

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**“Valoración de restos vegetales de
invernadero: consideraciones básicas para
el diseño de una planta de compostaje”**

Curso 2016/2017

Alumno/a:

Manuel Ángel Ruiz Manchón

Director/es:

Jose Antonio Salinas Andújar



Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

VALORIZACIÓN DE RESTOS VEGETALES DE INVERNADERO: CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA UNA PLANTA DE COMPOSTAJE

El alumno:

Manuel Ángel Ruiz Manchón

Director:

Jose Antonio Salinas Andújar

Almería, septiembre de 2017

INDICE

DOCUMENTO 1. MEMORIA

A) MEMORIA JUSTIFICATIVA

CAPITULO 1. OBJETO DEL PROYECTO	9
1.1 PREÁMBULO	9
1.2 JUSTIFICACIÓN	9
1.3 OBJETIVO Y ALCANCE	10
CAPITULO 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	10
2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	10
2.2 INFORMACIÓN PREEXISTENTE	11
2.3 MOTIVO DEL PROYECTO	11
2.3.1 <i>Motivos personales</i>	11
CAPITULO 3. BASES DEL PROYECTO	11
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RESTOS VEGETALES HERBÁCEOS	12
3.1.2 <i>Naturaleza u origen</i>	12
3.1.3 <i>La agricultura intensiva del sudeste español</i>	13
3.1.4 <i>Estimación de la producción de restos vegetales en agricultura intensiva</i>	15
3.1.5 <i>Metas y objetivos de la agricultura intensiva</i>	19
3.1.6 <i>Características y composición de los restos vegetales</i>	20
3.1.7 <i>Calidad de los restos vegetales</i>	21
3.1.8 <i>Los restos vegetales en la actualidad</i>	22
3.1.8.1 <i>Principales plantas de valorización</i>	24
3.2 PROBLEMÁTICA DE LOS RESTOS DE COSECHA	25
3.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	26
3.3.1 <i>Posibilidades de tratamiento</i>	26
3.3.2 <i>Estudio de alternativas y justificación de la solución adoptada</i>	28
CAPITULO 4. COMPOSTAJE	31
4.1 INTRODUCCIÓN	31
4.2 VARIABLES DEL PROCESO.....	31
4.2.1 <i>Parámetros de seguimiento</i>	32
4.2.1.1 pH.....	32
4.2.1.2 Oxígeno	33
4.2.1.3 Temperatura	34
4.2.1.4 Humedad	35
4.2.1.5 Espaciodeaire libre.....	35
4.2.2 <i>Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato</i>	36
4.2.2.1 Nutrientes	36
4.2.2.2 RelaciónC/N	37
4.2.2.3 RelaciónC/P y N/P	39
4.2.2.4Conductividadeléctrica	39
4.2.2.5Microorganismos	39
4.3 FASES DURANTE EL COMPOSTAJE.....	40
4.3.3 <i>Fase Mesófila</i>	41
4.3.4 <i>Fase Termófila</i>	41

4.3.5	Fase de Enfriamiento.....	42
4.3.6	Fase de Maduración.....	42
4.4	TECNOLOGÍA DEL COMPOSTAJE	42
4.4.1	Pretratamientos	44
4.4.2	Tratamiento.....	45
4.4.3	Sistemas abiertos	45
4.4.4	Sistemas semicerrados	47
4.4.5	Sistemas cerrados.....	47
4.5	CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST	48
4.5.1	Legislación aplicable al compost	49
4.5.2	Parámetros de calidad	51
4.5.3	Características de calidad.....	51
4.6	EFFECTOS SOBRE APLICACIÓN EN SUELOS.....	54
4.6.1	Efectos físicos	54
4.6.2	Efectos químicos.....	55
4.6.3	Propiedades biológicas.....	56
4.7	SELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPOSTAJE	56
B) MEMORIA DESCRIPTIVA		
CAPITULO 5. AGENTES		
57		
5.1	PROMOTOR.....	57
5.2	PROYECTISTA	57
CAPITULO 6. EMPLAZAMIENTO Y ZONA DE ACTUACIÓN.....		
57		
6.1	LIMITACIONES DEL TERRITORIO.....	57
6.2	SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	58
6.3	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	60
6.3.4	Aspectos relacionados con la ordenación del territorio	60
6.3.5	Aspectos relacionados con el medio ambiente	61
6.3.6	Aspectos relacionados con la utilización de recursos.....	61
6.3.7	Aspectos relacionados con la disponibilidad de materia prima de partida.....	61
6.3.7.6	Datos de la parcela	62
6.4	ZONA DE ACTUACIÓN	63
6.4.1	Área de influencia de la planta.....	63
6.4.2	Generación de restos vegetales.....	64
CAPITULO 7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO		
65		
7.1	INTRODUCCIÓN	65
7.2	INGENIERÍA DEL PROCESO	65
7.2.1	Criterios técnicos del proceso	65
7.2.1.1	Materias primas	65
7.2.1.2	Compost final.....	65
7.2.1.3	Descripción de las instalaciones.	66
7.2.1.4	Etapas del proceso	68
7.3	PERSONAL	68
7.4	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	69
ANEJO I ALTERNATIVAS DE VALORACIÓN		
71		
I.I	PRINCIPALES FORMAS DE GESTIÓN DE LOS RESTOS VEGETALES EN ALMERÍA	71
I.II	ALTERNATIVAS POSIBLES.....	75

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

I.II.I	Acotación del conjunto de alternativas comparables	75
I.II.II	Descripción de alternativas	75
I.III	EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	76
I.III.I	Método de medias ponderadas para la elección de la alternativa de valorización.....	76
I.III.I.I	Preámbulo	76
I.III.I.II	Análisis técnico	77
I.III.I.III	Análisis económico – financiero	78
I.III.I.IV	Análisis ambiental.....	81
I.III.I.V	Análisis social.....	83
I.III.II	Metodología del análisis multicriterio.....	84
I.III.I.I	Definición del conjunto de criterios de evaluación.....	85
ANEJO. II	ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE.....	90
II.I	PREÁMBULO.....	90
II.II	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	90
II.III	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	94
II.III.I	Evaluación técnica	94
II.III.II	Evaluación económica - financiera	99
II.III.III	Evaluación ambiental y social.....	100
II.IV	ANÁLISIS MULTICRITERIO	102
II.IV.I	Factores de ponderación.....	102
II.V	MATRIZ Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE COMPOSTAJE	103
ANEJO. III	ESTUDIO VIABILIDAD TÉCNICA.....	104
III.I	INFORMACIÓN PRELIMINAR.....	104
III.I.I	Pluviometría	104
III.I.II	Producción de compost.....	104
III.I.III	Caracterización de la mezcla a compostar	105
III.II	DIMENSIONADO DE LA PLANTA.....	105
III.II.I	Dimensionado de la zona de procesado.....	106
III.II.II	Dimensionado de la zona para almacenamiento de materia prima	107
III.II.III	Dimensionado de la zona para el almacenamiento final.....	109
III.II.IV	Dimensionado de la balsa	110
III.II.V	Dimensionado de la zona auxiliar.....	111
III.III	DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA.....	111
III.III.I	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	112
I.III.I.II	Descripción de las fases constructivas.....	112
I.III.I.III	Descripción de las fases operacionales.....	113
III.IV	PLANIFICACIÓN	117
III.IV.I	Diagrama de Gantt.....	117
III.IV.II	Red de actividades: PERT	118
ANEJO. IV	EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA	120
IV.I	INTRODUCCIÓN	120
IV.II	METODOLOGÍA.....	120
IV.III	VIDA UTIL.....	121
IV.IV	HIPÓTESIS DE PARTIDA.....	122
IV.V	COSTES.....	122
IV.V.I	Inversión inicial	122
IV.V.II	Costes de la explotación	124
I.III.I.IV	Personal.....	126
I.III.I.V	Conservación y reparaciones.....	127
I.III.I.VI	Administración	128
I.III.I.VII	Energía.....	129
I.III.I.VIII	Embalaje.....	131
IV.VI	BENEFICIOS.....	132
IV.VI.I	Extraordinarios.....	132

IV.VI.II	Por gestión y transporte de los restos vegetales	133
I.III.I.IX	Venta	133
ANEJO. V	EVALUACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL	148
V.I	INTRODUCCIÓN	148
V.II	NORMATIVA	148
V.III	OBJETO DEL ANEJO	149
V.IV	METODOLOGÍA	149
V.V	ANÁLISIS GENERAL	150
V.VI	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	151
V.VI.I	Introducción	151
V.VI.II	Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes	151
V.VI.III	Valoración de impactos	155
V.VI.IV	Análisis de resultados	162
V.VI.V	Discusión	162
V.VI.VI	Medidas correctoras	165
ANEJO. VI	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	169
VI.I	INTRODUCCIÓN	169
VI.II	METODOLOGÍA	169
VI.III	IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS FUNCIONALES Y ACTIVIDADES	169
VI.IV	RELACIÓN DE ACTIVIDADES	170
VI.V	DISTRIBUCIÓN FINAL	174
PLANO 1	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	176
PLANO 2	UBICACIÓN DE LA PARCELA	177
PLANO 3	DETALLE DE LA PARCELA	178

DOCUMENTO 3. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

DOCUMENTO 4. BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los residuos agrícolas
Tabla 2: Superficie invernada SIGPAC 2016 por provincias y comarcas agrarias
Tabla 3: Generación de restos vegetales en Almería
Tabla 4: Índices de producción de restos vegetales para los principales cultivos de invernadero de Almería
Tabla 5: Ratios de la generación de restos vegetales para determinados cultivos
Tabla 6. Residuos sólidos del Poniente Almeriense gestionados por Albaida
Tabla 7: Principales formas de gestión de los restos de cosecha
Tabla 8: Alternativas de valorización planteadas
Tabla 9: Variación de temperatura en función de C/N
Tabla 10: Ventajas y desventajas de los sistemas de compostaje
Tabla 11: Enmienda orgánica
Tabla12: Límites de metales pesados en el compost final
Tabla 13: Rangos óptimos de algunos macronutrientes de compost de calidad
Tabla 14: Evaluación de la calidad del compost dependiendo de su uso
Tabla 15: Parámetros de calidad del compost
Tabla 16: Peso relativo de los criterios analizados para la selección del emplazamiento
Tabla 17: Escala empleada en los criterios analizados para la selección del emplazamiento
Tabla 18: Información catastral de la parcela
Tabla 19: Estimación de producción de restos vegetales, zona de Níjar
Tabla 20: Dimensiones de las zonas de la planta de compostaje
Tabla 21: Características de los restos de cosecha de algunos cultivos requeridos para realizar compost.
Tabla 22: Criterios asociados a los objetivos seleccionados para la elección de la alternativa de valorización
Tabla 23: Pesos de cada criterio evaluado para la elección de la alternativa de valorización
Tabla 24: Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (técnica)
Tabla 25: Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (económico)
Tabla 26: Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (ambiental)
Tabla 27: Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (social)
Tabla 28: Matriz multicriterio para la elección de la alternativa de valorización
Tabla 29: Criterios de evaluación selección alternativa de compostaje
Tabla 30: Peso relativo criterios para la selección de la alternativa de compostaje
Tabla 31: Matriz multicriterio selección de la alternativa de compostaje
Tabla 32: Propiedades medias de las materias primas:
Tabla 33: Alternativas de dimensionado de hileras de compostaje
Tabla 34: Posibles dimensiones de montones de restos vegetales
Tabla 35: Posibles dimensiones de montones de estiércol
Tabla 36: Posibles dimensiones de montones de compost final
Tabla 37: Red de actividades
Tabla 38: Desglose de precios fase de obras
Tabla 39: Desglose de precios maquinaria
Tabla 40: Desglose de precios equipos
Tabla 41: Desglose de precios varios
Tabla 42: Coste de personal
Tabla 43: Coste de conservación y reparaciones
Tabla 44: Coste de administración
Tabla 45: Coste consumo de gasoil
Tabla 46: Coste consumo eléctrico
Tabla 47: Tarifa eléctrica contratada

Tabla 48: Resumen de costes anuales
Tabla 49: Beneficios por transporte y gestión
Tabla 50: Posibles escenario de venta
Tabla 51: Número de sacos por palés
Tabla 52: Venta del 100 % del compost producido con un precio optimista
Tabla 53: Venta del 100 % del compost producido con un precio probable
Tabla 54: Venta del 100 % del compost producido con un precio pesimista
Tabla 55: Venta del 80 % del compost producido con un precio optimista
Tabla 56: Venta del 80 % del compost producido con un precio probable
Tabla 57: Venta del 80 % del compost producido con un precio pesimista
Tabla 58: Venta del 60 % del compost producido con un precio optimista
Tabla 59: Venta del 60 % del compost producido con un precio probable
Tabla 60: Venta del 60 % del compost producido con un precio pesimista
Tabla 61: Resumen escenarios
Tabla 62: Desglose anual Venta del 100 % del con un precio optimista
Tabla 63: Desglose anual Venta del 100 % del con un precio probable
Tabla 64: Desglose anual Venta del 100 % del con un precio pesimista
Tabla 65: Desglose anual Venta del 80 % del con un precio optimista
Tabla 66: Desglose anual Venta del 80 % del con un precio probable
Tabla 67: Desglose anual Venta del 80 % del con un precio pesimista
Tabla 68: Desglose anual Venta del 60 % del con un precio optimista
Tabla 69: Desglose anual Venta del 60 % del con un precio probable
Tabla 70: Desglose anual Venta del 60 % del con un precio pesimista
Tabla 71: Viabilidad de los escenarios planteados
Tabla 72: Acciones que causan impactos
Tabla 73: Factores ambientales y sociales impactados
Tabla 74: Matriz de calificación de impactos
Tabla 75: Peso asignado en la determinación de la importancia del impacto.
Tabla 76: Clasificación de los impactos según su magnitud
Tabla 77: Matriz de importancia
Tabla 78: Ficha descriptiva de las actividades y zonas.
Tabla 79: Diagrama relacional de actividades

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución temporal de los desechos de cultivo
Figura 2: Evolución del contenido de humedad en el mes de junio para los cultivos en Almería
Figura 3. Residuo vegetal de los principales cultivos hortícolas en Almería
Figura 4: Localización de las empresas gestoras de los residuos procedentes de los invernaderos
Figura 5: Opciones de valorización y eliminación de residuos orgánicos de origen agrícola.
Figura 6: Variación de pH durante un proceso de compostaje
Figura 6: Visión global del proceso de compostaje
Figura 7: Evolución de la relación C/N durante el compostaje
Figura 8: Evolución del proceso de compostaje según diferentes parámetros.
Figura 9: Conjunto de etapas de un proceso de compostaje
Figura 10: Representación de un proceso de compostaje
Figura 11: Planta de compostaje de la empresa Naturcharc
Figura 12: Estructura del suelo y su interrelación con los procesos del suelo y la sostenibilidad agrícola. Fuente:

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Figura 13: Vista aérea de la parcela

Figura 14: Distribución en planta

Figura 15: Forma de las pilas de compostaje

Figura 16: Diagrama de bloques del proceso productivo

Figura 17: Diagrama de Gantt: diseño y ejecución de un plan de valorización de restos vegetales

Figura 18: Diagrama de Gantt: funcionamiento planta de compost

Figura 19: Diagrama PERT: funcionamiento planta de compost

Figura 20: Secuencia de producción

Figura 21: Diagrama relacional de actividades

Figura 22: Distribución en planta final

DOCUMENTO 1. MEMORIA

A) MEMORIA JUSTIFICATIVA

CAPITULO 1. OBJETO DEL PROYECTO

1.1 PREÁMBULO

El presente proyecto tiene varios fines entre los que se encuentran:

- Establecer un método de análisis de la situación almeriense en cuanto al aprovechamiento de los residuos vegetales.
- Proyectar de manera preliminar la estructura de una planta de valoración de los restos vegetales en el municipio de Almería. El método de análisis desarrollado podrá ser aplicable a otras áreas productivas distintas, eso sí, con matices. Los resultados obtenidos corresponderán al momento concreto de la realización del proyecto, pero la herramienta está concebida para ser desarrollada en situaciones futuras, o en otras zonas o mercados potenciales, siendo, por lo tanto, un trabajo con vocación dinámica.
- Establecer la viabilidad técnica, económica y financiera, ambiental y legal de la instalación de una planta de valoración de residuos vegetales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se justifica la realización de este proyecto porque los restos vegetales generados por los cultivos hortícolas bajo invernadero constituyen la principal fuente de residuos orgánicos en la provincia de Almería. Por ello resulta indispensable gestionarlos de forma correcta. Este trabajo se justifica desde cuatro puntos de vista:

- Medioambiental:

Se lleva a cabo una correcta gestión de los restos vegetales evitando malas prácticas para deshacerse de ellos, y al mismo tiempo, reincorporar nutrientes al suelo tras su posterior venta y aplicación, haciendo una agricultura sostenible y mejorando la calidad de los suelos.

- Social:

Los beneficios medioambientales comentados en el punto anterior provocarán la aceptación social de este proyecto, debido a que en los últimos años los procesos que fomentan la conservación del medio ambiente se han incrementado. Además, una valoración de los restos vegetales implica un correcto tratamiento de los mismos, evitándose malas prácticas como la quema o el abandono, además de generar empleo.

- Económico:

La construcción de la nueva planta permitirá que los productores y operadores de la zona puedan llevar sus productos, abaratando los costes del desplazamiento a otras plantas de valorización o reciclaje más alejadas del área productiva. Además, generará empleo en la zona.

- Técnico:

El proceso principal de la instalación que se propone no es novedoso. El compostaje, alternativa seleccionada, es una técnica bien estudiada y que se aplica en la provincia habitualmente. Se sabe además, como se ha citado en el punto anterior, que no existe ninguna planta de compostaje cerca que opere.

- Administrativo – Legal:

Se cumple la normativa vigente en referencia al medio ambiente y gestión de residuos.

1.3 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo principal de este trabajo es el de solventar, o al menos reducir, la problemática asociada a la producción de restos vegetales en la zona, principalmente de invernaderos. Para alcanzar este objetivo se plantean alternativas posibles y se determina, selecciona y desarrolla la más adecuada.

