

BIORESIDUOS PARA LA INFRAESTRUCTURA VERDE: MEJORA DEL SUELO Y PAISAJE EN VITORIA-GASTEIZ

Iñigo Zuazagoitia¹, Juan Vilela¹, Arkaitz Etxaniz², Amaia Mena-Petite², Agustí Agut³, Natxo Irigoyen⁴, Maider Martínez⁴

¹ Centro de Estudios Ambientales (CEA) del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

² Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU)

³ Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

⁴ Universidad Pública de Navarra (UPNA)

izuazagoitia@vitoria-gasteiz.org

UBICACIÓN Y CONTEXTO:

La ciudad de Vitoria-Gasteiz, Green Capital en 2012, tiene 250.051 habitantes (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2018) y una elevada densidad de zonas verdes: 58m²/hab (FAO, 2018). Los servicios municipales gestionan gran cantidad de restos orgánicos, tanto de origen doméstico como de podas y siegas de parques y jardines.

En las zonas verdes se generan numerosos restos de siega y poda cuya gestión incluye su picado o compostaje *in situ*, su almacenamiento en el Vivero Municipal, el vertido directo al Vertedero Municipal o la retirada por empresas privadas. Aunque en 2017 se decide realizar un compostaje a mayor escala en el Vivero, 1.257 toneladas terminan en el Vertedero (Observatorio de Residuos de Álava, 2017). Por otro lado, de los 117.000 árboles urbanos inventariados, un 18% tienen perímetros de tronco de 60cm a 100cm, presentando riesgos de caída en períodos de tormentas. En los próximos años está prevista su tala y reposición, siendo la gestión de los restos complicada (transporte, almacenaje, astillado) debido a su gran tamaño.

En lo que a la gestión de los parques o jardines se refiere, se realizan una cantidad de siegas variables al año según su ubicación (periferia o centro de la ciudad), y el tratamiento de la siega también varía según la ubicación (retirada de la parcela o mantenerla en el lugar como *mulching*). Los riegos también varían según la ubicación y tipo de parcela, así, existen zonas donde no se riega, o zonas donde se riega de manera manual o mediante riego inteligente. En aquellas parcelas de la ciudad donde se retiran las siegas se interrumpe el ciclo natural de la materia orgánica (reincorporación de los restos al suelo) empeorando la regeneración de dicho suelo y favoreciendo el amarilleamiento o agostamiento del césped en épocas estivales, ya que la calidad del suelo está directamente relacionada con el estado y la salud de las plantas (NEIKER, Tarjetas de Salud del Suelo).

En cuanto a los restos orgánicos domésticos (FORM), la mayoría termina en los contenedores de fracción resto y un pequeño porcentaje se recoge selectivamente (2%) para ser compostado en la Planta de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB) de Jundiz (Observatorio de Residuos de Álava, 2017).

El aporte de todo este material orgánico al suelo podría mejorar su salud y la de las plantas y organismos asociados a él (REC, 2014) y por ello se planteó realizar unas acciones experimentales en zonas verdes de la ciudad.

OBJETIVOS:

Para testar y valorizar el compost generado tanto en la TMB como en el Vivero Municipal, así como los restos de grandes árboles y troncos provenientes de derribos por tormentas o apeos por obras en la ciudad, se trató de incorporar este material al sistema de infraestructura verde urbana bajo el paradigma de economía circular, enfocando estos restos como un recurso y no como un residuo.

Se establecieron dos objetivos principales para la experiencia:

- 1: Evidenciar los beneficios del uso del compost en la gestión de zonas verdes, a través de la salud del suelo, plantas e insectos.
- 2: Cerrar el ciclo biológico de la materia orgánica mejorando el paisaje y mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (NBS).

METODOLOGÍA:

Para lograr los objetivos establecidos se idearon dos actuaciones: por un lado, se diseñó un experimento donde se aplicó a un césped de una rotonda ajardinada dos tipos de compost a diferentes dosis y se compararon entre sí. Por otro lado, se puso en marcha una técnica de regeneración de zonas degradadas mediante grandes troncos y árboles llamado "Hugelkultur".

Cabe destacar que estos proyectos han sido diseñados y gestionados por el Green Lab, una iniciativa del Centro de Estudios Ambientales (CEA) de Vitoria-Gasteiz que pretende trabajar sobre la ciudad y su entorno territorial como un laboratorio experimental donde estudiar e impulsar estrategias "modélicas" en relación con el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida. Todo ello en colaboración con otros centros de investigación como la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU), Universidad Pública de Navarra (UPNA), o el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER-Tecnalia), así como con otros Servicios del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz como el de Espacio Público y Medio Natural, Gestión de Residuos o Ataria.

