

Aprovechamiento de
**Arribazones Naturales y
Residuos Vegetales de Jardinería**
como fuente de materia orgánica para la elaboración de

Compost



Financiación

Programa Nacional Petri para la Transferencia de Resultados Científicos y Técnicos (CICYT).

Organismos y entidades participantes

- Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información. Gobierno de Canarias.
- Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM).
- Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA).
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (ITC)
- Urbaser, S.A.
- Elmasa Medioambiente, S.A.
- Cooperativa Agrícola N.º. Sra. de Abona

En Canarias la superficie destinada a usos agrícolas es aproximadamente 50.737 ha, estando la mayor parte dedicada al cultivo intensivo. Esto ha originado un empobrecimiento de materia orgánica del terreno, que puede ser solventado mediante la aplicación de abono y enmiendas orgánicas.

La elaboración de compost de residuos urbanos no ha sido desarrollada en las islas Canarias con calidad agronómica óptima, por lo que el agricultor ha tenido que recurrir a la compra de un compost de importación con un precio muy elevado.

Por otro lado, la gran cantidad de arribazones vegetales que llegan a nuestras costas, así como los residuos vegetales procedentes de jardines, constituyen una materia prima que puede ser utilizada para la elaboración de un compost de calidad.

Las grandes acumulaciones de algas y plantas marinas en las orillas de las playas son causadas generalmente por el azote de grandes oleajes y temporales en la franja costera y conllevan grandes beneficios para el ecosistema del litoral. Su retirada sólo se justifica cuando se hace imprescindible garantizar unas condiciones higiénico-sanitarias óptimas para el uso y disfrute de las playas.

Durante los años 2004-2007, el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) realizó una evaluación del fenómeno natural de los arribazones vegetales en la isla de Gran Canaria y de su gestión, bajo el marco del Proyecto InterregIIIIC-CosCo "Desarrollo regional para la cooperación en costas del ciclo de plantas marinas y concentración de algas", donde se detectó que no existe un sistema unitario y específico de retirada o un registro histórico que permita el desarrollo de un plan de revalorización y aprovechamiento de este tipo de residuos. Por otro lado, los actuales sistemas de retirada podrían estar planteando serios problemas en las playas, debido a una posible alteración en la dinámica sedimentaria del litoral o en los propios procesos naturales del mismo. Por tanto, se recomendó a las instituciones y organismos competentes llevar un control y valorar la necesidad y el efecto de su retirada, así como un sistema que permita predecir en tiempo y lugar su aparición, con el objetivo de poder llevar a cabo un plan de recogida efectivo y un posible aprovechamiento industrial.

Partiendo de estos antecedentes, el compostaje de las materias primas seleccionadas en este proyecto se plantea como una alternativa a los problemas mencionados, ya que podría permitir:

- Obtener productos agro-ecológicos con un alto contenido en elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.
- Fomentar el reciclaje de estos materiales, evitando así su deterioro en vertederos.
- Permitir a las empresas encargadas de la limpieza de playas y jardines, preocupadas por la implantación de las nuevas directivas europeas relativas al vertido, aprovechar sus residuos y convertirlos en un recurso.



Interés empresarial y funciones

Las distintas empresas participantes, decidieron colaborar en este proyecto en base a una serie de intereses relacionados con su actividad empresarial cumpliendo para ello con una serie de funciones específicas para el desarrollo del mismo.

Urbaser, S. A.

- Recogida selectiva de arribazones en playas del municipio de San Bartolomé de Tirajana.

Elmasa Medio Ambiente, S. A.

- Separación y triturado de los residuos vegeta-

les y transporte de los mismos a la planta de compostaje.

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (ITC)

- Valoración y caracterización de los arribazones vegetales.
- Adaptación de las técnicas de procesado y conservación de los arribazones vegetales.

Cooperativa Agrícola Nuestra Señora de Abona.

- Realizar los ensayos con los productos obtenidos del proceso de compostaje.

Objetivos

GENERAL

Implantar a escala semi-industrial técnicas de obtención de productos agro-ecológicos (compost) basadas en el aprovechamiento de residuos vegetales, (arribazones naturales de algas, fanerógamas y restos de poda), con el fin de transferir a las empresas del sector la obtención de productos ecológicos de alto valor añadido a partir de la reutilización de sus propios residuos.

ESPECÍFICOS

- **Adaptar las técnicas de procesado y conservación de la materia prima.** Introduciendo como novedad una tecnología de tratamiento de los arribazones vegetales que haga posible su almacenado y conservación. En cuanto a los residuos vegetales de jardinería, la técnica adap-

ta un proceso de triturado apto para su posterior mezcla con los arribazones en el paso previo al proceso de compostaje.

- **Valorar la calidad de la materia prima.** Mediante la caracterización del potencial fertilizante y de la calidad físico-química del arribazón tratado y de los residuos vegetales de jardinería.
- **Optimizar el proceso de compostaje a escala semi-industrial.** Mediante la optimización de la mezcla final y de los procesos de compostaje y la valoración agronómica del producto final entregable (compost).
- **Estudiar la viabilidad económica a escala semi-industrial.** Con el fin de constatar la rentabilidad económica del proceso de obtención de productos agro-ecológicos (compost) basado en el aprovechamiento de residuos vegetales.

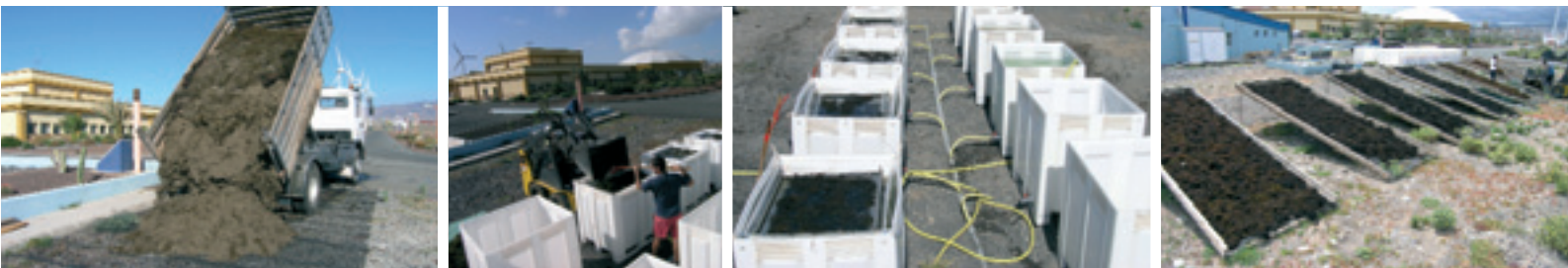
Fases del Proyecto

Fase I

Tratamiento y procesado de los arribazones de algas

Debido al carácter súbito y masivo de los arribazones en Canarias, con una frecuencia difícil de predecir y por tanto, escasa planificación de gestión,

se plantea como novedad en la primera fase de este proyecto, la obtención de una tecnología de tratamiento (desarenado, endulzado, secado) que haga posible su almacenado y conservación para su posterior uso en el proceso de compostaje.



Volcado, desarenado, endulzado y secado de los arribazones vegetales.

Caracterización taxonómica del arribazón vegetal

La composición taxonómica del arribazón se determina mediante el pesado en porcentaje de

PF de una muestra superior a 10 kg PF, de las fanerógamas marinas y de las diferentes divisiones de algas que conforman la muestra con presencia superior al 10 %.