Este trabajo técnico se diseña para reducir y, si fuese posible, eliminar, el problema que ocasionan estos restos en un área concreta de la provincia de Almería tras haber analizado varias alternativas posibles, concretamente una zona de la comarca de Níjar cuya poblaciones más cercanas son Ruescas y Barranquete. Se pretende que la planta de valorización de los restos vegetales esté operativa con la mayor celeridad posible, para así gestionar los restos producidos en las próximas campañas agrícolas.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 SITUACIÓN ACTUAL

Sólo en la provincia de Almería, se producen en torno a 650.000 Tm de residuos vegetales, lo que supone un volumen de $2,5 \times 10^6$ m³ (Tolón y Lastra, 2010). Estos residuos se concentran en una relativamente reducida área de unas 23.000 Ha, que constituye la zona invernada de

la provincia de Almería. Dichos residuos causan graves problemas medioambientales (Blázquez, 2003), principalmente debido al impacto negativo de su manejo inadecuado, a los grandes volúmenes generados en áreas geográficas reducidas y a su producción continua a lo largo de todo el año.

Los efectos indeseables causados por la mala gestión de estos residuos pueden reducirse mediante la aplicación de tratamientos adecuados, que permitan convertirlos en recursos útiles. En este sentido, dichos residuos constituyen una interesante fuente de materia orgánica. Por tanto, su reciclado y valorización para aplicarlos en el mismo entorno en el que son producidos se puede considerar una manera eficaz de evitar la degradación y contaminación del medio, a la vez que se aprovechan los recursos contenidos en los mismos. De esta manera se completa El ciclo de la materia y se reduce el consumo de fertilizantes, enmiendas y sustratos (Abad y Puchades, 2002; Carrión y col., 2006).

2.2 INFORMACIÓN PREEXISTENTE

Se cuenta con datos sobre las plantas de valorización actuales en la provincia de Almería. Además, varios estudios han estimado la cantidad de residuos vegetales que generan los invernaderos de Almería. Todo ello se encuentra en los correspondientes capítulos y anejos.

2.3 MOTIVO DEL PROYECTO

El fin del proyecto es la construcción de una planta de valorización vegetal de forma que contribuya a completar la red de instalaciones de reciclaje y valorización de residuos vegetales ya existentes en la provincia, de forma que se satisfaga la necesidad actual de dar cabida a los subproductos que se producen en los invernaderos.

Con motivo de este proyecto, también se debe tener en cuenta una mejora en cuanto al destino final de los restos vegetales, reduciéndose las malas prácticas de manejo de estos restos, por ejemplo las quemas y el abandono y en general, y por tanto, una mejor gestión ambiental.

2.3.1 Motivos personales

El presente proyecto se realiza como Proyecto Fin de Máster para la obtención del título de Máster en Ingeniería Agronómica en la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería, emplazada en el término municipal de La Cañada (Almería).

CAPITULO 3. BASES DEL PROYECTO

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RESTOS VEGETALES HERBÁCEOS

3.1.2 Naturaleza u origen

Los residuos hortícolas son todos aquellos materiales de desecho generados por la actividad agrícola. Como tal, no existe una definición específica debido a que se enmascaran en el concepto más amplio de residuos agrícolas. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente los residuos agrícolas se definen como aquellos materiales que no son utilizables, ya sean sólidos o líquidos, resultantes de prácticas agrarias. Estas prácticas pueden comprender actividades fundamentalmente agrícolas (cultivo de cereales, pastos, frutales, etc.) y ganaderas (cría extensiva o intensiva), y, en ocasiones, actividades de transformación de productos agrícolas (extracción de aceite de oliva, conservas, etc.) (López y Boluda, 2008).

Concretamente, este trabajo se centra en una fracción de los residuos hortícolas, los restos vegetales, que se refiere a todo material de naturaleza orgánica originado en los sistemas agrícolas que puede ser tratado o no y devuelto al suelo con el objetivo de mejorar el rendimiento de los cultivos y mantener o aumentar la calidad del suelo logrando un desarrollo sostenible o emplearlo con otros fines, como el energético.

Los tipos de residuos agrícolas existentes se clasifican según la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los residuos agrícolas.

CNAE*	LER**	Descripción	Ejemplos
0111 Cultivos de cereales y otros	0201303	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca: Residuos de tejidos vegetales	Pajas, tallos y cascarillas
0112 Cultivo de hortalizas y especialidades de horticultura y productos de vivero	0201303	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca: residuos de tejidos vegetales	Plantas verdes, tallos y restos de poda
0113 Cultivo de frutos, frutos secos, especias y cultivos para bebidas	0201303	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca: residuos de tejidos vegetales	Plantas verdes, tallos y restos de poda
0114 Selvicultura y	0201307	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura,	Pies no maderables,

CNAE*	LER**	Descripción	Ejemplos
explotación forestal		silvicultura, caza y pesca: residuos forestales	ramas y matorrales

*CNAE: Clasificación Nacional de Actividades Económicas

**LER: Lista Europea de Residuos

Fuente: López y Boluda, 2008.

Los cultivos, perennes o no, suelen generar restos vegetales, o bien a lo largo de su ciclo productivo (por ejemplo en la producción hortícola en la que se suele deshojar y deshijar las plantas), o bien al final de las campañas. Para los cultivos perennes, los aclareos y podas son los que marcan la temporalidad de la generación de restos vegetales (MAGRAMA, 2012).

3.1.3 La agricultura intensiva del sudeste español

Desde la década de los sesenta en la que comenzaron en Almería las primeras iniciativas de cultivo bajo plástico hasta ahora, las explotaciones de invernadero han evolucionado de manera constante, tecnificándose de manera continua. A la vez se ha producido una expansión del cultivo en invernadero a otras zonas de Andalucía. Como muestra de esta evolución señalar el incremento del 15 % de la superficie invernada registrado en el litoral oriental de Andalucía entre 2001 y 2016 (incluyendo por tanto los años de crisis económica), pasándose de 29.454 a 33.915 hectáreas. (Junta de Andalucía, 2016). En la tabla 2 se muestran las superficies de cultivo en invernadero en Andalucía.

Tabla 2. Superficie invernada por provincias y comarcas agrarias.

Provincia	Comarca Agraria	Superficie invernada (ha)	% Superficie invernada
Almería	Campo de Dalías	21.122	59,7
	Campo de Níjar y Bajo Andarax	7.880	22,3
	Bajo Almanzora	812	2,3
TOTAL ALMERÍA		29.814	84,3
Cádiz	Costa Noroeste de Cádiz	980	2,9
TOTAL CÁDIZ		980	2,9
Granada	La costa	2.973	8,4
	La Alpujarra	110	0,3
	Alhama	164	0,5
TOTAL GRANADA		3.247	9,2
Málaga	Vélez Málaga	854	2,4

Provincia	Comarca Agraria	Superficie invernada (ha)	% Superficie invernada
TOTAL MÁLAGA		854	2,4
Sevilla	La Vega	249	0,7
	La Campiña	223	0,6
TOTAL SEVILLA		471	1,3
TOTAL		35.366	100 %

Fuente: Adaptado de Junta de Andalucía, 2016.

Destacan las comarcas de Campo de Dalías, en Almería, y La Costa, en Granada, ambas con gran tradición de cultivo en invernadero, y otras con grandes superficies invernadas como las comarcas de Campo de Níjar y Bajo Andarax, en Almería, Costa Noroeste de Cádiz y Vélez-Málaga, en Málaga. El 95,1% de la superficie invernada andaluza se concentra en el litoral oriental, en la provincia de Almería, la comarca de La Costa en Granada y la comarca de Vélez-Málaga (Junta de Andalucía, 2016).

El sector más dinámico de la agricultura andaluza son los cultivos en invernadero, dada su productividad económica, la generación de empleo que implican, el eficiente uso del agua que realizan, su capacidad de asociación y su vocación exportadora, resultado todo ello de una constante actitud de cambio y de mejora continua en I+D+i (Junta de Andalucía, 2016).

Según la Junta de Andalucía y otros autores, se distinguen varios ciclos de cultivo en los invernaderos de producción hortícola que implica el fin del cultivo al final de la campaña (en mayo y junio) y tras el ciclo de otoño (enero a marzo), si se realizan dos ciclos de cultivo, lo que conlleva la generación de un gran volumen de restos vegetales que provoca problemas de gestión en aquellas zonas donde existe una alta concentración de este tipo de producción.

La cantidad de resto vegetal que produce un invernadero está ligada al producto cultivado y a las rotaciones que se apliquen en la campaña. De acuerdo a los datos del equipo de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, la estrategia del agricultor medio es cortar la planta de raíz y dejarla secar algún tiempo de forma que la humedad inicial se reduzca a casi la mitad (Sevilla y col. 2013).

Según Sevilla y colaboradores (2013) la agricultura intensiva se asemeja a un proceso industrial. Utiliza como materia prima un recurso renovable como es la radiación solar, otra serie de recursos naturales como el terreno y el agua y una cantidad de insumos (combustibles, abonos, fitosanitarios, plásticos, substratos, etc.) para producir un producto de consumo que son las frutas, hortalizas o las flores.

El proceso lleva aparejado la producción de residuos en forma líquida (lixiviados, restos de abonos y fitosanitarios), otra sólida no orgánica (bandejas, contenedores, substratos, plásticos, tierra, pilas, material sanitario), y la fracción más voluminosa que está compuesto por los restos orgánicos generados durante el crecimiento de la planta y el arranque de la cosecha. A diferencia del proceso industrial, en este caso, el producto final puede pasar a ser parte del residuo. En función de cómo se desarrolle el cultivo, y cual sea la situación del mercado, se puede dar el caso de destruir parte o toda la producción aumentando de forma significativa el problema de la generación de residuos (Sevilla y col. 2013).

El calendario para la generación de los residuos está ligado a los ciclos de producción de los diferentes cultivos. Los cultivos de tomate, pimiento y berenjena se consideran de ciclo largo, mientras que los cultivos de pepino, calabacín, judía verde, melón y sandía son cultivos de ciclo corto. En caso de cultivar especies de ciclo corto en invernadero es común la práctica de llevar a cabo rotaciones en la misma campaña, de éstas son representativas la rotación pimiento-sandía, pimiento-melón, pepino-sandía y pepino-melón (Sevilla y col. 2013).

Antes estos residuos eran quemados, utilizados como alimento para el ganado e incluso abandonados en las inmediaciones de los propios invernaderos, lo que ocasionaba daños ambientales y sanitarios. En la actualidad estas prácticas están prohibidas y la gestión de estos residuos se realiza a través de diversos planes de Higiene Rural en los que están implicados agricultores, cooperativas, ayuntamientos y empresas públicas y privadas. Estos planes consisten en la recogida y transporte de los residuos desde los invernaderos hasta los centros de almacenamiento para su posterior tratamiento. Aunque poco a poco la concienciación de los agricultores es mayor, aún siguen quemándose este tipo de residuos de forma descontrolada. Adicionalmente, es un problema la reducida disponibilidad espacial para la recogida de los residuos hortícolas, ya que la producción de este tipo de residuos presenta picos estacionales. (Álvarez, 2013).

3.1.4 Estimación de la producción de restos vegetales en agricultura intensiva

El proceso de cultivo produce desechos durante todo el año en forma de destalles, deshojes o eliminación de frutos de destrío y con picos en Enero-Febrero, y Mayo-Junio. El primer pico corresponde con el final de los cultivos de otoño (judía, calabacín y pepino principalmente) y supone un 19 % de los residuos vegetales. En Mayo-Junio coincide con la finalización de los cultivos de primavera (melón y sandía principalmente) y los cultivos de ciclo largo o únicos como el tomate, pimiento y berenjena, representando el 81 % de los residuos (61 % de los cultivos de ciclo largo y 20 % de los de primavera) (Sevilla y col. 2013).

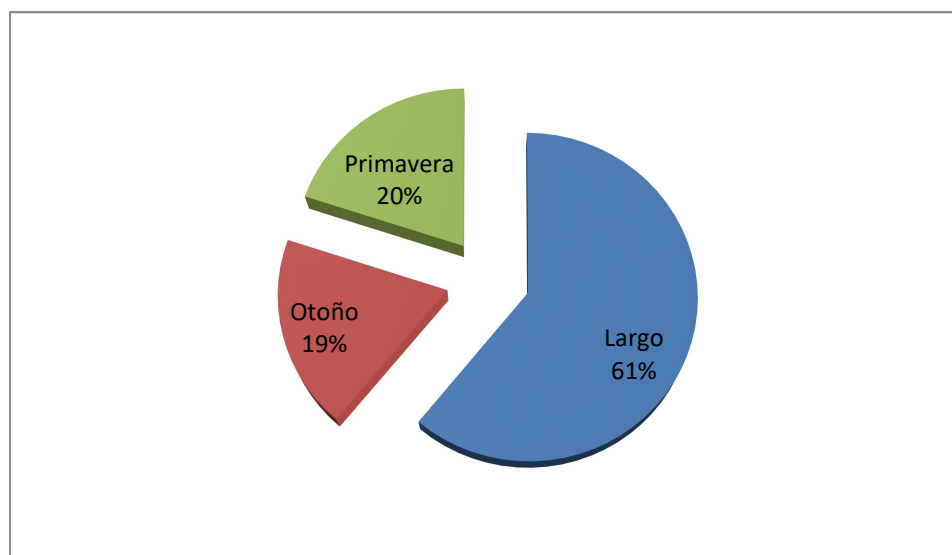


Figura 1. Distribución temporal de los desechos de cultivo. Adaptada de Sevilla y col. 2013.

Un estudio realizado por Tolón y Lastra en 2010 estimó la generación de restos vegetales según la especie. En la tabla que se muestra a continuación se desglosa toda la información:

Tabla 3. Generación de restos vegetales en el poniente almeriense.

Cultivos	Residuos		Periodo	Superficie	Residuos		Producción
	m ³ ha ⁻¹	Tm ha ⁻¹	Meses	Ha	m ³	Tm	Tm
Pimiento (T*)	100,0	25,0	Ene-feb/dic	6.476	647.600,0	161.900	425.425
Pimiento (I*)	110,0	27,0		69	7.590,0	1.897	
Tomate (T)	140,0	35,0	Ene/may	3.173	444.220,0	111.055	382.704
Tomate (I)	182,0	45,5		244	44.408,0	11.102	
Pepino (T)	90,0	22,5	Ene/may	3.898	342.450,0	85.612	213.080
Pepino (I)	94,5	23,6		35	3.307,5	827	
Calabacín	90,0	22,5	Feb/jun	1.485	133.650,0	37.125	118.80
Berenjena	90,0	25,0	Feb/jun	1.140	79.800,0	19.950	17.100
Sandía	50,0	15,0	Ene/may	2.830	141.500,0	4.865	212.250
Melón	80,0	2,0	Ene/jun	3.880	310.400,0	89.240	155.200
Media o total	90,0	25,0	Feb/may	27.035	2505.745,0	650.278	1.858.864

T*: cultivo en invernadero tradicional.

I*: cultivo en invernadero industrial.

Fuente: Adaptado de Tolón y lastra (2010).

Otro estudio realizado por López y colaboradores en 2013 estimó también la generación de restos vegetales según la especie. En la tabla 4 siguiente aparecen unificados algunos datos de ambos trabajos.

Tabla 4. Índices de producción de restos vegetales para los principales cultivos de invernadero de Almería.

Especie	Fuente A			Fuente B
	Tipo de invernadero	Producción (Tm/Ha)	Volumen (m ³ /Ha)	Producción (Tm/Ha)
Pimiento	Inv. Tradicional	25,0	100,0	37
	Inv. Industrial	27,0	110,0	
Tomate	Inv. Tradicional	35,0	140,0	73,3
	Inv. Industrial	45,5	182,0	
Pepino	Inv. Tradicional	22,5	90,0	38,5
	Inv. Industrial	23,6	45,5	
Calabacín		22,5	90	44,5
Berenjena		25,0	90	44,6
Judía verde		17,0	80	27,4
Sandía		15,0	50	17,0
Melón		23,0	80	33,2

Fuente: Adaptado de

A) Tolón y lastra,2010 .

B) López y col 2013.

De lo anterior, puede comprobarse que las cifras difieren considerablemente entre las fuentes aun tratándose de datos que se refieren en ambos casos, a restos vegetales de invernaderos de Almería. En la primera de ellas se diferencian los índices en función del tipo de invernadero (tradicional o industrial) para algunos cultivos. Como se observa en la tabla, los índices de la fuente A son significativamente menores a los de la fuente B. En ambas fuentes el cultivo que genera mayor cantidad de restos por hectárea es el tomate.

La bibliografía sugiere cifras variables en función del cultivo y tipo de producción, pudiendo llegar al 25% el porcentaje que de esa biomasa representan los destríos.

En la tabla 5 se muestra la generación de restos vegetales en varios cultivos presentes en España y también en la provincia de Almería.

Tabla 5. Ratios de la generación de restos vegetales para determinados cultivos.

Cultivo	Ratios por hectárea, en peso	Ratios por hectárea, en volumen
Olivar	2,5 a 3 Tm/año	5 o 6 m ³ (triturado)
Cítricos	2,8 a 6,5 Tm /año	
Viña	3 Tm/año	12 m ³
Tomate	30 a 38,5 Tm/año	
Otros cultivos hortícolas	25 a 29 Tm/año	

Fuente: Adaptado de MAGRAMA, 2012.

Como se comentó en el punto 3.1.2 “La agricultura intensiva del sudeste español”, los agricultores al arrancar el cultivo o al realizar podas, deshojados u otras prácticas culturales que conlleven la producción de restos vegetales, no los envían normalmente inmediatamente a las plantas de procesado, sino que permanecen algunos días en la explotación, reduciéndose su contenido en humedad y, por tanto su peso y volumen. Un estudio realizado por Parra y colaboradores en 2001 analizó la reducción del contenido de humedad de las plantas en distintas especies hortícolas en el mes de junio.