Aplicación de compost en zonas verdes:

En una rotonda ajardinada de la ciudad se aplicó como enmienda orgánica dos tipos de compost, uno del Vivero Municipal (residuo de podas y siegas) y otro de la Planta de TMB (residuos FORM) para investigar su influencia en la salud de las plantas y el suelo mediante la medición de diversos parámetros físicos y biológicos que se describen a continuación. El método experimental está basado en "Bloques al azar" y para ello se establecieron 24 parcelas de 2m x 5m donde se realizaron tres tratamientos para cada tipo de compost (T1: control; T2: 300Kg N/ha; T3: 600Kg N/ha) con cuatro réplicas para cada uno. En total se llevaron a cabo 3 mediciones de los parámetros establecidos, dos en primavera y una en otoño de 2018. Esta rotonda resulta adecuada por estar rodeada de carreteras y aislada de viandantes, la gestión municipal de la misma consiste en 7 siegas anuales y no regar.



Imagen 1: Diseño experimental en la rotonda.

Como primer paso se realizó una **caracterización**, tanto de los dos tipos de compost como del suelo receptor. Para ello se recogieron muestras representativas en ambos casos, y para los casos del compost, se ha procedido al método del cuarteo para su correcto muestreo (UNE-EN 14899:2007).

La muestra de suelo se llevó a dos laboratorios para la caracterización de diferentes parámetros, por un lado, al DEMSAC (Departamento Municipal de Salud y Consumo del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz) y por otro lado al laboratorio propio de NEIKER. Las muestras de compost las caracterizaron laboratorios independientes.

Seguidamente, y según el porcentaje de Nitrógeno Total y la humedad del compost, se procedió al **cálculo y aplicación** de las dosis en cada parcela, quedando de la siguiente manera:

T1: No se aplicó compost (control).

T2 de la Planta TMB: 13,16Kg de compost por parcela.

T3 de la Planta TMB: 26,32Kg de compost por parcela.TMB

T2 del Vivero: 17,31Kg de compost por parcela.

T3 del Vivero: 34,63Kg de compost por parcela.

El compost se esparció a mano y de manera homogénea por todas las parcelas.



Imagen 2: aplicación del compost en las parcelas.

A continuación, se realizó un **inventario de las especies** herbáceas existentes. De todas ellas, y teniendo en cuenta criterios de homogeneidad y presencia en las parcelas, se eligieron 2 especies para las mediciones fisiológicas que se han realizado. Una leguminosa (*Trifolium repens*) y otra herbácea (*Festuca arundinacea*).

En cuanto a la medición de los **parámetros fisiológicos** de las plantas que se han medido, cabe resaltar que cuando las condiciones de vida de las plantas son inadecuadas (pocos nutrientes en el suelo, poco oxígeno, falta de agua o poca infiltración) las hojas de éstas se marchitan y empiezan a perder el color debido a la pérdida en la cantidad de pigmentos fotosintéticos. En situaciones de estrés las plantas sintetizan menos pigmentos, o se van degradando los pigmentos que ya tienen (Navarro *et al.*, 2004).

Se midieron la cantidad de pigmentos fotosintéticos para relacionarlo con la capacidad que tienen las plantas para realizar la fotosíntesis. En el este caso, y para medir la cantidad de clorofila, se utilizó un aparato portátil denominado SPAD-502Plus (Konica-Minolta). Este aparato ofrece un valor numérico, que cuanto mayor sea se relaciona con una mayor presencia de pigmentos fotosintéticos en las hojas y una mayor capacidad para realizar la fotosíntesis adecuadamente.

De la misma manera, se midieron parámetros de fluorescencia de la clorofila en las hojas aclimatadas a la luz de las plantas (F_v'/F_m') para conocer la eficiencia fotoquímica real en la absorción de la luz. Saber la cantidad de pigmentos no es suficiente y con este parámetro se puede conocer si los pigmentos están activos o no (si captan la luz o no). Se utilizó un fluorímetro portátil denominado Fluorpen FP100 (PSI, Photon Systems Instruments), el cual no ofrece unidades. Cuanto más cercano a 0,83 sea el valor obtenido, mayor será la eficiencia fotoquímica y menos problemas tendrán las hojas para la captación de luz y la realización de la fotosíntesis.