Fase II

Proceso de compostaje

En esta fase el proceso de compostaje se redimensionará a escala semi-industrial, siendo su carácter

innovador el uso de algas y fanerógamas marinas deshidratadas como materias primas, modificando los niveles de humedad y las proporciones.

Fase III

Viabilidad económica del proceso

Este proyecto pretende tener una evaluación final no sólo de los aspectos técnicos del pro-

ceso y de la calidad del producto, sino de los costes y rentabilidad potencial para las empresas implicadas e interesadas en el proceso.

Tecnología

Fase I. Tecnología de tratamiento de los arribazones vegetales

VOLCADO

Se realiza en una zona de recepción tipo cernidera, de forma que a medida que se manipula el arribazón la arena se va eliminando de la materia prima a tratar.

están recubiertos por sacos de áridos con el fin de recuperar la arena una vez terminado el proceso y evacuada el agua de los tanques.

DESARENADO

Por decantación introduciendo el material en cestas flotantes sumergidas en tanques de agua salada. Las algas y plantas marinas al verterlas en los tanques tienden a flotar favoreciendo la separación por decantación de la arena en el fondo de los tanques, los cuales

ENDULZADO

El material vegetal desarenado, se deja escurrir en las cestas y posteriormente se introduce en tanques de agua dulce proveniente de depósitos recolectores de agua de lluvia.

SECADO

Fase de deshidratado del material una vez desalado y escurrido en secaderos expuestos al viento y al sol.

Fase II. Tecnología del proceso de compostaje

Valoración de la calidad de materia prima.

El potencial fertilizante y la calidad físico-química de la materia prima (arribazón vegetal procesado y residuos vegetales de jardinería), son analizados con el fin de obtener una mezcla final óptima. Para ello se analizan parámetros tales como contenido de sustancias nutritivas, relación C/N, tamaño de las partículas, contenido en metales pesados, humedad, salinidad y temperatura.

Estimación de la mezcla óptima.

Esta estimación se obtiene a partir de los resultados analíticos de carbono y nitrógeno de los arribazones y restos de jardinería, aplicando las ecuaciones de Labrador (2001) y Negro et al (2000).

Elaboración del compost.

El proceso de compostaje¹ consiste en convertir la materia orgánica (arribazones vegetales y res-

¹ Realizado siguiendo las normas de producción ecológica del Reglamento (CEE) N°2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 y sus posteriores modificaciones.



Materia prima; arribazón vegetal y residuos vegetales de jardinería.
Mezcla de materiales a compostar.
Elaboración de la pila de compostaje.

tos vegetales de jardinería) en humus, mediante un proceso de metabolización biológica viva en condiciones aerobias, es decir, fermentación en presencia del oxígeno del aire.

El compostaje de los materiales se realiza con pilas en forma de camellones con una base de 1.5 m y 1.5 m de altura. Estos camellones se conforman con una pala mecánica formando diferentes capas de los materiales a compostar, según la proporción óptima estimada.

Una vez realizada la pila se pasa la volteadora, para mezclar los materiales y humedecerlos si fuese necesario. Finalmente las pilas se cubren con una manta Top Tex impermeable al agua y permeable a los gases.

El sistema de compostaje abierto, con presencia de oxígeno en pilas abiertas, se divide en cuatro etapas (termófila, mesófila, de enfriamiento y de maduración), en las cuales se controlan los parámetros temperatura, nivel de CO₂, humedad y pH.

Control de parámetros

- El nivel de CO₂ es controlado diariamente, a través de cuatro sondeos, para estimar la demanda de oxígeno en cada una de las fases siendo ésta, baja en la fase mesófila, alta en la fase termófila y disminuyendo al final del proceso.
- La temperatura es controlada diariamente con cuatro sondeos por pila. Ésta varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. Al inicio del proceso el material se encuentra a T^a ambiente, a los pocos días se alcanza los 40 °C, fase mesófila, y a medida que avanza el proceso la temperatura continúa ascendiendo hasta alcan-

zar la fase termófila, con valores comprendidos entre los 60-70 °C.

El incremento de la temperatura (60-65 °C) se alcanza mediante una adecuada relación C/N de sus componentes (25-35), control de la humedad (30-50%) y aireación suficiente.

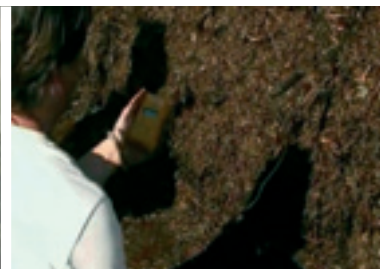
Estas elevadas T^a se mantienen durante varios días destruyendo las bacterias patógenas, los parásitos y residuos químicos presentes en los residuos de partida e inhibiendo la germinación de las semillas adventicias. Cuando la totalidad de la materia orgánica se ha transformado, la temperatura empieza a disminuir hasta los 40° C, etapa final de la fase termófila. Por último, se produce una nueva fase mesófila o de enfriamiento y una fase final de maduración en la que la temperatura se iguala a la del medio ambiente.

- El pH se controla semanalmente. Este parámetro varía de la siguiente forma, ácido en la fase mesófila, básico en la fase termófila y neutro o ligeramente básico en la fase de maduración.

Caracterización química y microbiológica del compost elaborado

Tras la fase de maduración se llevan a cabo una serie de controles analíticos que incluyen, además de las analíticas realizadas para valorar la calidad de la materia prima las siguientes:

- Contenido en nitrógeno amoniacal.
- Relación C/N: que debe estar entre 12 y 15.
- Valoración sensorial: control del color, olor, homogeneidad, impurezas y tacto del compost obtenido.
- Análisis microbiológico: recuento de bacterias aerobias, actinomicetos, levaduras, hongos y *E. Coli*.



Humedecimiento de la pila.
Pila de compost elaborada.
Control de nivel CO₂ y control de la temperatura.

Resultados

Fase I. Tratamiento y procesado de arribazones vegetales

Los arribazones procesados en la planta de Pozo Izquierdo del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), proceden de dos zonas costeras de la isla de Gran Canaria, Playa de Arinaga (AR), localizada en el sector este-sureste de la isla y Castillo del Romeral (CR), localizada en la zona sursureste.

En cada una de estas zonas el material recolectado, por los servicios de limpieza de playas de los municipios afectados, procede de dos épocas de arribadas de algas y plantas marinas a la costa durante los meses junio (AR-06 y CR-06) y julio (AR-07 y CR-07).

En la playa de Arinaga, el procedimiento de limpieza y retirada de los arribazones depende de la zona de la playa, ya que en ésta, se distinguen zonas de arena y cantos rodados o "callaos" y zonas de pedregal y rasas eulitorales. La retirada de este material se lleva a cabo mediante un tractor y una cuadrilla de limpieza, encargada de la recogida del arribazón con orcas y rastrillos en las zonas donde la recogida con el tractor no es operativa. La recogida del arribazón en la zona de Castillo del Romeral se realiza mediante la actuación directa de un tractor.

El material recolectado fue transportado hasta las instalaciones del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), en Pozo Izquierdo, donde se realizó el proceso de tratamiento de estos arribazones vegetales.