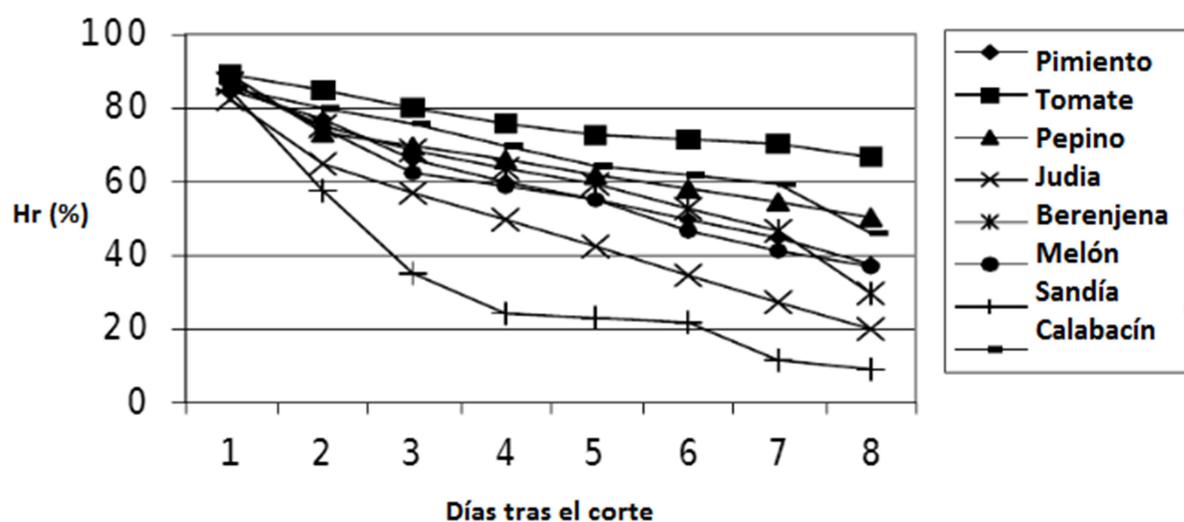


Figura 2. Evolución del contenido de humedad en el mes de junio para los cultivos en Almería. En porcentaje. Fuente: Adaptado de Parra y col. 2001.

En la misma línea que lo anterior, López y colaboradores estudiaron en 2013 el peso fresco y seco de estas especies. Los resultados se muestran en la figura 6.

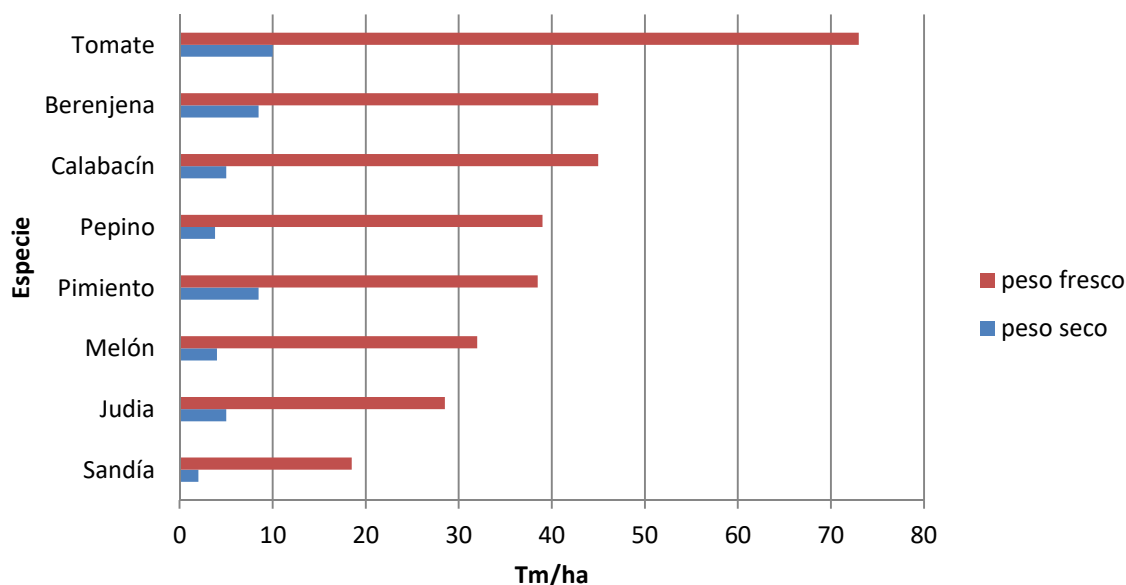


Figura 3. Residuo vegetal de los principales cultivos hortícolas en Almería, en peso en el momento de corte (peso fresco) y secado en estufa a 65 °C (peso seco). Fuente: Adaptado de López y col, 2013.

3.1.5 Metas y objetivos de la agricultura intensiva

El objetivo general es realizar una gestión más sostenible del complejo alimentario a través del objetivo específico de mejorar la gestión de los restos vegetales de los cultivos protegidos (Junta de Andalucía, 2016).

Las actuaciones apuestan por abordar la gestión de los restos vegetales desde la perspectiva del concepto de economía circular, la bioeconomía y la simbiosis entre los diferentes agentes involucrados, de manera que se puedan valorizar los restos vegetales de una manera más eficiente, logrando que se cierren los ciclos productivos. Por ello, se pretende dar respuesta a los problemas concretos que actualmente presenta su gestión, que son bien conocidos por el sector y que han sido contrastados por la CAPDR y todos los agentes implicados, a través de un conjunto de medidas que se financian con los instrumentos de apoyo específicos actualmente disponibles.

La gestión de los restos vegetales tiene implicaciones agronómicas relacionadas con la gestión tradicional, el manejo de las cantidades generadas, su estacionalidad y el acondicionamiento exigido, así como la disponibilidad de tecnologías que faciliten la tarea.

3.1.6 Características y composición de los restos vegetales

Los restos de cultivo que se producen en los invernaderos están formados por tallos, hojas, frutos de destrío que no cumplen los estándares de calidad necesarios o que no se comercializan por razones de mercado y plantas completas que son arrancadas al terminar los ciclos de cultivo.

En todos los casos se trata de restos vegetales verdes, es decir, se producen a partir de cultivos que se cosechan antes de su senescencia, lo que les confiere unas propiedades específicas:

- Presentan alto contenido en humedad (llega a ser hasta del 60% en el momento de su retirada) (Junta de Andalucía, 2016).
- Elevado contenido en materia orgánica (Junta de Andalucía, 2016).
- Presencia de restos de fertilizantes, fitosanitarios y otros dependiendo de la técnica de cultivo utilizada (Álvarez, 2007; López y Boluda, 2008).
- Composición principalmente de carbono, oxígeno e hidrogeno. Contiene, en menores cantidades nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre. Se han detectado al menos 60 elementos químicos distintos, dependiendo de la especie concreta y el hábitat en el que se localice (Paul y Clark, 1996, citado en Álvarez, 2007).
- La celulosa, hemicelulosa y la lignina son los constituyentes mayoritarios. La proporción de las fibras (celulosa, hemicelulosa y lignina) depende del material vegetal. En general la celulosa es la más abundante (40-50%), seguida de la hemicelulosa (20- 30%) y la lignina (10-30%) (Fengel y Wegener, 1984; Sjöström, 1981, Misra, 1993; Oggiano, 1997, citado por Álvarez, 2007).
- El grado de desecación o envejecimiento influye en la composición (Grant y Long, 1989; Jeffries, 1994, citado por Álvarez, 2013).
- Poseen alto contenido en sales (Junta de Andalucía, 2013).
- Son fácilmente biodegradables (Junta de Andalucía, 2016).

La presencia de elementos plásticos como los que se utilizan para entutorar los cultivos suele ser importante entre los restos. En muchos de los cultivos de invernadero los agricultores entutoran las plantas para mantener un porte erguido, utilizando habitualmente una rafia de polipropileno que no es biodegradable (Junta de Andalucía, 2016).

La Junta de Andalucía (2016) describe los restos vegetales como materia orgánica con un grado de humedad elevado inicialmente y una relación peso/volumen reducida (con una densidad entre 75 y 200 kg/m³). Además, posee una relación C/N (entre 15 y 30) y con el paso del tiempo tienen lugar los procesos de degradación que, por otro lado, no suele ocurrir correctamente en las explotaciones de invernaderos por no darse las condiciones por

lo que son retirados antes de comenzar el ciclo de cultivo siguiente, evitando también problemas fitosanitarios

A este respecto señalar que los restos vegetales pueden ser vectores de plagas y enfermedades por lo que existe normativa sanitaria específica de diversos ámbitos que regula su gestión. La gestión de los restos vegetales afectados por virus están sujetas a normativa autonómica para controlar la transmisión. Los restos vegetales afectados por virus deben ser entregados al personal gestor autorizado de residuos vegetales, o ser depositados en un contenedor impermeable o similar, que debe permanecer completamente cerrado en todo momento, bien sea mediante una tapa, mediante una malla con una densidad mínima 20x10 hilos/cm² o mediante plástico (Junta de Andalucía, 2016).

Pueden llegar a contener cierta concentración de residuos fitosanitarios, lo que es importante tener en cuenta si se destinan a alimentación animal, si bien también se ha de mencionar que al producirse al final del ciclo de cultivo, raramente van a presentar contenidos preocupantes, puesto que habrán transcurrido semanas desde las últimas aplicaciones, si se han respetado convenientemente los plazos de seguridad de los productos. Los autocontroles de las empresas y los propios de la CAPDR añaden seguridad al proceso (Junta de Andalucía, 2016).

Por último señalar que se trata de material orgánico que genera fracciones líquidas con facilidad, lo que puede lixiviar provocando contaminación de acuíferos.

3.1.7 Calidad de los restos vegetales

A la hora de evaluar el nivel de calidad o de contaminación con el que se recogen los restos vegetales encontramos situaciones bien diferenciadas. La poda de la planta que se hace durante el crecimiento (destalle) produce un material tierno y sin ningún tipo de contaminación que es distinto al generado durante el arranque del cultivo. En el primer caso, además de mucha mayor calidad se da una frecuencia y una cantidad más o menos constante durante el ciclo. En el segundo caso, el residuo se genera de una vez en un tiempo de días.

Actualmente se están empezando a emplear rafias biodegradables, con el objetivo de que al arrancar el cultivo, esta se incorpore al compost sin que merme la calidad del mismo o en cualquier caso, no suponga un problema sea cual sea el método de valorización o reciclaje empleado.

Otra opción, mucho más costosa en mano de obra, es la de retirar manualmente la rafia de polipropileno al terminar el ciclo de cultivo, pudiendo reutilizarse varias campañas de producción. Así lo han realizado el grupo de investigación AGR-200 de la universidad de Almería, los cuales aplican un abonado en verde previa retirada manual de la rafia.

3.1.8 Los restos vegetales en la actualidad

En el caso de Almería existen dos modelos de empresas gestoras que cubren la totalidad de la zona productiva de la costa. Una de ellas está participada por el propio Ayuntamiento y se encarga de la gestión exclusiva de los residuos agrícolas que se generan en el término municipal de la capital. La otra es de carácter privado y canaliza la gestión a través de una concesión de un consorcio de Ayuntamientos dentro de los que están el resto de municipios en los que se genera la actividad hortofrutícola de Almería (Sevilla y col., 2012).

A lo largo de las últimas décadas, los agentes sociales, especialmente las administraciones locales, provinciales y regionales, han ido tomando conciencia del enorme problema que supone la generación de residuos procedentes de la agricultura intensiva en una superficie ciertamente reducida y de forma continuada en el tiempo. Es cierto, sin embargo, que las actuaciones propuestas, cuando han existido, han ido apareciendo a oleadas, normalmente vinculadas a cambios políticos o a ideas que se consideraban innovadoras o llamativas y que tristemente terminaban por desvanecerse al poco tiempo (Moreno y col., 2014).

No obstante, durante los últimos años se han iniciado distintos procesos destinados a la gestión adecuada de los residuos sólidos y de los residuos vegetales procedentes de invernadero (RVI), siendo el ayuntamiento de El Ejido pionero en esta actividad y el que más actuaciones ha llevado a cabo en los últimos años, destacando el Plan de Higiene Rural o el inicio de la fabricación de compost por parte de la empresa Tecmed en el año 1993, en su planta con capacidad de tratamiento de 50.000 toneladas anuales (Ayuntamiento de El Ejido, 2003; Cabildo de Tenerife, 2009; citado por Tolón y Lastra, 2010).

En la actualidad, la empresa Ejido Medio Ambiente S.A. continúa con el trabajo del Grupo Tecmed, y según el Plan de Higiene Rural del Ayuntamiento de El Ejido tiene previsto gestionar 340.000 unidades de residuos de envases peligrosos, 40.000 Tm de frutos, 500.000 m de restos vegetales, 100.000 m de plásticos, metales y maderas y en torno a los 70.000 m de residuos de sustratos (Ayuntamiento de El Ejido. 2003; citado por Tolón y Lastra, 2010). Los residuos y los meses de máxima producción de los mismos, gestionados por la empresa Albaida Recursos Naturales y Medio Ambiente en el año 2008 se recogen en la tabla 6.

Tabla 6. Residuos sólidos del Poniente Almeriense gestionados por Albaida.

Residuos	Planta				Total	
	La Mojonera		Níjar		Tm	Mes
	Tm	Mes	Tm	Mes		
RVI	34.230,2	May-Jun	117.640,4	Jun-Jul	151.870,7	Jun-Jul
Podas	2.491,1	Ene-Feb	415,9	Ago	2.906,9	Feb-Mar
Destríos	9.049,5	May	0	-	9.049,5	May-Jun
Plásticos	64,4	Abr/Ago	1.110,7	Abr-Ago	1.175,1	Abr-May Jul-Ago
Colmenas	212,9	Sep	10,3	Jul	223,2	Ago-Sep
Perlita	1.060,1	May-Jun	459,4	Jul	1.519,5	Jun-Jul
Lana de roca	191,3	May-jun	802,2	Ago	993,5	May
Fibra de coco	24,4	May	44,5	Jul-Ago	68,9	May Jul-Ago
Sustratos	1.275,8	May-Jun	1.306,1	Jul-Ago	2.581,9	Jul-Ago
Bandejas	0,64	-	50,4	-	51,01	-

*La planta de Níjar actualmente forma parte de la empresa AMSA, aunque se ha conservado la tabla debido a que en el años 2008 pertenecía a Albaida Residuos.

Fuente: Editado de Tolón y Lastra, 2010.

En el año 2008, en la Comarca del Poniente el volumen real de residuos vegetales de invernadero gestionados en plantas de tratamiento, gestión y valoración fue de 283.252 Tm, y para producir energía eléctrica se utilizaron 34.230,65 Tm. En instalaciones destinadas a la recogida y almacenamiento de sustratos usados se gestionaron 6.875,81 Tm, y 800.000 envases fitosanitarios procedentes de la actividad agraria fueron recogidos (Tolón y Lastra, 2010)

Asimismo, en la actualidad, la empresa Albaida Recursos Naturales y Medioambiente, S.A., ha construido una planta de tratamiento de residuos vegetales de invernadero por gasificación, destinada a producir energía eléctrica, y se estima que se obtendrán 13.600.000 Kwh-año, con una capacidad para tratar 21.600 T de residuos al año (Ayuntamiento de Níjar, 2009; citado por Tolón y Lastra, 2010).

Si bien se han obtenido grandes avances en la gestión de los residuos procedentes de invernaderos, aún no se ha llegado a gestionar el 100% de ellos. Se debe alcanzar este objetivo y concienciar a los productores sobre los beneficios de reciclar y tratar adecuadamente los residuos (Tolón y Lastra, 2010).

La propia evolución en las tecnologías de tratamiento disponibles para esta clase de residuos, también ha ido proporcionando alternativas variadas, muchas de las cuales se están empleando localmente en la actualidad (Moreno y col., 2014).

3.1.8.1 Principales plantas de valorización

A continuación se detallan las principales plantas de valorización de restos vegetales que están en funcionamiento en la provincia de Almería:

- **Ejido Medioambiente (E.M.A)**

Empresa que nace como continuación del grupo Tecmed. Es una empresa de capital privado que se constituyó en 2001 en el término municipal de El Ejido. Está dedicada al tratamiento de residuos agrícolas generados en los cultivos intensivos e industria auxiliar agrícola. Y su actividad principal es el compostaje de residuos agrícolas.

- **Albaida residuos**

Empresa que se dedica a la gestión de residuos agrícolas. Surge a finales de la década de los '90 y es abastecida por más de 12.000 ha de cultivo intensivo. Cuenta con una planta de compostaje en La Mojonera.

- **Transportes y contenedores Antonio Morales S.A. (AMSA)**

Empresa dedicada originalmente al transporte y a los contenedores de obra y que ha ampliado sus líneas de servicio, siendo una de ellas una planta de reciclaje, adquirida a Albaida residuos en 2015. Se ubica en el paraje El Jabonero, en el término municipal de Níjar, y se encarga de la gestión de los restos vegetales de más de 4930 ha de cultivo intensivo.

- **Planta de recuperación y compostaje de Almería**

Empresa propiedad del ayuntamiento de Almería y gestionada por Cespa. Se ubica en la carretera de Cuevas de las Medinas. Se encarga del reciclaje de los residuos sólidos urbanos de la capital y poblaciones cercanas y de la valorización de restos vegetales mediante la producción de compost. Se trata de una planta de 8 hectáreas de superficie, de las cuales 2,55 ha están destinadas al compostaje. Tiene una capacidad de tratamiento de 154.800 toneladas/año y genera 20.750 toneladas/año de compost.

Planta municipal explotada por UTER Ferrosfer-Ferrovial. Se ubica en la carretera a Partalao, paraje Terdiguera. Se encarga de la gestión de los residuos producidos en el consorcio Almazora-levante. También se emplea como vertedero de apoyo al actual vertedero controlado del sector III, en Albox. Anualmente se recuperan 9.605 Tm de compost.

- **Planta de recuperación y compostaje de Gador**

Planta municipal explotada por UTE poniente almeriense FCC SA y Abensur cuya área de gestión es el consorcio del Poniente almeriense y que produce 14.080 Tm al año.

Las principales empresas que funcionan en la Comarca del Poniente Almeriense, con el objetivo de gestionar los distintos residuos que producen los invernaderos, son recogidas en la Figura 3, así como su actividad específica y su localización.