Para la medición de la **producción de biomasa vegetal seca** se cortó con tijeras un metro cuadrado de vegetación de cada parcela. Se pesó en bruto, y tras secarlo durante 24 horas en una estufa a 70°C se volvió a pesar para calcular la humedad y conocer la producción de biomasa seca. Esta labor se llevó a cabo en el Laboratorio Ambiental de Gardelegi.

En lo que se refiere a la **caracterización de meso y macrofauna**, se han colocaron 5 trampas "Pitfall Trapping" en 5 parcelas elegidas aleatoriamente (cubriendo todos los

tratamientos). En este caso se realizaron dos muestreos en vez de tres, uno en primavera y otro en otoño de 2018.

Por último, también se midieron parámetros físico-químicos del suelo como son la humedad (con higrómetro), temperatura (con termómetro), pH (con tiras de papel) y el tiempo de infiltración en el suelo. Para este último caso, se vertieron 235ml de agua en una tubería previamente introducida 2cm en el suelo con una sección de 10cm de diámetro para simular la capacidad de campo del suelo, tras su infiltración, se volvió a verter 235ml para esta vez medir el tiempo de infiltración partiendo en todas las parcelas de una base común, esto es, del estado del suelo en capacidad de campo (NEIKER, Tarjetas de Salud del Suelo).

Regeneración de zonas degradadas mediante “Hugelkultur”:

En esta segunda experiencia se actuó en una zona degradada al Oeste del Municipio de Vitoria-Gasteiz, situado entre el Polígono Industrial de Jundiz y la Autovía A1. Se trata de un proyecto de restauración ecológica y paisajística en la zona llamada “Mendebaldea” donde se están aplicando Soluciones Basadas en la Naturaleza (NBS). Este ámbito está previsto que pase a ser parte del Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz y actúe como parque y zona de esparcimiento a la vez que pueda ofrecer abastecimiento alimentario y energético para la ciudad, así como un espacio donde valorizar el residuo orgánico generado en la ciudad.

La técnica de “Hugelkultur” consiste en enterrar restos leñosos formando un montículo, donde, durante años se dará el proceso de compostaje y biodegradación de forma natural proporcionando nutrientes y humedad a la vegetación establecida encima de él. Esta técnica se utiliza sobretodo en jardinería, horticultura o permacultura, pero teniendo en cuenta a la escala en la que se ha realizado, el uso de esta técnica como gestión Municipal de residuos leñosos de gran calibre es pionero; ya que se ha realizado una gran mota lineal (de unos 2m de alto x 400m de largo) que actuará como pantalla visual ante el polígono industrial y como soporte de plantaciones forestales.

Además, sobre el Hugelkultur se realizaron muestreos y un diagnóstico del estado de la salud del suelo mediante el uso de una sencilla herramienta denominada Tarjetas de Salud del Suelo (TSS), que utiliza indicadores físicos, químicos y biológicos para la valoración del estado del suelo. Estas TSS se desarrollaron para un Programa de Ciencia Ciudadana del Suelo de Vitoria-Gasteiz donde I@s ciudadan@s de forma voluntaria pueden usar estas tarjetas en sus propias parcelas agrícolas o jardines. De esta manera se podrá valorar el impacto de una nueva intervención (recuperación de un entorno degradado en este caso) a lo largo del tiempo. Se ha realizado un único muestreo en otoño de 2018 con la intención de seguir haciendo dos muestreos anuales, uno en primavera y otro en otoño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Aplicación de compost en zonas verdes:

La caracterización y analítica tanto del suelo receptor como los compost aplicados ofrecieron los siguientes resultados:

	SUELO RECEPTOR	COMPOST VIVERO	COMPOST TMB
Cd	0,38 mg/Kg	<0,5 mg/Kg	0,8 mg/Kg
Co	5,68 mg/Kg	<20 mg/Kg	120 mg/Kg
Zn	34,06 mg/Kg	47 mg/Kg	500 mg/Kg
Ni	15,34 mg/Kg	<5 mg/Kg	31 mg/Kg
Cr tot.	13,02 mg/Kg	<10 mg/Kg	50 mg/Kg
Pb	10,94 mg/Kg	5,6 mg/Kg	100 mg/Kg
N tot.	0,15%	2,07%	2,78%
Materia seca	80,34%	83,70%	82%
pH	8,16	7,55	8,7
Densidad aparente	1 Kg/L	-	-
Conductividad	152,4 microS/cm	2,64 dS/m	7 dS/m
Materia orgánica	2,82%	55,70%	61,30%

Tabla 1: Resultados de las analíticas del suelo y compost.