La técnica seguida para el tratamiento de estos arribazones ha sido la descrita en el apartado de tecnología. A partir de la aplicación de esta tecnología se han obtenido los siguientes resultados:

Composición taxonómica del arribazón vegetal

Las dos áreas de recogida de arribazón presentan claras diferencias en cuanto a la composición taxonómica, ya que la diversidad de especies de

Proceso de desarenado

- Esta tecnología es viable cuando el contenido en arena del arribazón vegetal, retirado de la playa, es inferior al 40%, ya que contenidos superiores ralentizan y dificultan el proceso haciéndolo inviable.
- La capacidad de eliminación del contenido en arena es del 90% - 95%, por lo que existe siempre un contenido residual de arena inferior al 5%.

Proceso de endulzado

- La capacidad de eliminación del contenido en sal, empleando 3m³ de agua de lluvia por tonelada de peso fresco de algas, es del 70%, por lo que se suele tener un contenido residual en sales solubles inferior al 7%.

Proceso de deshidratado

- El secado de una tonelada de peso fresco de algas, para una posterior conservación y almacenaje óptimo, requiere de 60-80 m² de superficie de secadero y entre 48-72 horas dependiendo de las condiciones ambientales.
- El contenido residual en humedad fue inferior al 14%, por debajo del contenido máximo permitido según la normativa española y europea en materia de productos fertilizantes (Real Decreto 824/ 2005).

Dentro de esta primera fase de tratamiento del arribazón vegetal se realizaron estudios para determinar la composición taxonómica del arribazón y las características físico-químicas del mismo.

cada uno de ellos esta íntimamente relacionada con la flora presente en las zonas circundantes a las áreas de arribada.



Vista de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Canarias en Pozo Izquierdo.
Cystoseira abies-marina.
Ulva sp.

En la playa de Arinaga los arribazones están constituidos prácticamente en su totalidad por algas pardas (Chromophycota), mientras que en la zona de Castillo de Romeral, tienen una composición mixta de algas rojas (Rhodophycota) y algas verdes (Chlorophycota) (Figura 1).

Cystoseira abies-marina es la especie predominante en los dos arribazones vegetales retirados. El resto de especies presentes en estos arribazones no representó más de un 6% del porcentaje total, motivo por el que han sido considerados como arribazones monoespecíficos de *Cystoseira* (Figura 2).

Playa de Arinaga: en esta localidad situada en el sector este-sureste de la isla, el alga parda

Castillo del Romeral: en la zona sursureste, los arribazones vegetales retirados presentaron 4 especies

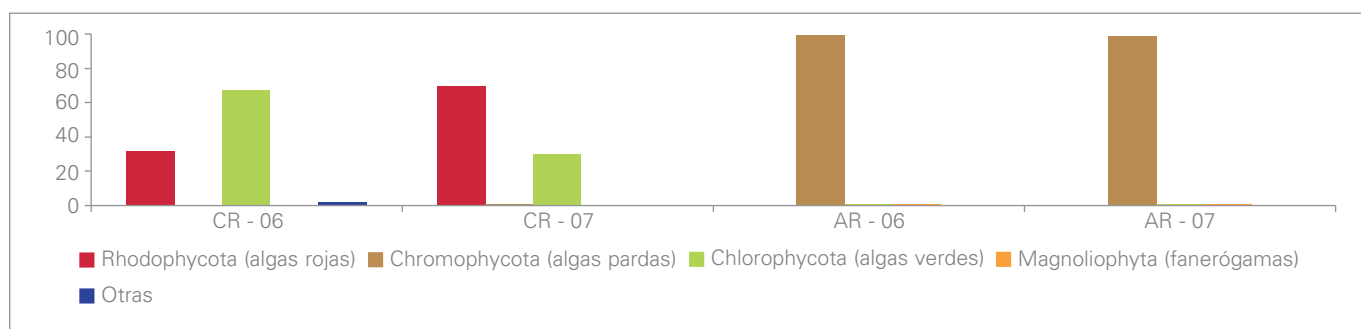


Figura 1. Composición taxonómica por zonas de los arribazones recolectados.

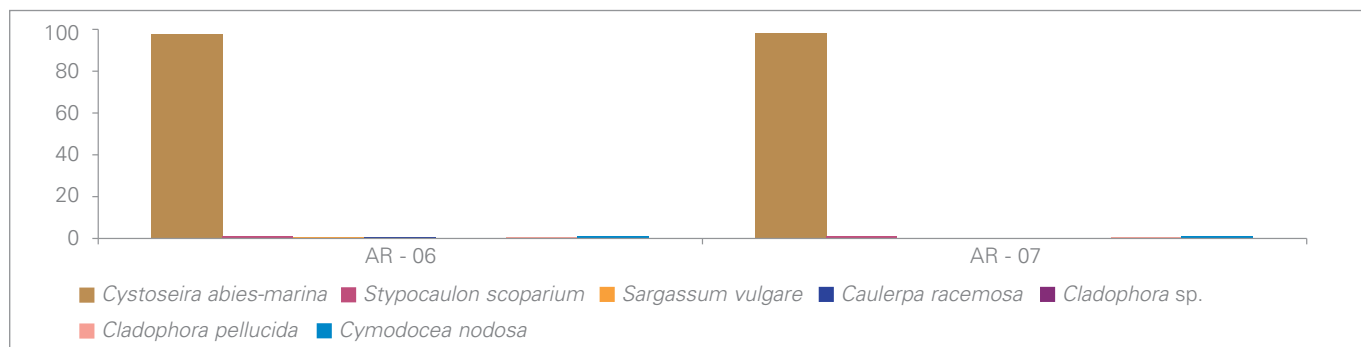


Figura 2. Composición taxonómica específica de los arribazones de Playa de Arinaga.

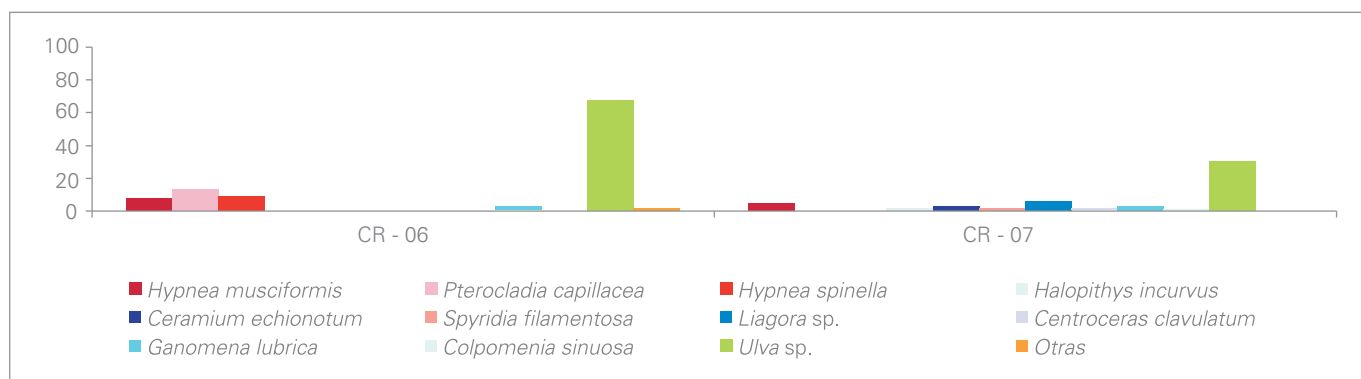


Figura 3. Composición taxonómica específica de los arribazones de Castillo del Romeral



predominantes, tres de ellas pertenecientes al grupo de las Rhodophycotas o algas rojas (*Hypnea spinella*, *Hypnea musciformis*, *Pterocladia capillacea*) y la

más abundante, en ambos arribazones recolectados, *Ulva* sp. (Foto 14) perteneciente al grupo de las algas verdes (Chlorophycota) (Figura 3).