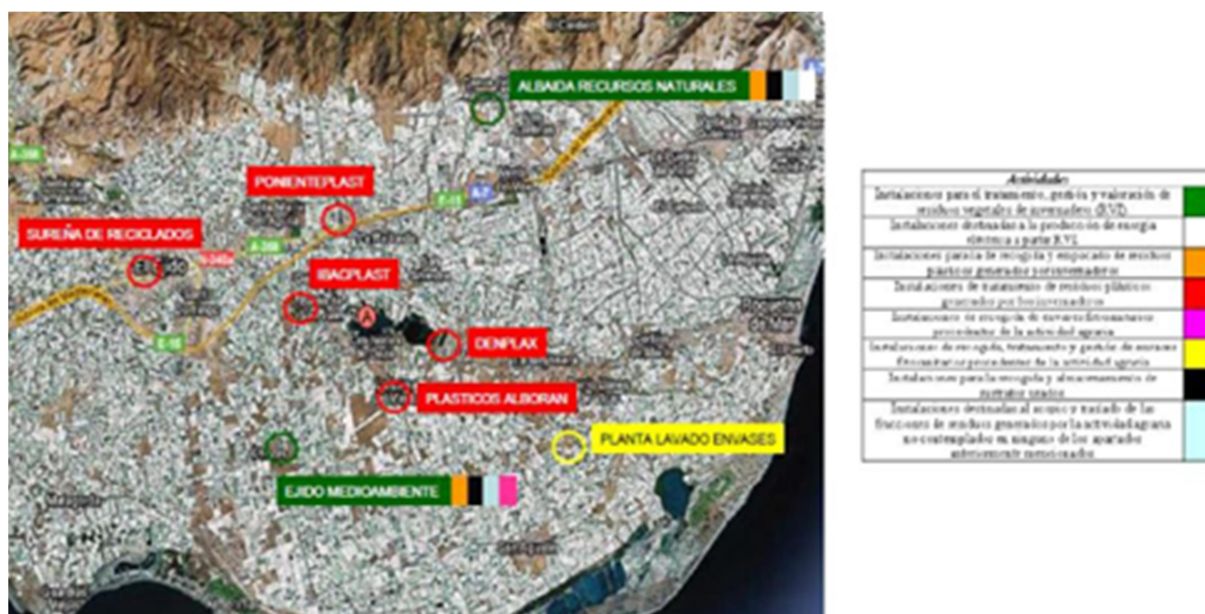


Figura 4. Localización de las empresas gestoras de los residuos procedentes de los invernaderos. Castellano Navarro y col; citado por Tolón y Lastra, 2010.

3.2 PROBLEMÁTICA DE LOS RESTOS DE COSECHA

Los problemas y amenazas generados por los restos de cosecha se deben principalmente a (Parra y col., 2001; citado por Torres, 2015):

- La emisión de gases (CO₂ y CH₄). Riesgo de fuegos y contaminación atmosférica.

- El transporte. Contaminación ambiental y riesgo de accidentes.
- La incineración incontrolada. Riesgo de fuegos y contaminación atmosférica.
- Creación de focos de infección y vectores de enfermedades. Contaminación de los cultivos cercanos. Según Conway, 1996, un factor importante para lograr una agricultura sostenible es la necesidad de eliminar los restos de cosecha de las zonas de cultivo para luchar contra plagas y enfermedades.
- Proliferación de focos aislados de roedores e insectos.
- Saturación de cauces de agua. Inundaciones.
- Putrefacción y contaminación de acuíferos por lixiviado de elementos tóxicos. Riesgo para la salud humana por contaminación de aguas subterráneas.
- Envenenamiento de animales. Riesgo para la salud humana.
- Impacto visual. Daños a la imagen comercial.
- Olores y picores. Reducción de la calidad de vida para las personas que viven cerca.
- Ruptura del equilibrio entre la biosfera del planeta y actividades humanas (Otero, 1998; citado por Álvarez, 2013).

Además, el reciclado de los restos vegetales de los cultivos puede estar comprometido por la presencia de restos de productos fitosanitarios, y más aún en los hortícolas por la presencia de rafia sintética (atado de PP) o de malla de soporte (PE). Esos materiales mezclados con las plantas obstaculizan la reutilización y valorización de los mismos. Por ello, los restos vegetales del sector hortícola intensivo constituyen, en alguna ocasión, un problema de gestión tan importante como el de los insumos inorgánicos (MAGRAMA, 2012).

La gestión de los restos de cosecha es considerado clave en la gestión ambiental de nuestro modelo productivo (Parra y col., 2001; Tolón y Lastra, 2010; citado por Torres, 2015). Son numerosas las ocasiones en las que el sistema se ha visto desbordado ante la incapacidad de gestionar, de modo eficiente y económico, las cantidades generadas (Coexphal, 2002; citado por Torres, 2015). Los factores que limitan la gestión adecuada de los mismos son la estacionalidad y las características particulares de los restos a procesar (rafias plásticas).

3.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

3.3.1 Posibilidades de tratamiento

En la figura 4 se pueden ver todas las opciones de tratamiento de los residuos agrícolas, diferenciándose en dos grandes grupos: valorización y eliminación.

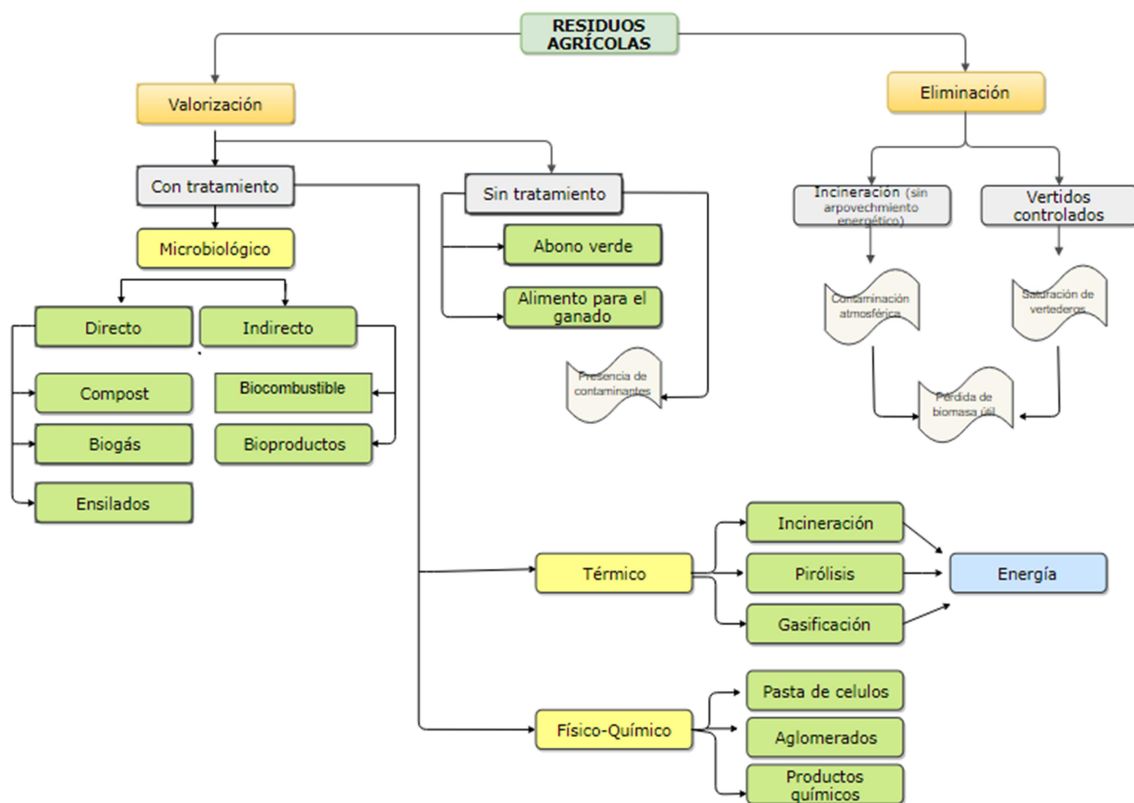


Figura 5. Opciones de valorización y eliminación de residuos orgánicos de origen agrícola. Fuente: Elaboración propia.

Las alternativas más ventajosas ambientalmente para el tratamiento de residuos agrícolas son las que permiten la recuperación o el reciclaje de los recursos contenidos en ellos (López y Boluda, 2008).

Tabla 7. Principales formas de gestión de los restos de cosecha.

Destino	Observaciones
Reincorporación al suelo	Constituye una aportación de materia orgánica para los suelos
Acolchado orgánico	Constituye una aportación de materia orgánica para los suelos con un efecto de mulching (limita la evaporación y el crecimiento de plantas adventicias)
Cama para el ganado	A veces, es necesario triturar previamente los restos
Compostaje	Puede ser realizado de forma colectiva o individual, junto con otros residuos orgánicos (estiércoles, lodos de depuradoras, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, restos vegetales de jardinería o forestales...)
Vermicompostaje	Proceso de digestión de la materia orgánica por lombrices
Alimentación animal en fresco o henificado	Práctica tradicional, que no siempre se lleva a cabo de forma controlada

Destino	Observaciones
Alimentación animal con deshidratación industrial	La deshidratación requiere de maquinaria y energía
Ensilado para alimentación animal	Práctica habitual en zonas templadas con un invierno largo, sobre todo con cultivos de forraje y maíz.
Quema controlada	La quema de rastrojos (restos de cereales en campo) está restringida para el acceso a ayudas directas. Existen restricciones para las quemas controladas de restos vegetales, especialmente en verano. Esta cuestión depende de las ordenanzas locales.
Transformación para la fabricación de pasta de papel y/o cartón	Existen varias plantas de fabricación en España. Se puede realizar con restos de otros cultivos.
Valorización energética	A través de técnicas de metanización, plantas de biomasa, obtención de carbón activo...
Eliminación vía entrega a vertedero	Destino que debería reducirse, por la progresiva aplicación de la normativa que regula el vertido de residuos.
Abandono	Práctica incorrecta, que conlleva riesgos de propagación de plagas y enfermedades, atrae a insectos y roedores.
Quema incontrolada	Práctica incorrecta. Puede conllevar riesgos de conatos de incendios.

Fuente: MAGRAMA, 2012.

3.3.2 Estudio de alternativas y justificación de la solución adoptada

En el anejo 1, “Alternativas de valoración”, se detallan los modos de gestionar los restos vegetales. En este mismo anejo se realiza un análisis de distintas alternativas de valoración y la elección de la misma.

Tabla 8. Alternativas de valorización planteadas

Alternativa 1	Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biocombustible.
Alternativa 2	Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje.
Alternativa 3	Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo.
Alternativa 4	Planta de gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado.

La alternativa seleccionada tras haber realizado un análisis multicriterio por el método de medias ponderadas es la número 2: **Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje.**

B) MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPITULO 4. COMPOSTAJE

4.1 INTRODUCCIÓN

Según Saña y Soliva (1987), citado por Soliva, López y Huerta (2008), el compostaje es un proceso dinámico, biológico, aerobio y termófilo que para que pueda tener lugar necesita materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que ésta se desarrollen; para ello y para que la población de microorganismos sea lo más variada debe mantener una serie de equilibrios: aire/agua, biopolímeros y nutrientes.

Real Decreto 865/2010 de julio sobre sustratos de cultivo (BOE 170 de 2/07/2010) define el compostaje como *“proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables que da lugar a alguno de los tipos de productos orgánicos, cuyas características se detallan el grupo 1 del anexo I del mencionado Real Decreto”*.

Según Haug (1993), citado por Bueno, Díaz y Cabrera (2008), el proceso de compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios, que actúan sucesivamente sobre la materia orgánica original en función de la influencia de determinados factores, elevándose la temperatura, reduciendo el peso y volumen de los residuos y provocando un oscurecimiento y humificación. Según Cronje y colaboradores, 2003, citado por Bueno y colaboradores (2008), durante el proceso de compostaje se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana, y por tanto, una mineralización adecuada de la materia orgánica. Un compostaje que pretenda obtener un producto final útil como fertilizante (material orgánico estabilizado) hay que controlar en el las variables necesarias para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo corto y con unos costes mínimos (Hedegaard y col., 1996; De Bertoldi y col., 1985; Körner y col., 2003; citado por Bueno y colaboradores (2008).

El compostaje tiene 3 características que ya se han comentado que lo distinguen de otros procesos de transformación de la materia orgánica: es un proceso biológico, ocurre en condiciones aeróbicas y se desarrollan elevadas temperaturas.

4.2 VARIABLES DEL PROCESO

Bueno y colaboradores (2008) dividen las variables más importantes que afectan al compostaje en:

- Parámetros de seguimiento: aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y reajustados para que sus valores se encuentren entre los intervalos correctos en cada fase. Estos parámetros son: pH, aireación y espacio de aire libre.
- Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato: aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso. Los parámetros son: C/N y C/P, características y composición del sustrato, nutrientes, materia orgánica y CE.

4.2.1 Parámetros de seguimiento

4.2.1.1 pH

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Del mismo modo que ocurre con la temperatura, el pH cambia a lo largo del compostaje siguiendo una curva típica según la etapa en la que se encuentre el proceso. Según algunos autores la evolución del pH en el compostaje presenta tres fases (Bueno y colaboradores, 2008).

Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH hasta valores en torno a 5 a causa de la acción de los microorganismos sobre el medio ambiente que forman una gran cantidad de ácidos orgánicos (Varios autores; citado por Bueno y colaboradores, 2008).

Posteriormente en una segunda fase se produce una alcalinización progresiva debido a la utilización microbiana de los ácidos orgánicos, la proteólisis y la mineralización del nitrógeno con liberación de amoníaco hasta alcanzar un pH en torno a 8,5 (Bueno y colaboradores, 2008).

Una última fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos con propiedades tampón. La figura 5 muestra los cambios de pH en un proceso de compostaje (Bueno y colaboradores, 2008).

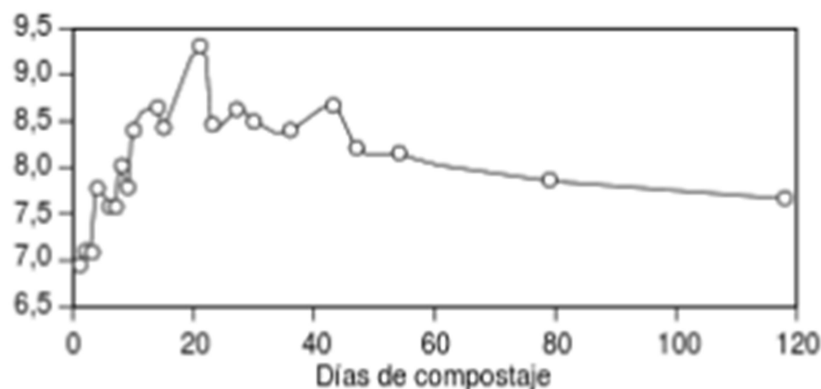


Figura 6. Variación de pH durante un proceso de compostaje. Fuente: Bueno y Díaz, 2008.

Cuando no se consigue una estabilización del pH se considera indicativo de falta de madurez del producto (Moreno y Mormeneo, 2008).

4.2.1.2 Oxígeno

Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno pues los microorganismos que actúan en este proceso son de metabolismo aeróbico. El contenido de este gas varía en el interior de la pila de compost. La parte más externa contiene la misma concentración que el aire (18-20%) y va decreciendo la concentración hacia el interior mientras que va aumentando la de dióxido de carbono. A una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede situarse entre 0,5-2 % (Ekinci y col., 2004. Citado por Bueno y colaboradores, 2008).

La insuficiencia de oxígeno provoca que la microbiota presente cambie a organismos aneróbicos ocasionando procesos fermentativos, mucho menos eficientes energéticamente (menos producción de calor, procesos más lentos), los cuales generan productos secundarios indeseables (metano y sustancias productoras de malos olores), no favorecen el aumento necesario de temperatura, por lo que sanitariamente el producto puede ser peligroso, y no logran la estabilización biológica total del producto (Bidling-Mayer, 1996, Moreno y Mormeneo, 2008). En el caso opuesto, según Zhu, 2006, citado por Bueno y colaboradores 2008, un exceso de oxígeno o ventilación podría provocar el enfriamiento de la pila de compost y desecarla en exceso con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos.

El consumo de oxígeno varía en cada fase del compostaje siendo mayor cuanto mayor sea la actividad microbiana. En la fase mesófila e inicio de la termófila, el crecimiento microbiano es rápido y existe una demanda grande de oxígeno para evitar su agotamiento. En la fase de maduración en cambio, este elemento no suele ser un factor limitante debido a que la

actividad el crecimiento de los microorganismos se reduce notablemente por agotamiento de los nutrientes fácilmente asimilables (Moreno y Mormeneo, 2008).

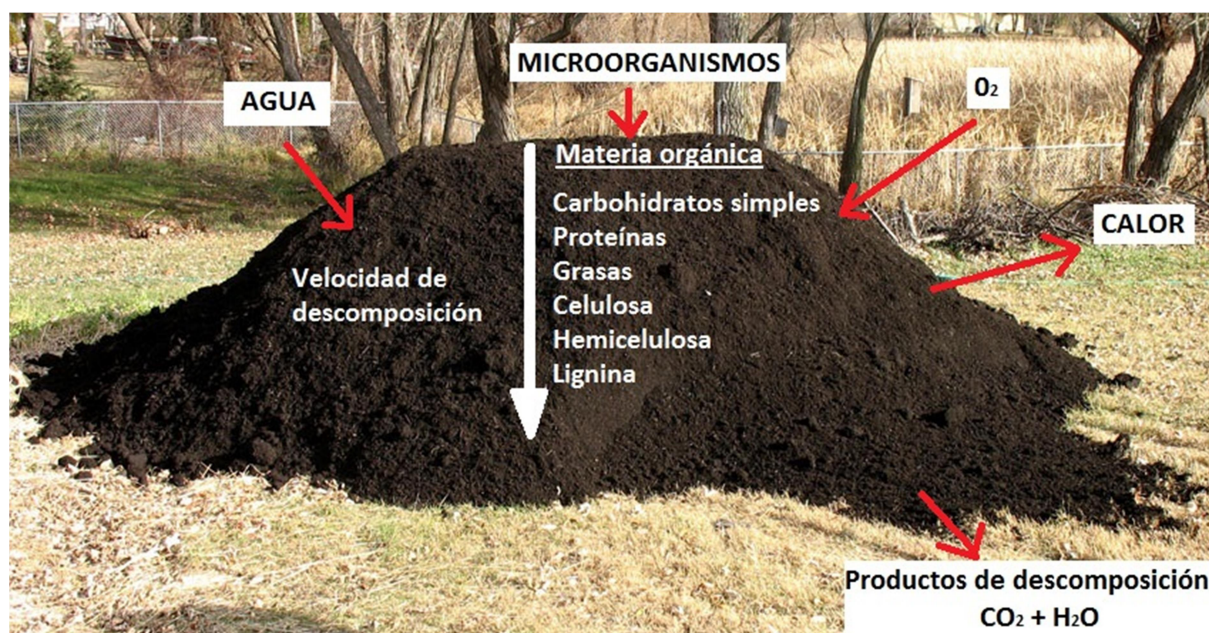


Figura 6. Visión global del proceso de compostaje. Fuente: Adaptado de Moreno y Moral, 2008.

4.2.1.3 Temperatura

Inicialmente todo el material de partida está a la misma temperatura, pero con el desarrollo de los microorganismos se genera calor que hace aumentar la temperatura de los materiales. Según Liang y col., 2003; Miyatake y col., 2006, citado por Bueno y colaboradores, 2008) la temperatura se ha considerado tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje. La evolución de este parámetro representa el proceso de compostaje muy bien ya que se ha comprobado que con variaciones mínimas de temperatura afectan más a la actividad microbiana que variaciones pequeñas de humedad, pH o C/N.