El inventario de flora silvestre y espontánea determinado en la rotonda elegida para el estudio, arrojó como resultado las siguientes especies vegetales:

Acinos alpinus
Achillea millefolium
Andryala integrifolia
Bellis perennis
Carex flacca
Cirsium vulgare
Dactylis glomerata
Daucus carota
Dipsacus fullonum
Dorycnium pentaphyllum
Festuca arundinacea
Foeniculum vulgare
Genista hispanica
Hypericum perforatum
Leucanthemum vulgare
Lotus corniculatus
Medicago lupulina
Myosotis arvensis
Onobrychis viciifolia
Ophrys fusca
Ophrys sphegodes
Ophrys passionis
Picris echioides
Picris hieracioides
Poa pratensis
Ranunculus bulbosus
Rumex crispus
Sanguisorba minor
Senecio jacobea (Jacobea vulgaris)
Sonchus tenerrimus
Taraxacum vulgare
Tragopogon crocifolius
Trifolium campestre
Trifolium repens/pratense
Verbena officinalis
Vicia sativa

Biomasa vegetal seca

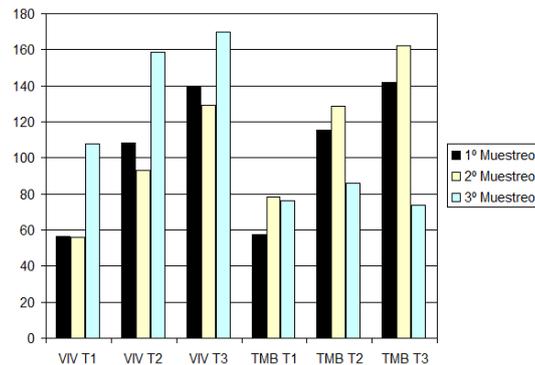


Gráfico 1: Producción de biomasa vegetal seca (g/m^2), tres Muestréos.

La producción de biomasa vegetal seca medida en estos tres momentos muestra una clara correlación entre el aporte de compost al suelo de la rotonda y la producción vegetal, en todos los casos se da una mayor producción de biomasa para las parcelas en las que más compost se ha añadido menos en el tercer muestreo para el caso del TMB T3. Las abreviaturas que se observan en el gráfico hacen referencia a:

VIV T1: La media conseguida en las 4 parcelas-control correspondientes a la zona de aplicación deL compost del Vivero.

VIV T2: La media conseguida en las 4 parcelas correspondientes al compost del vivero y con una dosis de 300 KgN/ha.

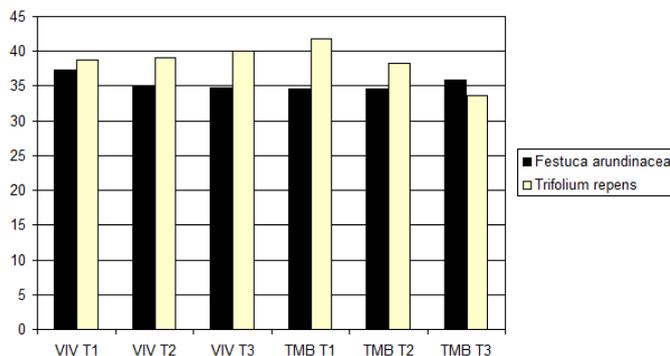
VIV T3: La media conseguida en las 4 parcelas correspondientes al compost del vivero y con una dosis de 600 KgN/ha.

TMB T1: La media conseguida en las 4 parcelas-control correspondientes a la zona de aplicación deL compost de la Planta de TMB.

TMB T2: La media conseguida en las 4 parcelas correspondientes al compost de la Planta de TMB y con una dosis de 300 KgN/ha.

TMB T3: La media conseguida en las 4 parcelas correspondientes al compost de la Planta de TMB y con una dosis de 600 KgN/ha.

SPAD



Fv/Fm'

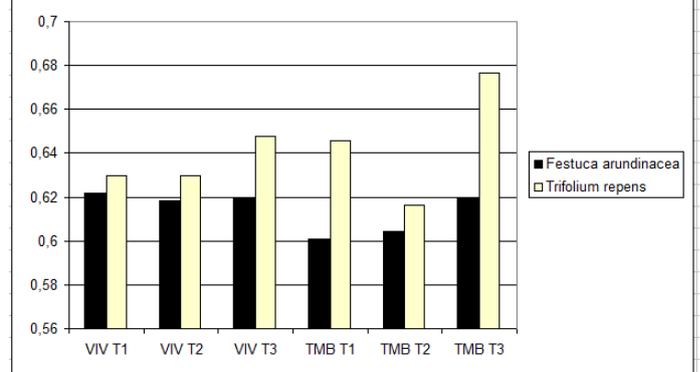


Gráfico 2: Resultados obtenidos de pigmentos fotosintéticos (SPAD, izqda..) y de fluorescencia de la clorofila (F_v/F_m' , dcha.).