Características físico-químicas del arribazón vegetal

La caracterización físico-química (contenido en arena y piedras, humedad, salinidad y biomasa) fue muy variable dependiendo del tipo de arribazón, de los sistemas de retirada de los mismos y de la zona de la playa donde se depositó el material.

De estos parámetros, el contenido en arena del arribazón vegetal retirado fue el factor más relevante y a tener en cuenta por las elevadas sumas encontradas. Estos altos porcentajes de arena suponen, con las actuales tecnologías de procesado, la inviabilidad de cualquier planteamiento de reutilización a nivel industrial del material biológico presente.

El contenido en sales solubles que contiene la fracción algal fue otro de los parámetros a deter-

minar, ya que las altas salinidades podrían suponer un serio problema en los suelos de las Islas Canarias, si se utilizara este material como materia prima para fertilizantes, compost o enmienda orgánica. Este contenido en sales solubles se correlaciona con la relación entre el peso seco y peso fresco (PS/PF) de las algas retiradas, ya que valores bajos de la relación PS/PF suelen indicar un alto contenido interno del alga en agua y esto conlleva, tras el proceso de secado, que exista un mayor contenido en sales solubles.

Al igual que en la composición taxonómica, las distintas zonas de recogida de arribazón se comportaron de manera diferenciada, tal y como describimos a continuación:

%	Playa de Arinaga		Castillo de Romeral	
	AR-06	AR-07	CR-06-I	CR-06-II
Algas secas	10	7	16	15
Humedad	44	45	61	75
Arena	46	47	22	6
Piedras	0	1	1	4
Total	100	100	100	100

Tabla 1. Porcentaje de algas secas, arena, humedad y piedras de las diferentes arribazones recolectados.

En la Playa de Arinaga el contenido en arena de los arribazones recolectados fue elevado con un 46 y 47%. En cuanto a la salinidad (Tabla 2), al tratarse de

arribazones monoespecíficos de *Cystoseira abies-marina* (>94%), los porcentajes se mantuvieron muy similares a la salinidad propia del alga, un 32%.

Salinidad (%)	Playa de Arinaga		Castillo de Romeral	
	AR-06	AR-07	CR-06-I	CR-06-II
	31,60	30	30,90	28

Tabla 2. Salinidad de los diferentes arribazones tratados.



Estación de Investigación Hortícola del ICIA en Gran Canaria.

Los arribazones vegetales procedentes de Castillo de Romeral, muestran un contenido en arena, 22 y 6%, muy inferior al registrado en Arinaga. Esta menor cantidad de arena se debe a que el arribazón, en ambas recolecciones, se acumuló en la zona de callaos de la cara norte del muelle pesquero de Castillo del Romeral. La composición taxonómica de los arribazones

recolectados en esta zona, fue diversa, predominando en este caso el grupo de las algas rojas y verdes. La especie mayoritaria en ambos arribazones fue el alga verde *Ulva* sp., con un 67.17% (CR-06) y un 29.93% (CR-07). Los valores de salinidad obtenidos fueron de 30.90 y 28% respectivamente, valores muy similares a la salinidad específica del alga verde *Ulva* sp.

Fase de compostaje. Fase II

El proceso de compostaje se realizó en la planta de la Estación de Investigación Hortícola del ICIA, en Santa Lucía de Tirajana, Gran Canaria, siguiendo

las normas de producción ecológica del Reglamento (CEE) 2092/91.

La segunda fase del proyecto, el compostaje de la materia prima (arribazón vegetal procesado y residuos vegetales de jardinería), se inicia con la valoración bioquímica de la biomasa vegetal, para determinar el potencial fertilizante y la calidad físico-química de la misma. Esta valoración de la calidad de la materia prima se realiza con el fin de obtener una mezcla final óptima, siguiendo para ello los métodos oficiales de análisis de suelos, plantas y fertilizantes del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Orden de 17 de septiembre de 1981 y posteriores modificaciones).

Valoración de la calidad de materia prima

al contenido máximo permitido según la normativa española y europea en materia de productos fertilizantes (Real Decreto 824/2005).

El tratamiento aplicado al arribazón vegetal, desareñado, endulzado y secado, para una posterior conservación del material, permitió obtener unos óptimos resultados de humedad con valores inferiores

Los resultados de las determinaciones analíticas de la materia prima (arribazones vegetales y residuos vegetales de jardinería) muestran que los arribazones vegetales contienen unos niveles de nutrientes principales, (nitrógeno, fósforo y potasio), así como de nutrientes secundarios (calcio, magnesio y sodio) óptimos, lo que pone de manifiesto la idoneidad de los mismos como materia prima para ser aplicada como fertilizantes, abonos o enmiendas orgánicas. Por lo general, los niveles de nutrientes detectados en los arribazones vegetales fueron además superiores a los obtenidos para los residuos vegetales de jardinería (tabla 3 y 4).

Finalizada la caracterización de las materias primas, se establecen las proporciones para determinar la mezcla óptima. Esta estimación se obtiene a partir de los resultados analíticos de carbono y nitrógeno de los arribazones vegetales y de los residuos vegetales de jardinería, aplicando para ello las ecuaciones de Labrador (2001) y Negro et al. (2000).

Estimación de la mezcla óptima

A partir de los resultados analíticos de carbono y nitrógeno, de los distintos materiales empleados, y de la aplicación de las ecuaciones mencionadas, se obtuvo una proporción 2,8:1:0,4 para la elaboración del compost de algas, compuesto de la mezcla de restos de poda, arribazones y césped, y una proporción de 3:1 para el compost control, compost a base de estiércol, compuesto por restos de poda y estiércol según la proporción indicada.



MATERIA PRIMA										
Parámetros	Arribazones vegetales				Residuos vegetales jardinería					
	CR-06	CR-07	AR-06	AR-07	HPS	HPV	AV	AS	RP	C
Humedad (%)	14	13	16	13	16	58	80	18	3	8
Peso seco (%)	86	87	84	87	84	42	53	82	97	20
pH E-1:5		6,7	6,3	6,6	6	5,9	7,6	6,4	7,3	
pH E-1:10	6,6									7,9
CE E-1:5 (dS/m)		25,5	29,6	21,8	8,6	15,2	5,1	3,5	3,6	
CE E-1:10 (dS/m)	13,6									5,9
C (% oxidación)	34,2	35,8	34,4	35	51,7	46,8	43,1	40,2	45,7	39
MO (% calcinación)	77,2	75,5	74,2	76,8	94,5	90,3	89,8	85	89,8	77,4
Cenizas (%)	22,8	24,5	25,8	23,2	5,6	9,7	12,2	15	10,1	22,6

Tabla 3: Parámetros analizados para determinar la calidad físico-química de la materia prima.

HPS: Hojas Palmera Seca, HPV: Hoja Palmera Verde, AV: Árboles verdes, AS: Árboles Secos, RP: Restos de Poda, C: Césped.