Observando la evolución de la temperatura puede describirse la eficiencia y el grado de estabilización que ha llegado el proceso debido a que hay una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Del mismo modo, existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha sido alta. En ocasiones se da el fenómeno de "suicidio microbiano", cuando la temperatura es excesiva para su propio desarrollo (Bueno y colaboradores, 2008).

Las temperaturas óptimas del proceso se encuentran entre 45 y 59°C. Temperaturas inferiores a 20 °C frenan el crecimiento microbiano y la descomposición de los materiales. Si

la temperatura es superior a 59 °C se inhibe el desarrollo de gran parte de los microorganismos o provoca su eliminación, con lo que se reduce la tasa de descomposición microbiana (Moreno y Mormeneo, 2008). En el proceso de descomposición aeróbica se observan tres fases bien diferenciadas:

- Fase mesófila inicial ($T < 45$ °C). Al final de esta fase se producen ácidos orgánicos.
- Fase termófila ($T > 45$ °C)
- Fase mesófila final. Se considera finalizado el proceso cuando se alcanza la temperatura inicial.

Debido a la variación de temperatura en cada intervalo térmico actúan unos microorganismos.

4.2.1.4 Humedad

Al ser el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, el contenido de agua ejerce un efecto imprescindible en la población bacteriana en cuanto a su crecimiento y actividad metabólica, este factor debe ser expresamente manejado cuando se trata de fabricar compost de modo eficiente (acortando los tiempos del proceso). Algunos autores (Haug, 1993; Madejón y col., 2002; Jeris y col., 1973, citado por Bueno y colaboradores, 2008) consideran que la humedad de los materiales es la variable más importante en el compostaje y ha sido calificada como un importante criterio para la optimización del compostaje.

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa (Miyatake y col., 2006, citado por Bueno y colaboradores), para que permita la circulación de oxígeno y demás gases producidos por el metabolismo microbiano. El valor ideal varía entre 40 y 70% según distintos autores. La mezcla de diferentes materias primas permite aumentar o disminuir el contenido de humedad inicial hasta el nivel óptimo (Moreno y Mormeneo, 2008; Bueno y col., 2008).

Se puede reducir un exceso de humedad incrementando la aireación (Haug, 1993, citado por Bueno y colaboradores, 2008). Con el control de la humedad es posible controlar la temperatura.

4.2.1.5 Espacio de aire libre

Shulze (1961), citado por Bueno y colaboradores (2008), fue el primero que relacionó los contenidos de humedad (H), densidad aparente (D_a), densidad real (D_r) y porosidad (p) con

el espacio de aire libre en el suelo (Free Air Space, FAS). Con el cálculo de las siguientes ecuaciones se obtiene una idea de las cantidades relativa de agua y aire existentes en la masa en compostaje:

$$FAS = P \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

Dónde:

$$P = 100 \left(1 - \frac{Da}{Dr} \right)$$

Por tanto:

$$FAS = 100 \left(1 - \frac{Da}{Dr} \right) \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

FAS, P y H se expresan en porcentaje, mientras Dr y Da en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Según Jeris y Regan (1973) y citado por Bueno y col. (2008), tras realizar una serie de ensayos, el proceso de compostaje ocurre con mayor rapidez cuando el FAS es de 30 – 35 %, independientemente de la naturaleza de la materia prima. Por ello, la humedad óptima puede ser encontrada conocidos los valores de la Da y Dr. La Dr es constante para cada materia prima mientras que la Da varía con la humedad por lo que ha de determinarse con distintos grados de humedad.

4.2.2 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

4.2.2.1 Nutrientes

De éste parámetro dependerá la velocidad del proceso de compostaje y la calidad del compost obtenido. Los microorganismos implicados en el compostaje necesitan que una serie de nutrientes específicos se encuentren en una forma química disponible, y a concentraciones adecuadas (Campitelli y col., 2014).

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. El empleo agronómico de los restos vegetales mediante su compostaje está en función de la disponibilidad de elementos nutritivos que contengan. Los microorganismos emplean únicamente compuestos simples, por tanto, las moléculas complejas deben romperse en otras más sencillas para que estén disponibles a los microorganismos (Castaldi y col., 2005. Citado por Bueno y col., 2008).

Los elementos principales del sustrato son C, N y P. Esto se debe a que son esenciales para el desarrollo de los microorganismos.

En general, entre el inicio y final de la incubación, se incrementa la concentración de los distintos nutrientes y la mérida de materia orgánica a compostar (Díaz y col., 2004; Michel y col., 2004, citado por Bueno y col., 2008).

Existen otros elementos presentes en menor cantidad (micronutrientes). Según Miyakate y col., (2006), citado por Bueno y Col. (2008) y Campitelli y col. (2014) funciones de estos microelementos son la síntesis de las enzimas, el metabolismo microbiano y los mecanismos de transporte intra y extracelular.

Desde un punto de vista operacional, para realizar un buen proceso de compostaje la materia prima de partida debe suministrar nutrientes carbonados, nitrogenados y otros elementos necesarios para que los microorganismos presentes en dichos materiales proliferen.

4.2.2.2 Relación C/N

Según Bueno y col. (2008), para que el compostaje genere un producto de calidad la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. El carbono y el nitrógeno se consideran los componentes limitantes para que se dé un proceso adecuado. Los microorganismos emplean en torno a 25 - 35 partes de C por cada una de N (Jhorar y col., 1991, citado por Bueno y col., 2008; Campitelli. 2014)

La relación C/N influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio. La consecuencia más patente de una relación C/N inadecuada en los sustratos de partida es un escaso incremento en la temperatura.

Tabla 9. Variación de temperatura en función de C/N.

Relación C/N	Temperatura alcanzada por la pila compost
30	68 °C
40	60 °C
60	40 °C

Fuente: Álvarez, 2003.

El carbono presente en los carbohidratos de los residuos vegetales es utilizado por los microorganismos como fuente de energía para sus reacciones metabólicas y crecimiento. El nitrógeno constitutivo principalmente de las proteínas de los residuos es otro elemento

esencial utilizado por los microorganismos, principalmente para procesos anabólicos o de síntesis (Ryckeboer y col., 2003, citado por Moreno y Mormeneo, 2008).

Si esta relación es elevada, mayor de 40, la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso. Esto se debe a la escasa disponibilidad de N de los microorganismos para su síntesis proteica (Campitelli y col, 2014).

En cambio, si la relación C/N es baja el compostaje es rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende de forma amoniacal. La relación C/N ideal para un compost maduro es cercana a 10 (Moreno y Mormeneo, 2008).

Según Moreno y Mormeneo (2008), la superficie de las partículas es por donde comienza la degradación. Por ello, algunos materiales deben ser triturados para aumentar su superficie y de este modo obtener tamaños de partículas susceptibles al ataque microbiano, acelerando los procesos de compostaje ya que a menor tamaño de partícula, mayor es la superficie de contacto. No obstante, deben evitarse tamaños de partícula excesivamente pequeños pues conllevaría una compactación del suelo propiciando unas condiciones anaerobias.

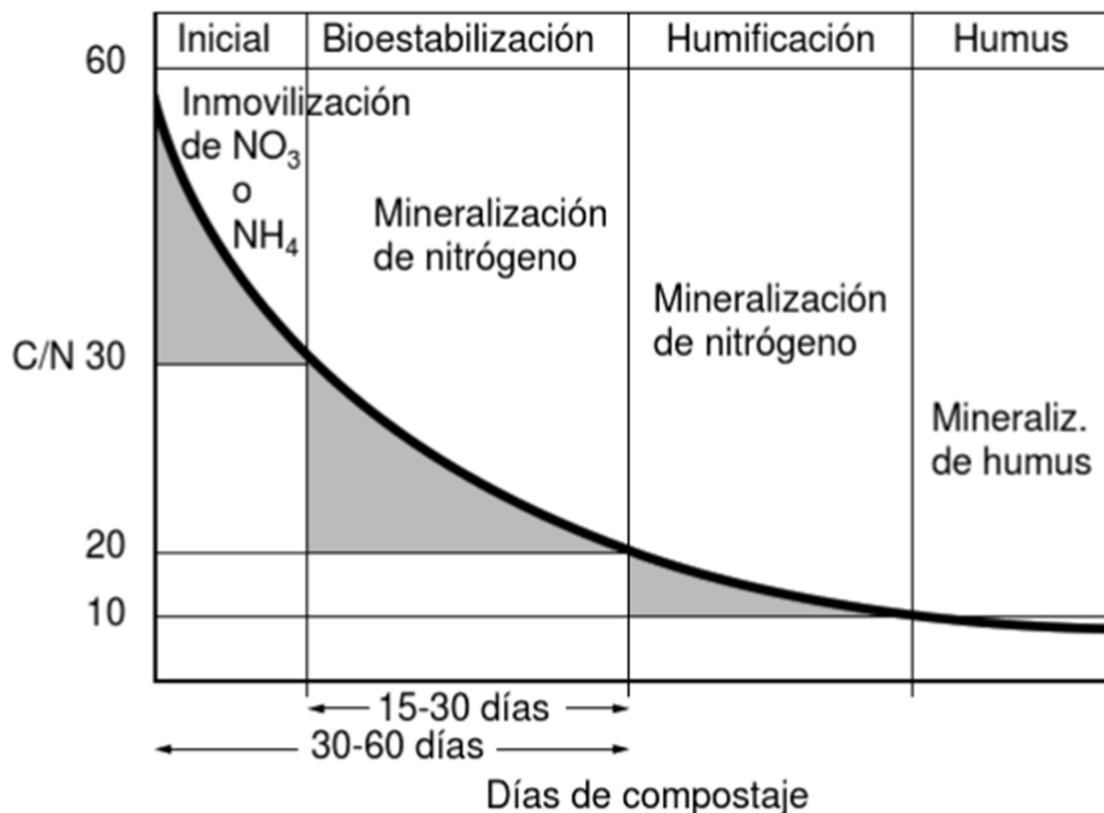


Figura 7. Evolución de la relación C/N durante el compostaje. Fuente: Moreno y Mormeneo, 2007.

4.2.2.3 Relación C/P y N/P

El fósforo debe estar presente para que el proceso se lleve a cabo adecuadamente. Una buena proporción entre los principales nutrientes provoca una adecuada capacidad para la proliferación microbiana (Bueno y col., 2008).

La relación C/P en el proceso de compostaje debe situarse entre 75 y 150 para que sea óptima, mientras que la relación N/P entre 5 y 20 (Singh y Amberger, 1990, citado por bueno y col. 2008).

4.2.2.4 Conductividad eléctrica

Viene determinada por la naturaleza y composición de la materia prima. La CE generalmente aumenta durante el compostaje a causa de la mineralización de la materia orgánica. A veces sucede lo contrario, desciende la CE, y suele ser debido a fenómenos de lixiviación provocados por una humectación excesiva (Bueno y Col., 2008).

Dependiendo de la CE del compost, la dosis a aplicar en campo varía. Una CE demasiado alta, exceso de salinidad, dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas (Campitelli y col., 2014).

4.2.2.5 Microorganismos

El compostaje se caracteriza por la interacción y sucesión de varios tipos de microorganismos que presentan diferentes demandas nutricionales y ambientales. La comunidad microbiana en los sustratos de partida, unidos a los que colonizan la pila de compostaje desde el entorno circundante constituyen el conjunto de agentes biológicos responsables del proceso biotransformativo (Moreno y Mormeneo, 2008).

Las bacterias son con diferencia los microorganismos que alcanzan los mayores niveles en las fases mesófila y termófila iniciales, pero decrecen considerablemente en la fase de maduración (Moreno y Mormeneo, 2008).

El compostaje puede mejorarse mediante la inoculación de microorganismos (bioaumentación) que pueden permitir obtener un mayor control del proceso, una mayor velocidad degradativa y generar productos de mayor calidad (Moreno y Mormeneo, 2008). La bioaumentación implica incorporar nuevos microorganismos que pueden haber sido

previamente aislados a partir del propio material sometido a compostaje o de cualquier otra fuente. Esta operación puede mejorar la conversión de los sustratos orgánicos, reducir reacciones indeseables como la generación de olores, o incrementar actividades degradativas durante procesos de biodescontaminación.

4.3 FASES DURANTE EL COMPOSTAJE

A lo largo del proceso de compostaje se pueden distinguir dos etapas fundamentales: la fase bio-oxidativa, en la que se produce la mineralización de la materia orgánica y que es realizada principalmente por los microorganismos; y una segunda fase de maduración o estabilización, en la que se forman sustancias húmicas y el compost adquiere las propiedades que lo caracterizan (Moreno y Mormeneo, 2008).

Al principio del proceso se va generando calor a medida que se degrada la materia orgánica, debido principalmente a los procesos de respiración de los microorganismos. Así, para que el calor producido tenga cierto impacto en el proceso, los sustratos deben estar dispuestos de tal forma que impidan su disipación. Por esta razón, es imprescindible desarrollar el proceso con un mínimo de material apilado. En estas condiciones, parte del calor queda atrapado en el material y se produce un efecto de retroalimentación (Guo y col., 2012, citado por Álvarez, 2013).

Atendiendo a la temperatura y a la actividad microbiana que se genera durante el proceso de compostaje podemos diferenciar cuatro fases: Fase Mesófila, Fase Termófila, Fase de Enfriamiento y Fase de Maduración (Boulter y col., 2000, citado por Álvarez, 2013). Las tres primeras fases se incluyen en la etapa bio-oxidativa, y durante ellas la actividad microbiana es intensa. Estas tres fases se pueden repetir cuando se efectúa un proceso de compostaje mediante pilas volteadas, de modo que cada vez que se efectúa un volteo, se introduce material no biodegradado en el interior de la pila y se reactiva el proceso. La evolución del proceso de compostaje se muestra en la figura 8 en las diferentes fases indicadas en función de la temperatura (línea roja), incluyendo el perfil térmico típico que se obtendría en pilas volteadas (línea naranja punteada), así como la evolución de parámetros como el pH, la relación C/N, y las actividades microbianas y poblaciones predominantes en cada fase. A continuación se describen las características que definen cada una de dichas fases.

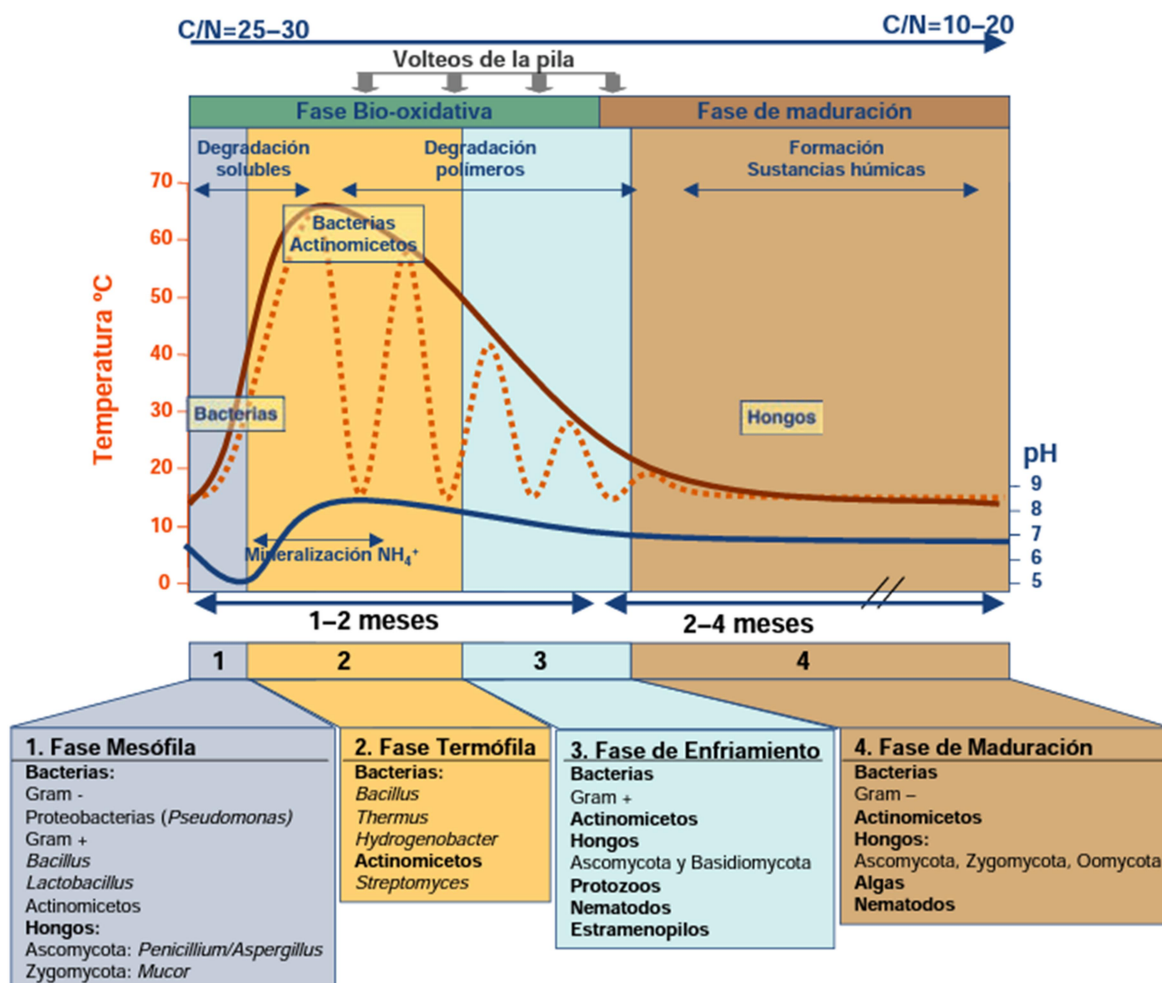


Figura 8. Evolución del proceso de compostaje según diferentes parámetros. Fuente: Moreno y Mormeneo, 2008.

4.3.3 Fase Mesófila

Según Tuomela (2000), citado por Álvarez (2013), esta es la fase más dinámica incrementándose la temperatura rápidamente (de 10 a 40 °C), el pH experimenta amplias variaciones y se degradan los compuestos orgánicos más simples. Durante esta fase, el consumo de oxígeno y la producción de CO₂, amonio y calor debido al metabolismo microbiano son muy elevados. Esta intensa actividad provoca una elevación de la temperatura. Esta primera etapa es de corta duración completándose entre las primeras 24 o 48 horas.