El gráfico de la izquierda muestra la cantidad de pigmentos fotosintéticos medidos con el SPAD en dos especies vegetales, y el gráfico de la derecha muestra el parámetro de fluorescencia F_v/F_m' en las hojas de las mismas especies vegetales. A la vista de los resultados, no se ha podido constatar relación entre la aplicación de compost y estos parámetros fisiológicos. De todas maneras, sí que se puede constatar que la especie leguminosa (*Trifolium repens*) presenta en ambos casos un mejor estado fotosintético que la especie herbácea (*Festuca arundinacea*) al tener más pigmentos fotosintéticos y ser estos más eficientes en la captación de la luz.

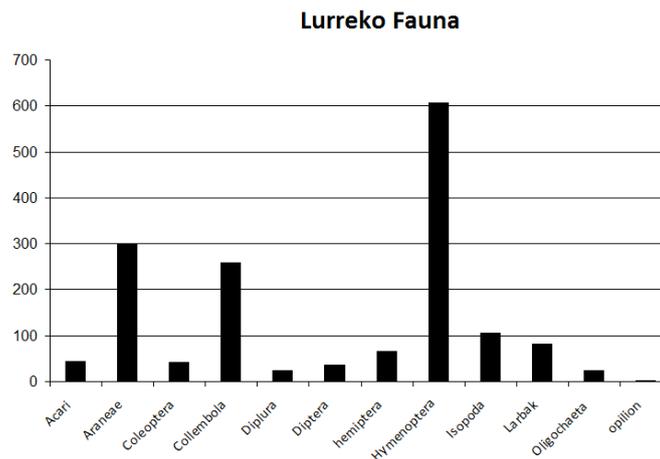


Gráfico 3: Meso y macrofauna total recolectada.

Tras analizar los muestreos de meso y macrofauna no se observaron correlaciones entre el aporte de compost y la presencia o abundancia de los mismos. Por ello los datos conseguidos mediante la técnica "Pitfall Trapping" sirven de momento como inventario de meso y macrofauna de las parcelas.

Regeneración de zonas degradadas mediante "Hugelkultur":

Tras la aplicación de las TSS que ofrecen una valoración del estado de salud cualitativa, la nota inicial en el primer muestreo llevado a cabo en otoño de 2018 fue de 4,77 puntos sobre 10. Teniendo en cuenta que el Hugelkultur está en sus fases iniciales tras todos los movimientos de tierra para su ejecución, es de entender que presente una nota baja; se espera que la nota vaya subiendo tras un proceso natural de descomposición de la materia orgánica, establecimiento posterior de la vegetación y formación de un suelo estable.

PROPUESTAS A FUTURO:

El compost procedente de la planta de TMB, aunque haya demostrado beneficios en el suelo y vegetación, no alcanza la calidad A según el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes sino la calidad B. Como se menciona en el Plan de Prevención y Gestión de Residuos Urbanos de Árabá (PRU 2030), la Planta no está técnicamente preparada para compostar de forma adecuada la fracción orgánica recogida selectivamente. Atendiendo a criterios organolépticos en el momento de su uso en el experimento, este compost presentó mal olor, un porcentaje de impropios (vidrio, pequeñas baterías, plásticos...) del 12,73% sobre el total de muestra y una humedad baja del 18%. Por estos motivos, el uso de este tipo de compost en parques y jardines

públicos generaría rechazo por parte de las personas usuarias por los impropios que contiene. Además, una reiterada aplicación podría derivar en la posible contaminación del suelo a largo plazo por el contenido de metales pesados como el Plomo, Mercurio o Cobre (Rad C., 2018) y un potencial peligro para la persona que manipula este producto al respirar partículas en suspensión (The Composting association, 1998). Por ello, en base a las experiencias ensayadas, se recomienda apostar por la implantación de proyectos de compostaje a pequeña escala y descentralizados (compostaje domiciliario, comunitario, agrocompostaje...) partiendo de una separación y tratamiento en origen de los restos orgánicos domésticos y de un control y seguimiento posterior como modelo de gestión de la FORM y para posibilitar la creación la de compost de calidad que permitan mejorar y rentabilizar su manejo; el compost obtenido en estas condiciones ofrece una mejor calidad y propiedades estructurales y fertilizantes para los suelos (Storino, 2017).