MATERIA PRIMA										
Nutrientes	Arribazones vegetales				Residuos vegetales jardinería					
	CR-06	CR-07	AR-06	AR-07	HPS	HPV	AV	AS	RP	C
P (%ps)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
K (%ps)	1,9	1,8	4,2	0,3	1,2	1,8	1	0,3	0,7	2,27
N (%)	2,86	2,9	1,47	1,63	0,8	0,76	1,02	1,29	0,76	2,3
N-NH ₄ (ppm)	2,86	2,9	1,47	1,63	0,83	0,24	6,46	1,29	0,76	0,95
N-NO ₃ (ppm)	8,8	25,9	0,2	4,44	0,86	19,9	17,5	15,8	1,2	23,1
Ca (%ps)	1	2,1	2,1	2,6	0,6	0,9	2,9	2,5	2,5	1,9
Mg (%ps)	2,01	1,38	0,95	0,98	0,25	0,24	0,26	0,44	0,24	0,44
Na (%ps)	2,11	2,76	1,64	3,34	0,37	0,19	0,18	0,19	0,11	0,52

Tabla 4: Nutrientes analizados para determinar el poder fertilizante de la materia prima.

HPS: Hojas Palmera Seca, HPV: Hoja Palmera Verde, AV: Árboles verdes, AS: Árboles Secos, RP: Restos de Poda, C: Césped.

MATERIA PRIMA										
Parámetros	Arribazones vegetales				Residuos vegetales jardinería					
	CR-06	CR-07	AR-06	AR-07	HPS	HPV	AV	AS	RP	C
C (% oxidación)	34,2	35,8	34,4	35	51,7	46,8	43,1	40,2	45,7	39
N (%)	2,86	2,9	1,47	1,63	0,8	0,76	1,02	1,29	0,76	2,3
C/N	11,96	12,34	23,40	21,47	64,63	61,58	42,25	31,16	60,13	16,96

Tabla 5: Nutrientes analizados para determinar el poder fertilizante de la materia prima.

HPS: Hojas Palmera Seca, HPV: Hoja Palmera Verde, AV: Árboles verdes, AS: Árboles Secos, RP: Restos de Poda, C: Césped.



Compostaje

El proceso de compostaje de ambos tipos de compost, compost de algas y compost control, se realiza con pilas en forma de camellones de 1.5 metros de base por 1.5 metros de altura. Estos camellones se conforman con una pala mecánica formando diferentes capas con la proporción anteriormente comentada (Alcoverro 2006). Seguidamente se pasa la volteadora y se humedecen los materiales hasta un porcentaje del 60%.

Una vez realizadas las pilas se cubren con una manta Top Tex impermeable al agua y permeable a los gases.

Estas pilas se controlan diariamente, realizando cuatro sondeos en los que se mide la temperatura y la aireación con un medidor de CO₂. A partir de estos datos se obtienen una serie de curvas

que nos van a indicar cuando humedecer y voltear las pilas.

Durante el proceso de compostaje se constata que las temperaturas máximas de las dos pilas no superen los 70 °C. La temperatura se mantiene entre los 60 y 70°C el tiempo suficiente para higienizar los materiales que se están compostando, ya que estas temperaturas garantizan la destrucción de patógenos y semillas adventicias. Durante un período aproximado de tres meses se efectuaron tres volteos con el consiguiente humedecimiento de los materiales obteniéndose un compost joven de tres meses. A continuación, se tapa la pila quedando en reposo hasta que la temperatura se estabiliza, transcurridos aproximadamente otros tres meses se obtiene finalmente un compost maduro.

Caracterización química y microbiológica del compost elaborado

El compost de algas resultante se caracteriza por tener un buen aspecto general, sin impropios y con una humedad correcta. Contiene un alto porcentaje en fibras vegetales y su composición es homogénea. La caracterización química muestra además un buen nivel de materia orgánica (MO), un bajo contenido en nitrógeno amoniacal soluble (N), un alto grado de estabilidad y una buena relación C/N. La fracción mineral destaca por sus niveles medios en potasio, fósforo, calcio y magnesio (tabla 6).

El análisis microbiológico del compost, revela la presencia de gran cantidad de hongos filamentosos y actinomicetos, buenos degradadores de celulosas que no son objetivo de las bacterias aerobias. En el caso de las colonias de hongos filamentosos detectadas, se determinó que los géneros más frecuentes fueron *Aspergillus* y *Penicillium*. Se observó también una alta proporción de colonias pertenecientes a la familia de los Zygomycetes (tabla 7).

PARÁMETROS QUÍMICOS										
Tipo de Compost	pH	CE	C	MO	N	P	K	Ca	Mg	C/N
Control	8,2	3,7	18,8	35,5	1,18	0,33	0,68	2,76	0,60	15,9
De Algas	8,4	3,8	19,2	35,4	1,01	0,26	0,52	2,28	0,66	19,0

Tabla 6: Parámetros químicos analizados en los dos tipos de compost elaborados.



Aspecto general del compost.
Invernadero tradiciona.
Abono verde.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGIOS (ucf/g)				
Compost	Bacterias aerobias	Actinomicetos	Levaduras y Hongos	Escherichia coli
De Algas	$2,37 \times 10^7$	$4,13 \times 10^6$	$1,38 \times 10^4$	0
Control	$2,23 \times 10^7$	$4,56 \times 10^6$	$2,90 \times 10^4$	0

Tabla 7: Recuento de bacterias aerobias totales (NAG), actinomicetos (AC), levaduras y hongos filamentosos (DRBC), y Escherichia coli (Mac Conkey) expresado en ufc/g.

Validación agronómica del compost

Para la validación agronómica del compost de algas elaborado, se diseñó un ensayo en un invernadero tipo canario. Dicho invernadero construido en la Estación de Investigación Hortícola del ICIA, en Santa Lucía de Tirajana (Gran Canaria) y reconvertido a ecológico desde el año 2002, presenta las siguientes características; tres metros de altura, con estructura de tubos galvanizados de una pulgada, techo plano y cubiertas de malla (laterales de 12x18 hilos/cm² y en techo de 11x9 hilos/cm²).

Diez meses antes de la plantación se sembró un abono verde a base de sorgo, el cual se segó tres veces y posteriormente fue semienterrado. Un mes antes de la plantación, y tras realizar previamente un estudio y diagnóstico del suelo, se aportó sulfato cálcico (300 g/m²) y posteriormente se suministró el compost.

Los tratamientos planteados para la validación agronómica se realizaron con compost de estiércol estándar de calidad comprobada, y con dos dosis distintas del compost de algas elaborado. Los tratamientos mencionados son los siguientes:

Tratamiento A = Compost de estiércol + restos vegetales de jardinería (10 Kg/m²).

Tratamiento B = Compost de arribazones + restos vegetales de jardinería (10 Kg/m²).

Tratamiento C = Compost de arribazones + restos vegetales de jardinería (5 Kg/m²).

En los tres tratamientos se realizó una siembra de tomate de la variedad Razimo (Rijkzwaan) con una densidad de 0,88 plantas/m² guiadas a dos tallos, siendo la dosis media de riego de 1,9 litros por planta y día.