4.3.4 Fase Termófila

Suárez-Estrella col. (2007), citado por Álvarez (2013), comentan el cambio en la población microbiana en esta fase, cuya importancia se hace patente al superar los 45 °C. En esta fase se produce un descenso de la biodiversidad, ya que las altas temperaturas reducen el crecimiento de microorganismos y elimina organismos patógenos.. La actividad microbiana continúa siendo intensa y la temperatura sigue incrementándose hasta superar los 60 °C. En esta fase, las tasas de degradación son relativamente elevadas comparadas con las de la etapa anterior (De Guardia y col., 2010; citado por Álvarez, 2013).

Por encima de los 60 °C, el calor *per se* inhibe a los microorganismos, pero también actúa limitando el suministro de oxígeno. Esto provoca una disminución de la actividad microbiana y, como consecuencia, una caída en la temperatura. Así, la tercera fase o fase de enfriamiento, se inicia cuando la temperatura es aún elevada y la fuente de carbono, directamente disponible, comienza a ser un factor limitante (Álvarez, 2013).

4.3.5 Fase de Enfriamiento

La actividad microbiana disminuye, ya que la fuente de carbono comienza a ser un factor limitante y la temperatura desciende por la baja actividad metabólica microbiana (Albrecht y col., 2010, citado por Álvarez, 2013). En esta fase vuelven a proliferar hongos y bacterias mesófilos ($T^a < 40$ °C).

Sin embargo, como se ha indicado con anterioridad, si en este momento, se lleva a cabo el volteo de las pilas, el proceso se reinicia de nuevo a fase termófila, ya que materiales no degradados se introducen en el interior de la pila.

4.3.6 Fase de Maduración

En esta etapa final se produce la estabilización de la materia orgánica que no ha sido mineralizada. Esta fase tiene lugar a temperatura ambiente y la biotransformación ocurre de forma más lenta que en las fases anteriores. En ella se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización que dan lugar al producto húmico final (Cánovas y col., 1993; Guo y col., 2012, citado por Álvarez, 2013).

En la fase de maduración la comunidad microbiana se hace más estable y compleja, y con una composición que se asemeja bastante a la de ambientes como los suelos. (Adams y Frostick, 2009; Albrecht y col., 2010, citado por Álvarez, 2013).

4.4 TECNOLOGÍA DEL COMPOSTAJE

El proceso de compostaje puede pasar por una serie de etapas antes de la obtención del producto final, el compost (figura 9). Si no se realiza un adecuado control, se pueden producir desviaciones de la calidad del producto, poner en peligro la seguridad de los trabajadores o dañar el medio ambiente o la salud pública (ROU, 2003, citado por Chica y García, 2008). En el proceso industrial de compostaje se debe ejercer control de los distintos parámetros que sobre él influyen para garantizar un bajo coste económico y temporal.



Figura 9. Conjunto de etapas de un proceso de compostaje. Fuente: Elaboración propia.

El control del proceso es necesario siempre. Dependiendo del nivel tecnológico empleado en las instalaciones, dicho control será más rudimentario y manual o bien más tecnificado y automatizado.

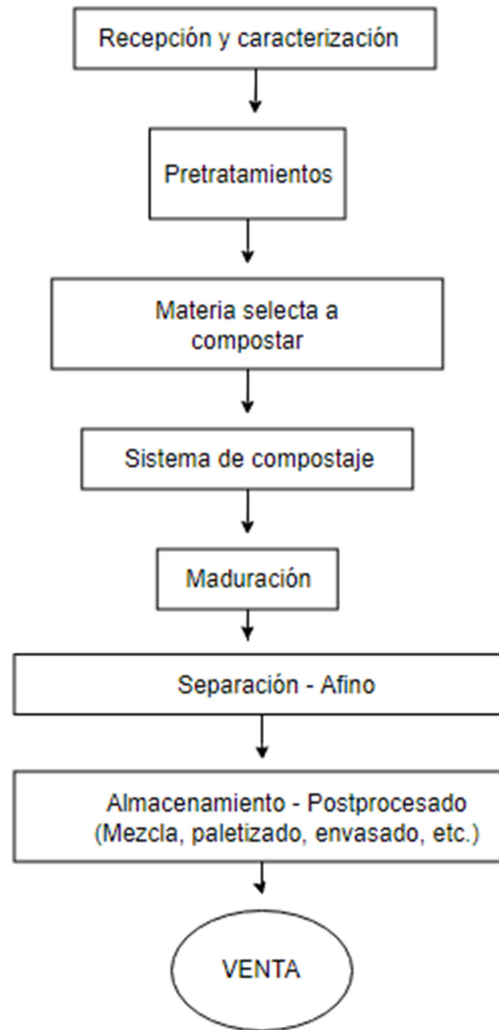


Figura 10. Representación de un proceso de compostaje. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Pretratamientos

Dependiendo de la naturaleza y condiciones existen distintos tratamientos previos. Uno de ellos consiste en separar las distintas clases de materiales que constituyen la materia prima. Por tanto, se debe separar los restos vegetales de las impurezas inorgánicas, principalmente la rafia, anillas en el caso de que estén mezclados (y no sean biodegradables) y de otros restos inorgánicos. Para la separación de las diferentes fracciones, se suelen emplear cribas giratorias o tromeles. Para retirar restos plásticos se emplean chorros de aire o balística. Numerosos trabajos (Amlinger y col., 2004; López y col., 2005; Giro, 2005, citado por Chica y García, 2008) avalan la tesis de que cuanto mayor sea la calidad de la materia prima a tratar, es decir, cuanto mejor sea la recogida selectiva en origen y la separación que se realice previo al proceso de compostaje, mayor será la calidad del compost final.

En otras ocasiones se añade una etapa de homogeneización de la materia prima. Para el triturado de los restos vegetales se pueden utilizar molinos de martillos, distintos tipos de trituradores o tambores rotativos.

4.4.2 Tratamiento

Según Antón, citado por Chica y García (2008), en la actualidad existe distinta tecnología que permite controlar en mayor o menor grado el proceso. Los sistemas abiertos contienen pilas de compost en contacto con el aire, en cambio, los sistemas cerrados albergan el material a compostar en fermentadores o bioreactores (continuos o discontinuos). Este apilamiento, además, puede ser estático o dinámico (con volteos). Adicionalmente, otros sistemas incorporan sistemas de aireación forzada.

Según Chica y García (2008) el compost actualmente es capaz de producirse por cualquiera de los procesos que existen. La mayor diferencia entre las distintas tecnologías radica en el tiempo del proceso, el equipamiento y la mano de obra necesaria. Además, ninguna tecnología es capaz de mejorar la calidad del compost en cuanto a impurezas, áridos o metales pesados, esto únicamente depende de la materia prima y de los pretratamientos realizados antes de la fase de fermentación y después de la fase de maduración.

4.4.3 Sistemas abiertos

Suelen ser de bajo coste y tecnología sencilla. La forma de amontonamiento del material es variada (pilas, mesetas, zanjas, etc.) normalmente de sección triangular o trapezoidal. En el caso de pilas, el ancho se sitúa normalmente entre 3 y 4 metros mientras y la altura puede estar entre los 1,2 m y 1,5 m. Tampoco es recomendable realizar pilas demasiado pequeñas que no logran independencia de las condiciones ambientales circundantes (Moreno y col., 2014).

La pila o cualquiera de las formas de amontonamiento posibles deben ser armadas preferentemente sobre una superficie impermeable, que cuente con una adecuada pendiente que permita escurrir los lixiviados. Se deberá prever la recolección de los lixiviados. Al situarse a la intemperie, las pilas deben ser protegidas de los agentes climáticos adversos (lluvia, erosión, viento, del mismo modo que debe ser minimizada la emisión de olores. Para ello se emplean infraestructuras o materiales de cobertura de tipo sintético o alguna capa de materia orgánica (Campitelli, 2014).



Figura 11. Planta de compostaje de la empresa Naturcharc. Fuente: Propia.

Lo más normal es emplear sistemas dinámicos, ya sea por medio de dispositivos especiales (volteadoras) o con maquinaria inespecífica (palas mecánicas normalmente), siendo menos frecuentes las que se decantan por sistemas estáticos, con sistemas de aireación pasiva o forzada (Chica y García, 2008).

En el caso de pilas estáticas aireadas, el material se coloca sobre un sistema de tubos perforados conectados a un soplador o bomba de vacío, en el caso de aireación forzada, o tubos que permiten la convección natural de la pila, en el caso de la aireación pasiva. El flujo de aire se utiliza para controlar la concentración de oxígeno y la temperatura en el interior de la pila. Esta capacidad de airear la mezcla estática sin alterar la mezcla de compost permite diseñar sistemas con alturas de hasta tres metros, incluso en algunos casos seis metros (Cookson, 1995, citado por Hernández, 2011).

Según Silva col. (2011), citado por Hernández (2011) la aireación de la pila está limitada por la porosidad de la matriz y la profundidad de la pila. La capa exterior podría tener concentraciones de oxígeno elevadas y sin embargo, las capas más internas tener un déficit de este gas.

Según Hernández (2011) las distintas zonas tienen un perfil de temperaturas que se ve influido por la frecuencia de volteo. Éste ayuda a redistribuir el perfil de la temperatura para que las capas superiores que están a una temperatura menor se expongan a las temperaturas del interior.

La pila debe ser regada para obtener condiciones adecuadas de humedad y si se cuenta con materiales de distintos orígenes y estructurantes, los mismos deben estar bien mezclados. El sistema fue documentado en 1931 por Howard en Indore (India).

4.4.4 Sistemas semicerrados

En estos sistemas todo el conjunto de las operaciones se lleva a cabo dentro de una nave cubierta y cerrada que dispone de un sistema de extracción de la atmósfera interior a través de tuberías colocadas a lo largo del techo. La atmosfera del interior de la nave normalmente es tratada con un biofiltro. Como ventaja principal, se consigue el control de los factores ambientales adversos, como los malos olores. El sistema de compostaje semicerrado más extendido es el de las "trincheras" o "calles" en el cual el material se coloca entre muretes longitudinales y es volteado por distintos procedimientos (Chico y García, 2008).

4.4.5 Sistemas cerrados

En los sistemas cerrados, el material a compostar no está nunca en contacto con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas. Los procesos que se llevan a cabo en reactores cerrados conllevan unos costes de inversión más elevados, aunque también proporciona mayor control sobre el proceso y tiene varias ventajas sobre los sistemas abiertos. Existen distintos tipos de sistemas (Cuadros García, 1990, citado por Álvarez, 2013) cuyas características se indican a continuación:

- Compostaje en celdas: los residuos a compostar se disponen en celdas de cemento con un sistema de recogida de lixiviados y un sistema de aireación forzada.
- Biofermentadores: cilíndricos de gran dimensión (2-3 m de diámetro) que giran constantemente, sometiendo al material a un movimiento mecánico continuo. El producto obtenido tras 1 a 3 días debe pasar a una zona de maduración.
- Fermentadores verticales, depósitos cilíndricos de varias plantas que giran, y que pueden llevar acoplado el suministro de agua.

Según Chico y García (2008), al no estar la pila en contacto con el exterior se minimiza la de disipación de calor, pudiendo controlar la temperatura y humedad mediante ventilación forzada. Al mismo tiempo permite controlar los lixiviados y malos olores. Esta tecnología moderna ha favorecido el uso del compostaje en diversas zonas.

Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de los sistemas de compostaje.

SISTEMAS DE COMPOSTAJE			
	Pilas volteadas	Digestores aeróbicos	Túneles con recirculación de aire
Ventajas	Instalación sencilla y barata Control simple de temperatura y humedad Mantenimiento reducido	Proceso continuo o discontinuo Mejor control de la fermentación Control avanzado de olores Uso intensivo del suelo	Reducción del tiempo de compostaje Control total del proceso Control de olores avanzado Uso intensivo del suelo
Inconvenientes	Según las condiciones climáticas pueden requerir cubierta en las zonas de fermentación y maduración Posibilidad de malos olores	Costes de implantación y mantenimiento más elevados Técnica relativamente compleja	Costes de implantación y mantenimiento más elevados. Tecnología reciente, que exige de desarrollo de técnicos propios o la dependencia de patentes establecidas.

Fuente: Adaptada de Álvarez, 2013.

4.5 CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

Los términos estabilidad y maduración se utilizan normalmente para definir la degradación o descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje, aún siendo conceptualmente distintos. La estabilidad de un compost hace referencia al nivel de actividad de la biomasa microbiana y puede ser determinada por la demanda de oxígeno, producción de CO₂ o por la emisión de calor (Iannotti y col., 1994, citado por Álvarez, 2013).

Según Wu y col. (2000), citado por Álvarez (2013), el compost es susceptible de ser aplicado cuando este maduro y, por tanto, no produzca fenómenos adversos a las plantas, ni se produzcan transformaciones incontroladas posteriores.

Según la normativa vigente, el compost comercial debe estar higienizado y, por tanto, carece de microorganismos patógenos. El efecto higienizante se atribuye principalmente a las elevadas temperaturas de la fase biooxidativa y puede verse disminuido si no existe un calentamiento adecuado durante el compostaje o se prolonga la fase de maduración. Además, la normativa requiere que el producto final carezca de materiales tales como vidrio o plásticos, así como de herbicidas y pesticidas.

Otro aspecto indicativo de la mala realización del proceso es la presencia de fitotoxinas, tales como óxido de etileno, amonio y ácidos grasos de bajo peso molecular, algunas de las cuales se generan durante la descomposición inicial de la materia orgánica fresca. Su persistencia en el compost final apunta a condiciones insuficientes de aireación y a una escasa nitrificación del amonio (Wong, 1985, citado por Álvarez, 2013).

4.5.1 Legislación aplicable al compost

La calidad del compost final en España está regulada en el *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio*, sobre productos fertilizantes. Esta normativa define varios tipos de compost, así como las características que deben cumplir, bajo el epígrafe “Grupo 6. Enmiendas orgánicas”. En la Tabla 11, que es un resumen de la Tabla del Real Decreto, solo se incluye la fila correspondiente al compost obtenido a partir de materia orgánica de RD.

Tabla 11. Enmienda orgánica.

Grupo 6. ENMIENDAS ORGÁNICAS					
Nº	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes. Otros criterios

02	Enmienda orgánica compost	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termófila), bajo condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables del anexo IV, recogidos separadamente	Materia orgánica total: 35 % Humedad máxima: 40 % C/N<20 No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos. El 90 % de las partículas pasarán por la malla de 25 mm	pH CE -Relación C/N - Humedad mínima y máxima Materias primas utilizadas Tratamiento o proceso de elaboración(según la descripción indicada en la columna 3)	Materia orgánica total C orgánico N total (si supera el 1%) N orgánico (si supera el 1%) N amoniacal (si supera el 1%) P ₂ O ₅ total (si supera el 1%) K ₂ O total (si supera el 1%) Ácidos húmicos Granulometría

Fuente: RD 506/2013.

Tabla 12. Límites de metales pesados en el compost final.

Metal pesado	Límites de concentración mg/kg de materia seca	
	Clase A	Clase B
Cadmio	0,7	2
Cobre*	70	300
Níquel*	25	90
Plomo	45	40
Zinc	200	500
Mercurio	0,4	1,5
Cromo (total)*	70	250
Cromo (VI)	0,5	0,5

Clase A: Sustratos de cultivo cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna A,

Clase B: Sustratos de cultivo cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna B.

Los productos de la clase B no podrán aplicarse en cultivos hortícolas comestibles.

* En el caso de las lanas minerales, no se aplicaran los límites en Cr, Cu y Ni indicados en la tabla, puesto que estudios de distintos organismos internacionales reflejan que estos elementos no están disponibles para el suelo ni las plantas en las condiciones de empleo prescritas.

Fuente: Real Decreto 865/2010

4.5.2 Parámetros de calidad

Establecer criterios generales de calidad de compost no es tarea sencilla, es difícil de definir ya que han de tener en cuenta múltiples aspectos y, además, puede ser siempre muy subjetivo (Masaguer y Benito, 2008).

Siempre debería considerarse la calidad a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente acorde con una gestión regional de los residuos y que tenga como objetivo fabricar un producto para su uso en el suelo o como sustrato (Soliva y López, 2004). Según Masaguer y Benito (2008), el uso final del compost determinará la calidad y evaluación del mismo. De este modo, un compost empleado como sustrato de cultivo deberá exigírsele una calidad superior a otros usos como enmienda orgánica o mulch, y por lo tanto la dosis y frecuencia de aplicación deberán ser controladas.

Entre los parámetros más relevantes destacan los siguientes (Álvarez, 2013):

- Humedad. Este parámetro debe controlarse a lo largo del compostaje y sus niveles en el producto final deben ser de 30 a 40 %.
- Carbono Total y Nitrógeno Total. Constituyen unos parámetros indicativos del desarrollo del proceso. El compost final no debe tener defecto en N ni exceso en C. Este último se reduce durante el compostaje, pero es recomendable conservar los niveles en N, de modo que la relación C/N final sea inferior a 15 o 20.
- pH. Un compost de calidad debe tener un pH neutro o ligeramente alcalino.
- Contenido en Metales Pesados: En el Real Decreto 865/2010 de julio sobre sustratos de cultivo se han establecido los rangos tolerables de metales pesados que puede contener el compost maduro o final y de acuerdo con ellos existe una catalogación del compost en clase A y B (Tabla 12).

4.5.3 Características de calidad

Según Álvarez (2013) un compost maduro de calidad debe cumplir con una serie de características químicas, físicas y biológicas óptimas.

- *Características Químicas:*

Producto exento de metales pesados y toxinas, con un pH neutro o ligeramente alcalino. El nitrógeno debe estar disponible para ser asimilado por las plantas. Además, debe contener fósforo y potasio y los microelementos calcio, azufre, cobre entre otros. La Organización

Mundial de la Salud ha establecido valores máximos de elementos químicos que pueden contener el compost maduro, valores traza.

Tabla 13. Rangos óptimos de algunos macronutrientes de compost de calidad.

Elementos mayores	Rangos Normales (mg/kg de materia seca)
Nitrógeno	0,1-0,8
Fósforo	0,1-1,7
Potasio	0,1-2,3
Azufre	0,5-3,0

Fuente: Álvarez, 2013.

• *Características Físicas:*

No debe contener metales, papeles, plásticos, vidrios ni ningún otro cuerpo extraño. Otras características son que no debe variar su temperatura, debe tener textura granulosa y color café oscuro. Debe contener cierto grado de humedad. Un compost de calidad se reconoce generalmente por lo siguiente:

- Aroma a suelo de bosque (cuando la componente residuos verdes es la mayoritaria).
- Es un producto homogéneo en el que no se aprecian las materias primas de partida.
- El producto compost se asemeja en apariencia a suelo oscuro rico en minerales y granuloso.