El compost del vivero, alcanzando la calidad A según el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes, resulta adecuado para aplicar en los parques y jardines directamente o incluso en parcelas agraria municipales para producción agroalimentaria. Los resultados muestran una conducta favorable del suelo y plantas ante este compost. La aplicación idónea sería la de 300KgN/ha, ya que la dosis doble demostró un crecimiento excesivo de biomasa que obligaría a aumentar el número de siegas del jardín o parque con el coste económico asociado. En concreto, la dosis de 600KgN/ha presentó de media una producción superior al 25% en peso seco sobre la dosis aplicada de 300KgN/ha. Para la aplicación de este compost en la ciudad sería necesario controlar la humedad en el proceso de maduración del compost, conseguir que se seque lo suficiente (mediante tapado y sin regar mucho en sus últimas fases) y finalmente utilizar un remolque esparcidor de compost de pequeña talla sin problemas de atascamiento.

En cuanto a la técnica "Hugelkultur" se aconseja su empleo por ser un método sencillo y económico de aprovechamiento de restos leñosos de gran calibre; sobretudo para zonas de restauración ecológica y paisajística que se estén llevando a cabo o se vayan a realizar en el entorno de la ciudad, como podrían ser para el caso de Vitoria-Gasteiz el Cerro de las Neveras o las Graveras de Lasarte. Sería aconsejable realizar un estudio de costes económicos que permitiera comparar esta técnica (transporte del material, apertura de zanja en el suelo, colocación y posterior tapado con materia orgánica fina y finalmente con tierra vegetal), frente a su depósito en vertedero (transporte, tasas de vertido, tasas de control y seguimiento tras la clausura del vertedero), almacenamiento y astillado o gestión por una empresa autorizada externa.

BIBLIOGRAFÍA:

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. Consulta: 28/09/2018. Fuente: https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?aplicacion=wb021&tabla=contenido&uid=app_i34_0040&idioma=es

FAO (2018) Forests and Sustainable Cities. Consulta: 29/05/2018. Fuente: <http://www.fao.org/3/i8838en/I8838EN.pdf>

Navarro RM^a, Maldonado R y Ariza D (2004) Fluorescencia de la clorofila de cinco precedencias de *Pinus halepensis* Mill y su respuesta al estrés hídrico. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2979507.pdf>

NEIKER- Tarjetas de Salud del Suelo para conocer el estado de los ecosistemas agrícolas. Consulta: 07/11/2018. Fuente: <http://www.neiker.net/neiker-crea-unas-nuevas-tarjetas-de-salud-para-conocer-el-estado-de-los-ecosistemas-agricolas/?lang=es>

Observatorio de Residuos Urbanos de Álava (2017). Consulta: 28/09/2018. Fuente: http://www.araba.eus/cs/Satellite?c=Page&cid=1224001265949&pagename=DiputacionAlava%2FPage%2FDPA_contenidoFinal

Plan de Prevención y Gestión de Residuos Urbanos de Álava (PRU 2030). Consulta: 28/09/2018. Fuente: http://www.pru2030araba.eus/wp-content/uploads/2018/08/1_Plan.pdf

Rad C, 2018. Management strategies of organic wastes for environmental protection against trace metal contamination. Presentación ofrecida en el 3º Curso de Verano del Proyecto PhytoSUDOE. Consulta: 28/09/2018. Fuente: <http://www.phytosudoe.eu/aforo-completo-en-la-tercera-y-ultima-edicion-del-curso-de-verano-de-phytosudoe/>

Red Española de Compostaje. De Residuo a Recurso, El Camino hacia la Sostenibilidad (2014). ISBN: 978-84-8476-689-6

Storino F, 2017. Tesis Doctoral. Compostaje Descentralizado de Residuos Orgánicos Domiciliarios a Pequeña Escala: Estudio del Proceso y del Producto Obtenido. Consulta: 28/09/2018. Fuente: <http://www.compostaenred.org/documentacion/TESIS%20Francesco%20Storino.pdf>

The Composting association. Health and Safety at Composting Sites, A Guidance Note for Site Managers 1998. ISBN: 0953254615

Una Norma Española, UNE-EN 14899:2007. Caracterización de residuos. Toma de muestras de residuos. Esquema para la preparación y aplicación de un plan de muestreo.