En cuanto a la fertilización destacar, que tras la aportación del compost inicial no se añadió fertilizante alguno a lo largo del cultivo. Para el tratamiento de plagas se realizó un control biológico, a base de sueltas de auxiliares para el control de mosca blanca, minador y araña roja, mientras que para el tratamiento de enfermedades se utilizó azufre en espolvoreo para el control de *Leveillula taurica* (mancha amarilla) y oxiclورو de cobre como preventivo de enfermedades foliares.

Los resultados obtenidos en el estudio de validación del compost en cultivo ecológico (tabla 8) muestran los valores medios de producción similares en los tres tratamientos, confirmando que la aplicación de una dosis reducida al 50% de un compost en el que se han incluido arribazones (tratamiento C) puede lograr producciones similares a las obtenidas con el doble de dosis de un compost estándar (tratamiento A).

Los resultados de la validación agronómica permiten concluir que el compost de arribazones vegetales (algas y fanerógamas marinas) es una alternativa válida para la fertilización orgánica de los suelos.



Semi-enterramiento del abono.
Semi-enterramiento del compost.
Plantación.

VALIDACIÓN AGRONÓMICA					
Tratamientos	Producción (Kg)		Planta (Kg)		Nº de racimos
	Total	Comercial	Total	Comercial	
A	750,61	659,44	6,95	6,10	1744
B	748,31	656,59	6,42	6,08	1765
C	728,06	634,50	6,74	5,87	1708

Tabla 8: Resultados de la comparación entre los tres tipos de compost ensayados.

Viabilidad económica del proceso. Fase III

El fenómeno de los arribazones vegetales es un fenómeno natural, que tiene diversos efectos positivos sobre el ecosistema marino litoral, pero a su vez puede interferir de forma grave con el posible uso recreativo y turístico de las playas.

Actualmente, los arribazones retirados de las playas por los diferentes servicios de limpieza suelen contener porcentajes de arena considerables generando por tanto, un impacto medioambiental además de, imposibilitar cualquier planteamiento de reutilización del material biológico presente. La mayoría de los sistemas actuales de retirada no emplean una maquinaria específica para una retirada selectiva y óptima de los arribazones vegetales de sus playas. El destino final de estos residuos suele ser el vertedero municipal, sin realizar un adecuado tratamiento, lo que implica en ocasiones un incumplimiento de la normativa comunitaria sobre el vertido de materia orgánica.

Se plantea de esta forma un problema económico de interés consistente en la gestión adecuada de un recurso. A los costes directos asociados a la retirada de las algas (limpieza y traslado), habría que sumar el coste del impacto ambiental derivado del vertido de esta materia orgánica en vertederos y el coste de oportunidad derivado de la no utilización de un recurso cuyo valor no es cero. En relación al coste de oportunidad, existen numerosos estudios que muestran distintas opciones de utilización de las algas, lo que confiere a este recurso un valor implícito no despreciable que en la actualidad no se recupera de forma alguna.

En la actualidad este posible valor del recurso es simplemente ignorado, realizándose la extracción en aquellas zonas en las que el valor social de la playa limpia de arribazones supera el coste de su extracción y transporte al vertedero, ignorándose por tanto cualquier otro beneficio o coste, incluidos los medioambientales.

Valorización del recurso

Un proyecto LIFE de la Unión Europea con participación de la Universidad de Alicante¹, muestra distintas opciones de solución al residuo de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* en esta provincia.

Entre estas opciones destacan:

- La búsqueda de un método de eliminación de bajo impacto sin explotación económica del recurso.
- El tratamiento y reutilización del recurso: dentro de esta opción una de las propuestas es el compostaje de alto rendimiento, mediante la utilización combinada de fanerógamas mari-

¹ Proyecto Biocompost. LIFE00 ENV/E/000555. Demonstration plant of composting municipal sewage sludges and rice Straw, and evaluation the agronomic quality of the produced compost.

nas mezcladas con restos vegetales de jardinería para la obtención de un compost de alta

calidad y gran valor para su utilización en jardinería, agricultura, viveros y reforestación.

Análisis de viabilidad económica

Tratamiento y procesado de arribazones vegetales (algas y fanerógamas marinas)

El compostaje del arribazón vegetal no difiere del necesario para cualquier otro residuo vegetal sin embargo, requiere de un pretratamiento para eliminar los residuos de arena y rebajar su nivel de salinidad para que sean aptos para su compostaje.

El procedimiento de tratamiento de los arribazones vegetales desarrollado en este proyecto COMPOST permite la obtención de una materia prima en condiciones óptimas para ser compostada junto a otros restos de poda y jardinería.

Características técnicas del proceso

Requerimientos que garantizarían una cantidad mínima de tratamiento de 2.000 t peso fresco de arribazones recolectados anuales, como es el caso de la isla de Gran Canaria.

- Una planta de tratamiento en una zona con tomas y salidas de agua salada, con sistemas de captación de agua de lluvia y depósito de al menos 500 m³.
- Una superficie de secaderos de unos 1.000 m², para la última fase del tratamiento, con unidades individuales de 60 a 80 m²
- Una tasa mínima de lluvia de 100 l/m² año y altos recursos energéticos renovables como sol (radiación solar anual ≥ 1.500 kWh/m²) y viento (velocidad media viento ≥ 6 m/s).

Balance económico

Ingresos

La producción de la planta de compostaje ha sido estimada en 17.500 t de compost de calidad y 2.327 t de materia reciclable (vidrio, plásticos y metales) cuya venta permitirá la generación de ingresos.

Compostaje de los arribazones vegetales

El proceso de compostaje es el mismo independientemente de que la materia prima sean algas, restos de poda, restos agrícolas o una combinación de todas ellas, por lo que la solución económicamente más viable consiste en la construcción de una planta de compostaje para todos estos residuos que garantice un constante suministro de materia prima, en la que los arribazones vegetales constituyeran por tanto una de las fuentes de materia orgánica.

Para analizar la viabilidad económica del compostaje de arribazones vegetales se ha tomado como base para el cálculo una planta de compostaje de residuos agrícolas y ganaderos, donde se analizan los costes y la viabilidad de la construcción de dicha planta (Rodríguez, 2007).

A continuación se resumen algunas de las características de la mencionada planta:

- Superficie total: 20.000 m²
- Superficie total construida: 1.619,8 m².
- Capacidad de tratamiento de la planta de compostaje
 - Residuos Agrícolas: 32.000t anuales, de los cuales el 30% (9.600 t) es rechazado por no aprovechable, siendo el 70% restante, material reciclable susceptible de compostaje (22.400t).
 - Purines: 3.000t anuales.

Por la gestión de los productos recogidos se procederá al cobro de un canon tanto por tonelada de residuos como de lodos de depuración, de esta forma, se estiman los siguientes ingresos anuales:

Concepto	Cantidad (t)	Precio (€/t)	Total(€)
Venta de compost	17.500	30	525.000,00
Venta de Reciclados			
vidrio	1.312	9	
plástico	770	60	
metales	245	210	
Total			109.462,50
Canon de Gestión de residuos agrícolas	32.000	15	480.000,00
Canon de Gestión de Purines	3.000	9	27.000,00
Total			1.141.462,50

Tabla 9: Ingresos anuales de la planta de compostaje.