• *Características Biológicas:*

El compost debe estar exento de microorganismos patógenos vivos y debe incluir microorganismos benéficos que mantendrán y darán vida al suelo cuando el compost sea incorporado.

Tabla 14. Evaluación de la calidad del compost dependiendo de su uso.

Parámetro de calidad	Uso			
	Sustrato para semillero	Venta como sustrato	Enmienda o abono orgánico	Mulch
Respuesta al crecimiento	++	++	++	-
Contenido en	-	+	+	-

Parámetro de calidad	Uso			
	Sustrato para semillero	Venta como sustrato	Enmienda o abono orgánico	Mulch
nutrientes				
pH/Sales solubles	++	++	+	-
Color/Olor	++	++	+	+
Presencia de inertes	+	++	-	+
Maduración/Estabilidad	++	++	+	+
Tamaño de partículas	++	+	+	+

(-) Baja importancia; (+) Moderada importancia; (++) Alta importancia

Fuente: Masaguer y Benito, 2008

Tabla 15. Parámetros de calidad del compost.

Propiedad	Parámetro	Informa sobre
Propiedades físicas	Densidad aparente	Transporte, manejo y aplicación
	Calor	Aceptación
	olor	Aceptación, higiene e impacto ambiental
	Humedad	Transporte y manejo
	Granulometría	Manejo, aceptación y efectos sobre el suelo/sustrato
	Capacidad de retención de agua	Efectos sobre el suelo/sustrato
Propiedades químicas	Contaminantes inertes	Aceptación, impacto ambiental y seguridad
	Contenido y estabilidad de materia orgánica	Efectos sobre el suelo/sustrato, sobre los vegetales y aceptación
	Nutrientes minerales	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales
	Contaminantes	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales, impacto ambiental, salud
	Sales solubles	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales, impacto ambiental

Propiedad	Parámetro	Informa sobre
	pH	disponibilidad de nutrientes
Propiedades biológicas	Patógenos	Salud e impacto ambiental
Propiedades biológicas	Semillas de malas hierbas	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre la producción

Fuente: Masaguer y Benito, 2008

4.6 EFECTOS SOBRE APLICACIÓN EN SUELOS

4.6.1 Efectos físicos

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, en donde los reinos vegetal y animal establecen una relación íntima con el reino mineral.

Al ser la materia orgánica un regulador de la elasticidad de los suelos, a través de su efecto amortiguador de cargas y de su acción estabilizante de la estructura de cada suelo según su textura y su mineralogía, se entiende que la adición de enmiendas orgánicas (compostadas o no) en la superficie o en el interior del perfil del suelo haya sido una de las técnicas de manejo del mismo más ensayadas para la lucha contra la compactación de los suelos agrícolas y contra la aceleración del proceso de erosión hídrica en suelos con abandono de cultivos (Ingelmo y Rubio, 2008).

Según García Camarero (2000), Holz y col. (2000) e Ingelmo e Ibáñez (1998), citado por Ingelmo y Rubio (2008), la enmienda orgánica del suelo con compost regula la energía de impacto de las gotas de lluvia, disminuyendo la erosión y aumentando la revegetación natural.

Otro de los efectos positivos es el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua disponible para las plantas evitándose los riesgos de estrés hídrico temporal. También se consigue incrementar la capacidad de almacenamiento de agua a saturación y la velocidad de infiltración de suelos reduciendo los riesgos de encharcamiento (Ingelmo y Rubio, 2008).

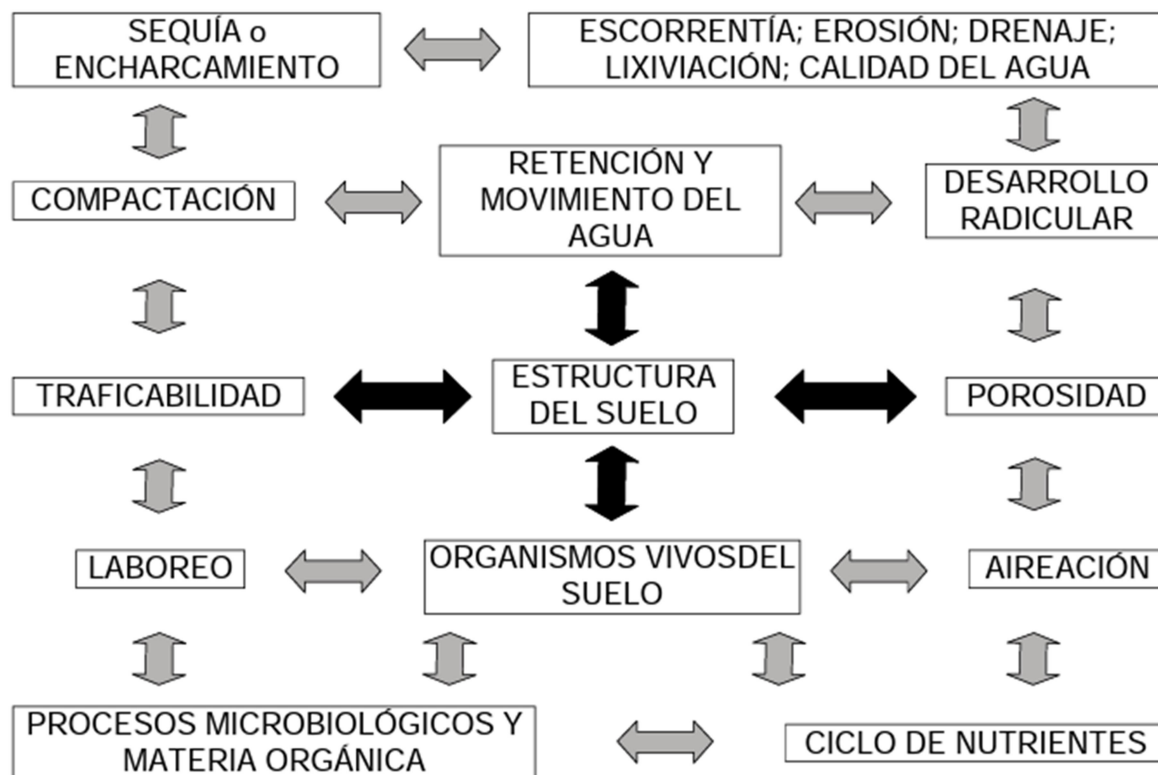


Figura 12. Estructura del suelo y su interrelación con los procesos del suelo y la sostenibilidad agrícola. Fuente: Ingelmo y Rubio, 2008.

4.6.2 Efectos químicos

Desde los inicios de la utilización del suelo como fuente de alimentos, se ha reconocido a la materia orgánica como factor crucial en la productividad y en la fertilidad natural.

La adición de compost ejerce un efecto sobre la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que es la capacidad que tiene un suelo de retener e intercambiar cationes. Esto depende de la cantidad y calidad de la materia orgánica y de arcilla. El ensayo realizado por Loveland y Web (2003) da como resultado que la adición de materia orgánica a los suelos agrícolas, con un pH comprendido entre 6 y 8, contribuye en un 40-50 % a la CIC del suelo (Ingelmo y Rubio, 2008). Esos mismos autores comentan que al tener un pH neutro o ligeramente básico, al aplicarse al suelo incrementa su pH, incrementando la disponibilidad de nutrientes y las condiciones microbiológicas.

La utilización de residuos orgánicos compostados aporta una gran ventaja sobre la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Los problemas por contaminación de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, de las zonas de agricultura intensiva, son particularmente preocupantes (Rubio y col., 2006, citado por Ingelmo y Rubio, 2008).

4.6.3 Propiedades biológicas

La adición de compost al suelo afecta a los niveles poblacionales microbianos. Las propiedades biológicas del suelo son alteradas como consecuencia de la adición de compost (Pérez Piqueres y col., 2006), ya sea por las modificaciones provocadas a nivel físico-químico o por la riqueza microbiana propia de este tipo de material (García Gil y col., 2000, citado por Vargas y Suárez, 2008).

La aplicación de compost muestra diversos beneficios en términos generales, entre ellos está el de mejorar el crecimiento de las plantas y favorecer la supresión de patógenos vegetales del suelo. En cuanto a este último aspecto, han sido demostrados fenómenos de supresividad de determinadas enfermedades, en los que la microbiota que permanece en el producto final, está directamente implicada (Vargas y Suarez, 2008).

4.7 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPOSTAJE

Teniendo en cuenta los distintos métodos que existen para realizar compost, se han propuesto tres alternativas posibles.

✓ **Alternativa 1: Construcción de una planta de compostaje en un sistema abierto de pilas estáticas con ventilación**

Esta opción se basa en un sistema abierto con aireación forzada y discontinua. El compost se produce en túneles estáticos

✓ **Alternativa 2: Construcción de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas**

La esta opción se basa en el volteo mecánico discontinuo en túneles dinámicos cubiertos con mallas semipermeables.

✓ **Alternativa 3: Construcción de una planta de compostaje en un sistema cerrado y estático.**

Esta opción se basa en un sistema cerrado en el interior de unas estructuras con aireación forzada y discontinua.

Estas alternativas han sido evaluadas en el anejo 2, “Alternativas de compostaje”, eligiéndose finalmente la alternativa 2: **Creación de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas.**

CAPITULO 5. AGENTES

5.1 PROMOTOR

- Nombre y apellidos: Manuel Ángel Ruiz Manchón
- DNI: 75000000 A
- Domicilio: Paseo de Almería Nº1
- Provincia: Almería
- Termino municipal: Almería
- Código Postal: 04001

5.2 PROYECTISTA

- Nombre y apellidos: Manuel Ángel Ruiz Manchón
- DNI: 75000000 A
- Domicilio: Calle Paseo de Almería Nº1
- Provincia: Almería
- Termino municipal: Almería
- Código Postal: 04001

CAPITULO 6. EMPLAZAMIENTO Y ZONA DE ACTUACIÓN

6.1 LIMITACIONES DEL TERRITORIO

Al proyectar una planta de valoración de restos vegetales el aspecto de la ubicación es crucial. La viabilidad económica de la planta de reciclaje depende de dos cuestiones fundamentales:

- Recibir en ella los restos a compostar
- Vender el producto final, el compost.

Para ambas cuestiones es primordial que la ubicación de la planta sea la adecuada. En principio deberá estar en algunas de las áreas agrícolas o zonas donde se prevé una expansión de esta actividad.

6.2 SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El estudio de la localización pretende elegir aquella solución que permita las mayores ganancias entre las alternativas que se consideren factibles considerando factores técnicos, tributarios, etc.

La localización óptima de la planta de compostaje se realiza determinando la región óptima. Se han tenido en cuenta diversos factores que afectan a la planta. En primer lugar, se ha determinado que la ubicación debe encontrarse en una de las principales zonas agrícolas de la provincia de Almería. Esta condición se impone debido a la elevada presencia de fuentes de materia prima que se encuentran allí y debido a la problemática asociada.

Por otra parte, se han localizado los distintos clientes, las explotaciones agrícolas principalmente y otros como semilleros, viveros y almacenes de venta al público.

Otros factores que afectan a la planta de compostaje son factores ambientales, costo y disponibilidad de terrenos, legislación y disponer de una buena comunicación.

Con todas estas consideraciones, se crea la siguiente matriz de decisión. La matriz de decisión consiste en un elemento que mediante la comparación de los factores preponderantes de las posibles alternativas de localización ayuda a optar por la óptima ubicación.

La matriz incorpora aspectos clave para la ubicación de la planta. Cada criterio a analizar tiene una importancia siendo la sumatoria de los pesos 1 (a mayor importancia mayor peso). Se estudia como cumple cada alternativa con cada uno de los factores deseables y se le asigna una puntuación del 1 al 5 según su cumplimiento, cuanto mayor sea el valor asignado más se acercará al valor ideal. Ponderando estos valores según su importancia y sumando los mismos se obtiene la ubicación, que corresponde a la de mayor valor resultante.

Tabla 16. Peso relativo de los criterios analizados para la selección del emplazamiento.

Criterio	Peso (0 – 1)
Disponibilidad de materias primas en la zona	0,3
Presencia de otras plantas de valorización o reciclaje	0,3
Disponibilidad de terrenos	0,2
Coste medio terrenos	0,2

Tabla 17. Escala empleada en los criterios analizados para la selección del emplazamiento.

Criterio	Disponibilidad de materias primas en la zona	Presencia de otras plantas de valorización o reciclaje	Disponibilidad de terrenos	Coste medio terrenos
Escala				
1	No hay superficie dedicada a la agricultura, no se generan restos	4 plantas o el 100 % de los restos es tratado	No existe o es insignificante la disponibilidad de terreno	Muy elevado (más de 20 €/m ²)
2	Insignificante superficie agrícola, pocos restos	3 plantas o el 75 % de los restos es tratado	Poca superficie disponible	Elevado (entre 15 y 19 €/m ²)
3	Superficie destinada a uso agrícola media, se generan restos	2 plantas o el 50 % de los restos es tratado	Disponibilidad media de terrenos	Medio (entre 10 y 15 €/m ²)
4	Zona agrícola, se generan gran cantidad de restos	1 planta o el 25 % de los restos es tratado	Gran disponibilidad de terrenos	Bajo (entre 8 y 9 €/m ²)
5	Zona agrícola donde se generan una inmensa cantidad de restos	0 plantas o el 0 % de los restos es tratado	No existen problemas de disponibilidad	Muy bajo (menos de 7 €/m ²)

Las alternativas que se plantean son las 3 zonas con mayor importancia de agricultura intensiva en la provincia de Almería. Las zonas posibles son:

1. Poniente Almeriense
2. Bajo Andarax
3. Comarca de Níjar

Estos criterios han sido evaluados objetivamente obteniendo previamente información sobre los restos vegetales en la provincia y realizando un sondeo sobre parcelas en distintas zonas de Almería.

Tabla 18. Análisis multicriterio para la elección del emplazamiento.

Criterios	Peso	ALTERNATIVAS		
		1	2	3
Disponibilidad de materias primas en la zona	0,3	5	4	4
Presencia de otras plantas de valorización o reciclaje	0,3	3	4	4
Disponibilidad de terrenos	0,2	1	2	4
Coste medio terrenos	0,2	1	2	4
TOTAL		2,6	2,8	3,2

La alternativa que alcanza una puntuación mayor y, por tanto elegida, es la 3, **la planta se ubicará en el levante almeriense, en la zona de Níjar.**

6.3 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Tras haber realizado un análisis de la zona donde se ha tenido en cuenta los usos del suelo, precio del mismo, accesibilidad y cercanía a explotaciones agrícolas, la planta proyectada se ubicará en el término municipal de Níjar (Almería), a unos 25 km de la capital, próxima a la carretera ALP-3201 y el centro de investigación de neumáticos Michelin. La población más cercana es Ruescas, a 1,5 km.

6.3.4 Aspectos relacionados con la ordenación del territorio

Según el PGOU, el Plan de ordenación de los recursos naturales del parque natural de Cabo de Gata la parcela donde se ubicará la planta se cataloga como área excluida de zonificación ambiental (Decreto 37/2008).

El nuevo uso de la parcela es industrial. El artículo 4.8 de las normas subsidiarias del ayuntamiento de Níjar, texto refundido, se define como uso industrial: “aquellos que corresponden a los establecimientos dedicados tanto a la obtención y transformación de materias primas o semielaboradas como así mismo al almacenamiento de las mismas. Se incluyen además los locales destinados al garaje-aparcamiento de vehículos y sus servicios”.

En el mismo artículo se consideran distintas clases y categorías. La categoría de la actividad industrial que va a desempeñar está dentro de la categoría 3, que se define a continuación.

“Categoría 3ª. Actividades incompatibles con otros usos que no sean industriales. Comprende a la mediana y gran industria que aunque eventualmente pueda ser nociva o insalubre puede compatibilizarse con las industrias anejas”.

6.3.5 Aspectos relacionados con el medio ambiente

En este apartado se detallan los aspectos más significativos que permiten justificar el emplazamiento de la planta en dicha parcela:

- El clima no influye negativamente en las actividades de esta industria.
- Se trata de una zona donde hay numerosos invernaderos, por lo que el impacto paisajístico es irrelevante
- Durante las fases de ejecución de las obras y de explotación tendremos actividades que causarán impactos ambientales. Las medidas correctoras se detallan en el anejo 6 “Evaluación ambiental y social”,

6.3.6 Aspectos relacionados con la utilización de recursos

Los recursos empleados por la planta, agua potable, agua para uso industrial, saneamiento y energía eléctrica discurren junto a la parcela, por lo que no requiere de grandes inversiones ni dificultad técnica para que la planta pueda conectarse a las diferentes redes.

6.3.7 Aspectos relacionados con la disponibilidad de materia prima de partida

La ubicación de la planta es adecuada debido a que:

- Está situada en una zona agrícola donde la mayoría de la producción es intensiva, con lo que el suministro de restos vegetales estaría asegurado.
- Existen numerosas explotaciones ganaderas por lo que el suministro de estiércol también está asegurado.
- Está muy próximo a la carretera.

