía social y ambientalmente comprometida, en el marco de una activa participación en la federación de Amigos de la Tierra Internacional, con más de un millón de socios en 76 países de los cinco continentes.

Nuestras áreas de trabajo se componen de distintas campañas y proyectos que, gracias a la difusión de información, la educación ambiental y presión política y a la implicación de los Grupos Locales, contribuyen a avanzar hacia una sociedad más sostenible. Esta labor local y nacional se complementa con nuestra pertenencia a Amigos de la Tierra Europa y Amigos de la Tierra Internacional. **www.tierra.org**