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		
Concepto	Coste (€)	%
Urbanización exterior	370.759,74	16,37
Nave	336.720,34	14,86
Edificios de oficinas	110.823,92	4,89
Depósitos y sala de máquinas	16.360,16	0,72
Zona de maduración	275.466,72	12,16
Estación transformadora de baja tensión	103.803,77	4,58
Maquinaria	1.017.866,02	44,93
Protección contra incendios	12.596,98	0,56
Seguridad y salud	15.982,01	0,71
Control de calidad	5.141,79	0,23
Subtotal	2.265.521,45	100,00
PRESUPUESTO CONTRATA		
Gastos generales (13%)	294.517,79	
Beneficio industrial (6%)	135.931,29	
Subtotal	430.449,08	
I.V.A (16%)	431.355,28	
Total	3.127.325,81	

Tabla 10: Presupuesto de construcción de planta de compostaje (Fuente: Rodríguez, 2007)

Gastos

Concepto	Gastos	Coste (€/ud)	Consumo (€)	Coste total
Materias primas y Energía	E. Eléctrica (kWh)	0,06	2.339.560	140.373,6
	Gasoil (l)	0,9	5.000,00	4.500,00
	Agua (m³)	2,00	2.000,00	4.000,00
Total				148.873,60

Tabla 11: Gastos anuales de materias primas y energía.

Concepto	Categoría (nº empl)	Sueldo	S.Social	Total/ud	Coste total (€)
Personal	Jefe de planta (1)	39.270,00	26.180,00	65.450,00	65.450,00
	Encargado (2)	15.270,00	10.180,00	25.450,00	50.900,00
	Conductor (4)	10.710,00	7.140,00	17.850,00	71.400,00
	Peon (10)	7.641,00	5.094,00	12.735,00	127.350,00
	Mecánico (1)	12.852,00	8.568,00	21.420,00	21.420,00
Total					336.520,00

Tabla 12: Gastos anuales de personal.

Concepto	Cantidad	Coefficiente	Coste total (€)
Gastos generales y mantenimiento		0,50% edificios y construcciones; 2% maquinaria, instalaciones y otros bienes de equipo	143.963,20
Amortización	Inmovilizado: 2.045.040,93	3% para edificios y construcciones; 8% para maquinaria e instalaciones; 10% para el resto de inmovilizado	125.124,52
Total			269.087,72

Tabla 13: Gastos anuales generales, de mantenimiento y amortización.

Concepto	Coste total (€)
Materias primas y energía	148.873,60
Personal	336.520,00
Gastos generales y mantenimiento	143.963,20
Amortización	125.124,52
Total	754.481,32

14: Total gastos anuales de explotación de la planta de compostaje.

Estos datos muestran la viabilidad económica de la explotación de la planta de compostaje diseñada, arrojando un beneficio empresarial de 386.981,18 euros anuales. Considerando una inversión inicial total de 3.127.325,81 euros, el Período Recuperación de la Inversión es de 8,08 años (inversión inicial/beneficio anual, lo cual no tiene en cuenta el coste de oportunidad del capital invertido). Considerando un periodo de explotación de 20 años y bajo el supuesto de tasa anual de descuento del 4,5% e inflación constante del 2,5% anual, el Valor Actual Neto (VAN) del Proyecto arrojaría una cifra positiva de 6.202.522,61 euros (incluso, considerando solamente los ingresos por venta de compost y por cobro de canon de gestión de residuos, el VAN de la planta ascendería a 4.448.060,98 euros). Adicionalmente, Rodríguez (2007) muestra las opciones existentes de subvención pública de la inversión que podrían servir para financiar la inversión y aumentarían la rentabilidad del proyecto.

Como conclusión, considerando la planta propuesta por Rodríguez (2007):

- La construcción de una planta de compostaje con capacidad para gestionar 32.000 t de residuos (y 3.000 t de purines) requeriría una inversión inicial de 3.127.325,81 euros.
- La explotación arroja un beneficio anual de 386.981,18 euros lo que supondría un benefi-

cio neto de algo más de 11,05 euros por t de residuo tratado.

- Los cálculos realizados suponen una estimación conservadora, al no considerar importantes partidas en términos de costes medioambientales evitados (al evitarse el vertido del material retirado) y beneficios medioambientales derivados del reciclaje, así como de la mejora de la calidad del suelo por utilización del compost frente a otros fertilizantes químicos.

Compostaje de arribazones vegetales. Análisis de la viabilidad empresarial

Analizada la viabilidad comercial de la planta de compostaje de residuos agrícolas, el siguiente paso consiste en la incorporación de los arribazones vegetales marinos al análisis.

La posibilidad de instalar una planta de compostaje dedicada en exclusiva al tratamiento de arribazones marinos debe descartarse, ya que el volumen total y el carácter altamente fluctuante y aleatorio de los arribazones, no permitirían garantizar un suministro elevado y continuo de la materia prima a la planta de procesado. Por ello este análisis consiste en analizar la viabilidad de incorporar los arribazones marinos dentro del mix de materia orgánica compostable, partiendo de la planta de compostaje descrita.

El volumen de material retirado por los servicios de limpieza de playas es, como hemos visto, variable, entre 2.000 y 4.500 t de peso fresco al año (incluyendo arribazones vegetales, arena, piedras y otros residuos). De este material, el contenido en arribazones vegetales es un 55%, lo que arroja un peso fresco que oscila entre 1.130 y 2.500 t/año. Estas cifras suponen que, en término promedio, el material total retirado es de 3.250 t, del que 1.787,5 t son algas y restos vegetales marinos susceptibles de compostarse.

El ensayo piloto del proceso de pretratamiento desarrollado permite eliminar la arena en un 95% y la sal en un 70%, lo que permite el compostaje en condiciones óptimas. Los datos arrojados por dicho ensayo piloto muestran como el tratamiento de la carga de un camión de 15 t (peso fresco total) permite obtener entre 250 y 1.000 kg de peso seco de algas, dependiendo de cuestiones como el sistema de retirada empleado en la playa, las características de la playa en cuestión, el tipo de arribazón vegetal, etc.

Suponiendo la mayor eficiencia posible en el sistema de recogida en la playa, supondremos que es razonable situarnos en el rango superior antes descrito, es decir, por cada 15 t de carga en fresco, puede obtenerse 1 t de peso seco. Tomando esta proporción, y considerando un promedio de 3.250 t de material retirado/año, sería posible obtener 216 t de peso seco de algas pretratadas

al año, lo que constituiría el volumen promedio de materia prima de origen marino en la planta de compostaje que usaremos como base de cálculo.

Costes adicionales del pre-tratamiento de los arribazones vegetales

Para estimar este coste, suponemos que dicho proceso se realiza según los pasos establecidos en la experiencia piloto (véase sección anterior) pero por el personal y en las instalaciones de la planta de compostaje diseñada por Rodríguez (2007). Por ello, las instalaciones deberán habilitarse convenientemente para incluir los procesos de pretratamiento necesarios (desarenado, endulzado y secado). Esto nos permite aplicar los parámetros económicos (costes unitarios) del estudio de Rodríguez (2007) a las características técnicas del proceso de pretratamiento descrito en este proyecto.

Parámetros técnicos del pretratamiento

Para el tratamiento de un camión de capacidad de carga de 15 t se hacen necesarias 3 personas trabajando dos jornadas de 7 horas (tabla 15). Además, se requirieron 3 m³ de agua de lluvia por cada t de peso fresco, y unos 60-80m² de superficie para el secado de cada t de peso fresco, proceso que requiere entre 48 y 72 horas.

Con estos requerimientos técnicos, el pretratamiento de arribazones vegetales conlleva unos sobrecostes adicionales, que han sido estimados de la siguiente forma:

Concepto (nº)	Nº Jornadas (h/semana)	Nº Semanas	Coste (€/hora)	Coste (€)
Conductor (1)	14	1	9,8	137,2
Peón (2)	14	1	7,00	196,00
Total				333,20

15: Gastos personal para el tratamiento de un camión con 15t en PF de arribazón.

El coste de mano de obra para el pretratamiento de 15 t de PF (un camión) de arribazón vegetal asciende a 333,2 €, siendo por tanto el coste promedio de personal por cada t de PF de 22,2 €/t PF.

Costes adicionales de combustible y agua

□ Agua: Se consideran un consumo extra de agua de 3m³ por t PF. El coste del agua puede suponerse despreciable dado que el sistema desarrollado permite utilizar agua captada de lluvia. No obstante, en caso de falta de lluvia sería necesaria su

adquisición, lo cual, a un precio medio de 2€/ m³ supondría un coste de agua de 6 €/t PF de arribazones sometidos a pre-tratamiento.

□ Gasoil: se estima un consumo promedio de 0,16 litros por cada t de materia tratada en la planta de compostaje (5.000 litros para tratar 32.000 t), lo que, al coste de 0,90 €/litro suponen un sobrecoste de 0,14 €/t PF.

Sumando estas partidas, el sobrecoste del pretratamiento de una t de arribazón vegetal

en relación a otros residuos tratados podría oscilar entre 22,34 y 28,34 (dependiendo de la disponibilidad de agua captada de lluvia). Tomando una opción conservadora supondremos que este sobrecoste se situará en torno a 25 €/t.

Análisis de ingresos

Suponiendo una llegada promedio de 3250 t PF de arribazones a la planta, de la cual resultan 216 t de peso seco de algas (con un porcentaje de humedad inferior al 14%), y suponiendo que éste podría transformarse en el mismo peso de compost (216 t).

Concepto	Cantidad (t)	Precio (€/t)	Total (€)
Venta de compost	216	30	6.480,00
Canon de Gestión de residuos	3250	15	48.750,00
Total			55.230,00

Tabla16: Ingresos anuales.

Si comparamos estos datos con los resultados de la planta de compost sin algas:

Pretratamiento de arribazones	Planta de compost sin algas
Ingreso medio por t: 55.230/3.250: 17 €/t Coste EXTRA por pretratamiento: 25 €/t Pérdida por cada t pretratada: 8 €/t	Coste total: 754.481,32 € Materia tratada: 35.000 t Coste por t: 21,56 €/t Ingreso por t: 32,61€/t

De esta forma, el pretratamiento de cada t de arribazón supone un sobrecoste de 25 €/t y un ingreso de 17 €/t, inferior al de otro material compostable, al no incluirse ingreso por venta de materiales reciclables (vidrio, metales, etc) que sí se incluyen en los residuos agrícolas. En términos totales, el pretratamiento de arribazones supondría un sobrecoste de la empresa de (25€ x3250 t) 81.250 €/año y unos ingresos extra de 55.230 €/año, es decir, reduciría los beneficios de la empresa en 26.020 €, lo cual representa una disminución del 6,7% de los beneficios que obtendría sin el tratamiento de algas (que asciende a 386.981,18). En cualquier caso, la empresa seguiría siendo viable económicamente si se incluyesen estos procesos de pretratamiento de algas en la planta de compostaje (el beneficio ascendería a 360.961,18 euros/año).

Es importante notar que los resultados obtenidos suponen una estimación muy conservadora al no contemplarse (i) la posibilidad de extraer un compuesto bioactivo de alto valor comercial de estos arribazones vegetales retirados, que podría incrementar el valor añadido del producto final (el compostaje con el material restante), lo que permitiría rentabilizar los costes de los procesos de pretratamiento, y (ii) la segura reducción de costes de personal en el proceso de pretratamiento, si este proceso se incluye dentro de la planta de compostaje en relación al procedimiento piloto considerado, al existir importantes mejoras potenciales de eficiencia por la utilización compartida de personal propio (una mejora de eficiencia en torno al 30-35 por ciento permitiría la cobertura de todos los costes de pretratamiento).

Conclusiones

La tecnología desarrollada para el tratamiento de los arribazones vegetales es viable cuando el contenido en arena del arribazón vegetal, retirado de la playa, es inferior al 40%, ya que contenidos superiores ralentizan y dificultan el proceso haciéndolo inviable.

La capacidad de eliminación del contenido en arena es del 90%-95%, por lo que existe siempre un contenido residual de arena inferior al 5%. En cuanto al proceso de endulzado la capacidad de eliminación del contenido en sal, empleando 3 m³ de agua de lluvia por tonelada de peso fresco de algas, es del 70%, por lo que suele quedar un contenido residual en sales solubles inferior al 7 %.

A partir del sistema de secado planteado, el secado de una tonelada de peso fresco de algas, para una posterior conservación y almacenaje óptimo, requiere de 60 - 80 m² de superficie de secadero y entre 48 -72 horas dependiendo de las condiciones ambientales. En estas condiciones el contenido residual en humedad es inferior al 14%, valores que se sitúan por debajo del contenido máximo permitido según la normativa española y europea en materia de productos fertilizantes (Real Decreto 824/2005).

La caracterización química de los arribazones vegetales muestra que estos contienen unos niveles de nutrientes principales, (nitrógeno, fósforo y potasio), así como de nutrientes secundarios (calcio, magnesio y sodio) óptimos, lo que pone de manifiesto la idoneidad de los mismos como materia prima para ser aplicada como fertilizantes, abonos o enmiendas orgánicas.

El compost de algas obtenido presenta un buen aspecto general, sin impropios y con una humedad correcta. Presenta además una composición homogénea, estable, con un alto contenido en fibras vegetales, un buen nivel de materia orgánica y un bajo contenido en nitrógeno amoniacal soluble. En cuanto a la fracción mineral destaca por sus niveles medios en potasio, fósforo, calcio y magnesio, muy similares a los obtenidos con el compost control o estándar.

Los valores de producción obtenidos a partir del estudio de validación del compost confirman que la aplicación de una dosis reducida al 50% de un compost en el que se han incluido arribazones, permite obtener una producción similar a la obtenida con el doble de dosis de un compost estándar o control.

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que el compost elaborado a partir de algas y fanerógamas marinas es una alternativa válida para la fertilización orgánica de los suelos.

El estudio de viabilidad económica refleja que el uso de arribazones vegetales y residuos de jardinería como fuente de materia orgánica, es viable siempre que se incorporen los arribazones vegetales como un recurso más dentro de una planta de compostaje similar a la descrita por Rodríguez (2007). El sobrecoste estimado para el pretratamiento de 1t de arribazón vegetal es de 25 €/t, pero a pesar de estos costes, la planta de compostaje sería viable con un beneficio de 360.961,18 €/año sin contemplar la posibilidad de extracción de compuestos bioactivos, lo que incrementaría el valor añadido del producto final, o una mejora de la eficiencia en el escalado a una planta comercial.

Agradecer a todas las personas de las distintas instituciones que han colaborado en el proyecto por su tiempo y dedicación.

Fuentes fotográfica:

- Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)
- Eduardo Portillo Hahnefeld (ITC)
- Grupo de Gestión Litoral (ICCM)