6.3.7.6 Datos de la parcela

Tabla 18. Información catastral de la parcela

Provincia		Almería		
Municipio		Níjar (66)		
Polígono		219		
Parcela		47		
Superficie (Ha)		10,7363		
Referencia catastral		04066A21900047AE		
		superficie	Pendiente	Uso
Recinto	1	10,6741 Ha	8,7	Pastizal
	2	0,0622 Ha	12,6	Viales

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	07/2016
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	27/07/2014
X: 570713.42	Fecha de impresión:	18/08/2017
Y: 4075142.38	Escala aproximada de impresión:	1 : 3000
DATUM WGS84		
HUSO 30		

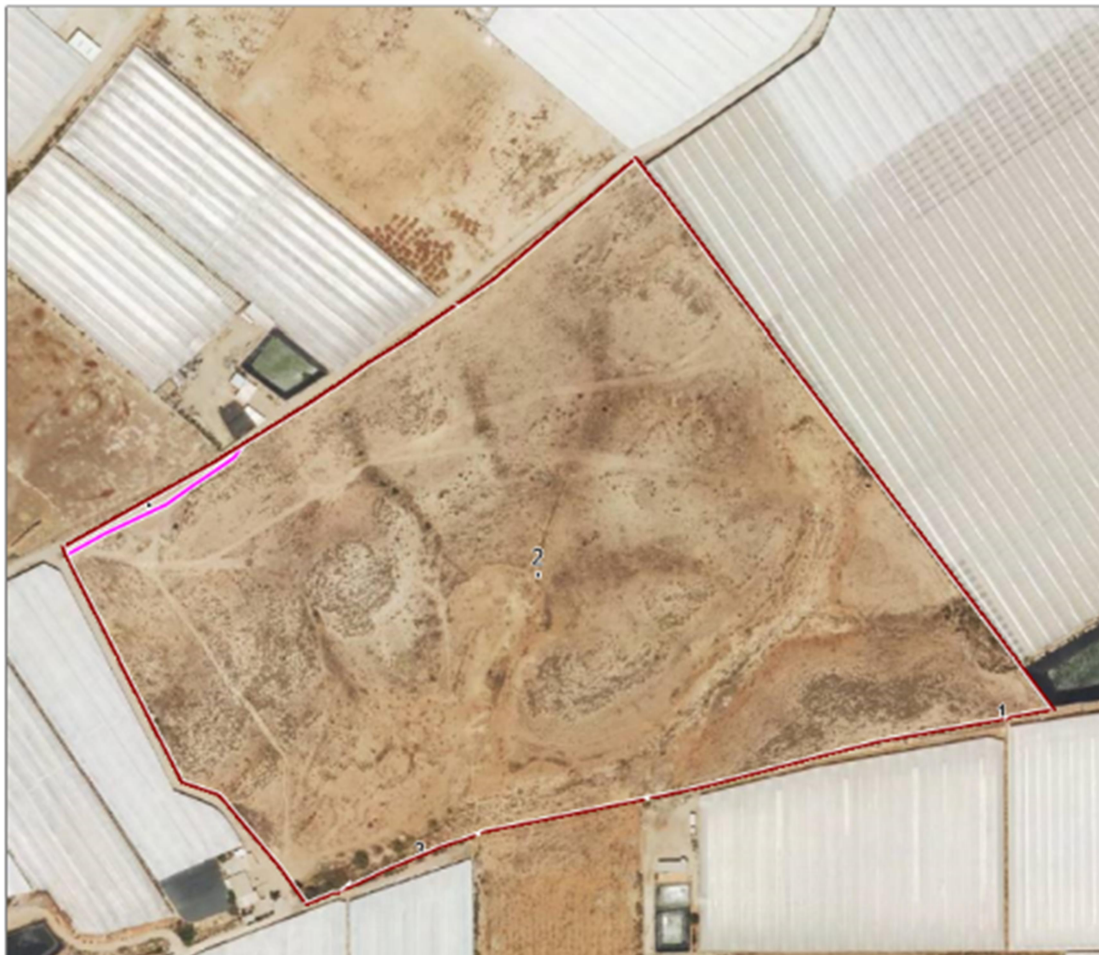


Figura 13. Vista aérea de la parcela. Fuente: SIGPAC.

6.4 ZONA DE ACTUACIÓN

6.4.1 Área de influencia de la planta

Se ha realizado un análisis de la zona, contabilizando la superficie invernada de la misma y, se ha decidido que la planta tenga una capacidad para los restos generados por 800 Ha de invernadero en cultivo intensivo aproximadamente. Así pues, el radio de influencia directo de esta planta es de unos 10 km. No obstante, se prevé que restos vegetales generados en explotaciones más alejadas sean valorizados en dicha planta. Además, el diseño de la planta permitirá futuras ampliaciones, aumentando el área de influencia.

6.4.2 Generación de restos vegetales

La cantidad de restos vegetales generados en un invernadero está sometida a muchos Factores entre los que se encuentran:

- Especie
- Variedad
- Ciclo de cultivo (corto, largo)
- Manejo de cultivo
- Climatología
- Tipo de invernadero
- Etc.

En la zona de interés el cultivo mayoritario es el tomate. Su cultivo se realiza en ciclo largo, que se extiende desde su trasplante, en agosto principalmente, hasta mayo o junio generalmente, y ciclo corto, que empieza un poco antes, a finales de julio hasta diciembre o enero. Estos últimos realizan otro ciclo corto de primavera, que se extiende hasta mayo o junio. Las especies elegidas mayoritariamente para este ciclo es el calabacín y la sandía. Una minoría de las explotaciones no sigue esta tendencia. Algunos realizan dos ciclos cortos de calabacín o calabacín y sandía; otros cultivan pimiento, berenjena, etc.

Para el cálculo de producción de restos vegetales se han considerado unas premisas, teniendo en cuenta el punto 3.1.3: “Estimación de la producción de restos vegetales en agricultura intensiva”.

- El contenido medio de humedad cuando son transportados a la planta es del 60 %.
- El contenido de agua de los restos vegetales frescos inicialmente es del 90 % en peso.
- El volumen que ocupa 1 Tm de restos vegetales frescos es de 4 m³.
- El volumen que ocupa 1 Tm de restos vegetales con un 60 % de humedad es de 2,4 m³.
- La producción de restos vegetales es de 30 Tm/Ha · año.
- La planta tiene una capacidad para 800 Ha.

Estas consideraciones se deben a la diversidad de entre las distintas explotaciones y circunstancias, habiendo algunas que envían sus restos el mismo día después de haber realizado las prácticas culturales que generan restos vegetales y otras lo hacen con el paso de algunos días.

Tabla 19. Estimación de producción de restos vegetales, zona de Níjar.

SUPERFICIE	Peso fresco (Tm)	Volumen fresco (m³)	Peso (Tm) (60 % Humedad)	Volumen (m³) (60 % Humedad)
1 Ha	30	120	16,2	72
800 Ha	24.000	96.000	12.960	57.600

Por tanto, la planta de valorización estará diseñada para tratar aproximadamente 13.000 Tm/año con las consideraciones citadas más arriba.

CAPITULO 7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

7.1 INTRODUCCIÓN

Antes de decidir y diseñar los equipamientos necesarios para el funcionamiento de la planta de compostaje, se procederá a explicar todo lo necesario para llevar a cabo el proceso de compostaje y la actividad de la planta de compostaje. En el Anejo 3, “Evaluación técnica”, se detalla y justifica este capítulo.

7.2 INGENIERÍA DEL PROCESO

7.2.1 Criterios técnicos del proceso

En este punto se detallan todos los puntos del proceso de compostaje que realizará la planta.

7.2.1.1 Materias primas

Para la elaboración del compost la planta empleará restos vegetales provenientes de invernadero principalmente y estiércol, normalmente ovino o caprino. La mezcla estará compuesta por un 75 % de restos vegetales y un 25 % de estiércol.

7.2.1.2 Compost final

Una vez finalizado todo el proceso, el producto obtenido es el compost final, listo para su venta y uso. Debido al tratamiento, se ha estimado una reducción del 20 % en peso y 50 % en volumen con respecto a la mezcla inicial de las materias primas. Además, el producto

final tendrá una densidad de 530 kg/m³. Por tanto, la cantidad de compost que se prevé obtener anualmente es:

$$\begin{aligned}\text{Peso compost comercial} &= 16.689,6 \text{ Tm} \\ \text{Volumen compost comercial} &= 31.456,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

7.2.1.3 Descripción de las instalaciones.

En este punto se resumen y describen cada zona de la planta. Toda la superficie sin uso concreto se ha definido como zona de tránsito, por la cual la maquinaria y personal puede circular respetando las normas. Es una zona muy amplia, y parte está siempre sin uso. La planta está diseñada para utilizar parte de esta superficie en futuras ampliaciones sin tener que hacer grandes modificaciones.

Área industrial: en este apartado se describen las diferentes zonas y la maquinaria necesaria para realizar todo el proceso industrial.

- Zona de preprocesado. La planta dispondrá una báscula a la entrada para el pesaje de los camiones registrando todas las entradas y salidas de material. Posteriormente se descargarán los restos mediante contenedores o basculación de los camiones. Una parte de esta zona también estará destinada al almacenaje de estiércol. Esta zona estará diseñada para que los lixiviados y lluvia se recojan en una balsa. En esta zona tendrá lugar una primera separación de impurezas y el triturado.
- Tractor con pulpo bivalva. Se empleará para manejar los restos vegetales en la zona de recepción, realizando labores de separación de materiales y carga de la trituradora.
- Trituradora. Se usará para reducir el tamaño de los restos vegetales, para así poderlos manejarlos mejor y aumentar la velocidad de compostaje.
- Tractor con pala. Se empleará para transportar la materia prima desde la zona de recepción a la zona de procesado, y el compost maduro a la zona de postprocesado, además de para formar las hileras.
- Zona de procesado. Se trata de una zona donde se deberán construir hileras (pilas) con los restos vegetales y el estiércol y es donde se llevará a cabo realmente el proceso de compostaje. Mediante el volteo y humectación de las hileras se mantendrán los parámetros.
- Volteadora. La volteadora está compuesta por una serie de palas y aspersores que se encargarán de airear y humectar las hileras periódicamente.
- Tromel. Es un cilindro giratorio con una malla en su superficie exterior que permite clasificar los materiales según su tamaño.
- Ensacadora. Permite empaquetar el compost.

Área no industrial: en este apartado se describen las instalaciones no industriales necesarias para el desarrollo de la actividad y el confort de los empleados.

- Laboratorio. Es el lugar donde el ingeniero agrónomo o personal de apoyo realizará tareas de análisis de compost. El laboratorio tendrá la superficie necesaria para albergar todos los equipamientos tanto para realizar los distintos análisis como de medidas de seguridad.
- Oficina. Se dispondrá de una oficina para el ingeniero. Tendrá la superficie necesaria para albergar 2 escritorios y 2 sillas, además de estanterías y armarios. Contará con mesa con varias sillas para realizar pequeñas reuniones. Dispondrá además de dos aseos que servirán de vestuarios.
- Área de descanso. Se deberá disponer un área de descanso para que los trabajadores tengan un lugar donde realizar su pausa diaria o realizar su comida. La superficie del área de descanso debería ser lo suficientemente grande para albergar una mesa, sillas, lavabo, microondas, cafetera, nevera y agua potable con sistema de enfriamiento y calentamiento.
- Vestuarios. En la zona no industrial deberán existir vestuarios para que los trabajadores puedan cambiarse al iniciar y finalizar su jornada laboral. Tendrá que haber dos vestuarios, uno para las trabajadoras y otro para los trabajadores. Ambos vestuarios dispondrán de lavabos, taquillas, bancos y un par de duchas.

Tabla 20. Dimensiones de las zonas de la planta de compostaje.

Área	Dimensión
Zona de preprocesado	
Báscula	50 m ²
Almacenamiento restos vegetales	2000 m ²
Almacenamiento estiércol	1500 m ²
Triturado y humectación	100 m ²
Zona de procesado	
Playa de compostaje	53.590 m ²
Zona de postprocesado	
Playa de almacenamiento	3.500 m ²
Ensacado y paletizado	140 m ²
Afino	100 m ²
Zona auxiliar	
Sala de control y de personal	120 m ²
Nave almacenamiento	140 m ²
Zona de tránsito	48.813 m ²
Parking	100 m ²
Jardines	400 m ²

Área	Dimensión
Balsa	400 m ²
TOTAL	107.363 m ²

7.2.1.4 Etapas del proceso

A continuación se muestran las distintas zonas y etapas que se llevan a cabo en la planta de compostaje.

ZONA DE RECEPCIÓN

- Pesaje de las materias primas
- Descarga de los camiones
- Triturado
- Humectado (opcional)

ZONA DE PROCESADO

- Creación de las hileras de compostaje y tapado
- Volteado y humectado periódico
- Medición de los distintos parámetros

ZONA DE POSTPROCESADO

- Afino
- Almacenamiento compost final
- Ensacado y paletizado

7.3 PERSONAL

Para el correcto funcionamiento de la planta de compostaje será necesario cubrir los siguientes puestos de trabajo:

- Auxiliar (peón). Su trabajo consistirá en la recepción de los residuos orgánicos; preparación, bajo las especificaciones del ingeniero de las distintas mezclas de restos vegetales y estiércol para obtener un producto de calidad, empleando para ello la maquinaria; cuidado y limpieza de la planta; y simples y pequeñas tareas de mantenimiento y reparación de las instalaciones.
- Conductor. Su trabajo consistirá en el transporte de los restos vegetales desde las explotaciones agrícolas hasta la planta, y los repartos del compost final. También deberá realizar sencillas tareas de mantenimiento del camión y, en caso de escasa actividad de transporte, realizar las mismas operaciones que los auxiliares.
- Ingeniero agrónomo. Se encargará de la toma de muestras y análisis del compost, así como crear mezclas para obtener un compost de calidad. También se encargará de la

trazabilidad y será el encargado de la gestión de los residuos. Realizara las labores de gerente, controlando y supervisando el correcto funcionamiento de la planta y realizando labores comerciales.

- Personal de apoyo. Su trabajo será variable, siempre como apoyo a alguno de los puestos anteriores o por alguna necesidad que surja durante la actividad.

7.4 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta se ha realizado mediante S.L.P. (Sistematic Layout Planning), es decir, Planificación Racional de la Distribución en Planta. En el Anejo 7, "Distribución en planta", se describe el proceso seguido hasta el resultado final que se muestra en este punto

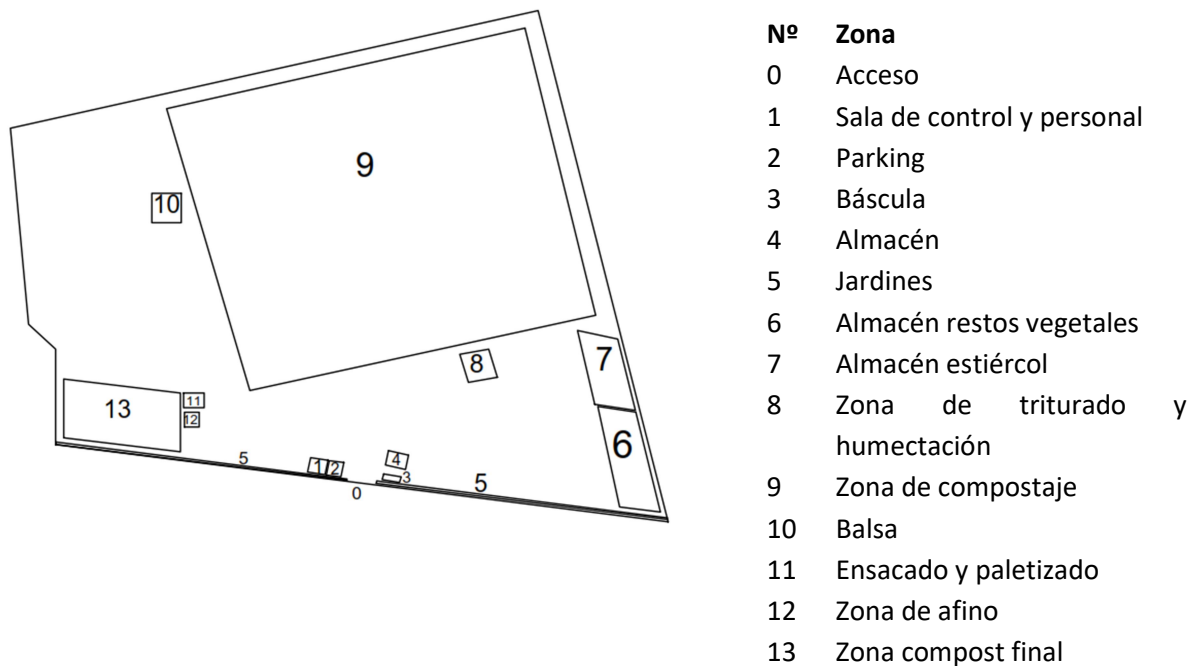


Figura 14. Distribución en planta

DOCUMENTO 2. ANEJOS

ANEJO. I ALTERNATIVAS DE VALORACIÓN

I.1 PRINCIPALES FORMAS DE GESTIÓN DE LOS RESTOS VEGETALES EN ALMERÍA

Las principales formas de gestión de los restos vegetales en la zona que nos interesa, el sudeste español, son:

- **Abonado en verde.** Los restos de los cultivos hortícolas en suelo que no requieren de ningún sistema de atado sintético ni de acolchado sintético pueden incorporarse al terreno al final de la cosecha. En el caso de contener atado sintético debe retirarse previa incorporación al suelo. En este caso, la normativa no los considera residuo. El abonado verde con restos vegetales se ha desarrollado, principalmente, con leguminosas, las cuales aportan nitrógeno al suelo (Gati, 1983, citado por Álvarez, 2013). Esta práctica no está exenta de riesgos cuando se aplica con otros tipos de cultivos, ya que puede provocar problemas de fitotoxicidad, aumento en el contenido de sales y procesos de inmovilización del nitrógeno en el suelo (Verdonck, 1988; Navarro, 1995, citado por Álvarez, 2013). Este último efecto puede evitarse fácilmente aportando nitrógeno, ya sea de naturaleza orgánica (estiércol, abonado en verde, purines) o inorgánica (abonos amoniacales o ureicos).

En algunos casos, la reincorporación de los restos no implica necesariamente un riesgo fitosanitario, ya que determinadas plagas o enfermedades no resisten el enterramiento. Según Avnimelech (1986), citado por Álvarez (2013) de este modo se consigue devolver la materia orgánica y nutrientes al suelo. Recientemente trabajos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta registran incrementos de entre el 20 y el 26 % cuando incorporan los restos tras la cosecha y cuando los dejan compostar en la superficie del suelo antes de incorporarlos (Aguilar y col, 2011; 2010; Baixauli, 2008, citado por Torres, 2015).

- **Acolchado (mulching):** En otros cultivos, esencialmente los perennes, los aclareos y podas se pueden dejar directamente en terreno, con o sin trituración previa, jugando así los restos un papel de protección del suelo. En este caso, tampoco se considera residuo (MAGRAMA, 2012).

Alimentación animal:

- **Restos frescos.** A partir de restos de cultivos sin transformación es una práctica tradicional, que complementa la dieta del ganado. Una de las ventajas de este reciclado es que permite rebajar el coste de su alimentación, y no requiere de una transformación previa. Asimismo, contribuye a aportar una cierta independencia alimentaria, especialmente en las zonas importadoras de piensos y otros elementos de la dieta. La proximidad geográfica y social entre la explotación ganadera y los restos vegetales va a ser la que establezca la viabilidad

del proceso. En este caso, tampoco se considera residuo (MAGRAMA, 2012) No obstante, sería aconsejable evaluar de forma previa su composición química y digestibilidad, controlar la presencia de compuestos tóxicos y eliminar las sustancias de carácter no vegetal tales como cuerdas y plásticos (Álvarez, 2013).

Esta práctica, que presenta numerosas ventajas, no siempre es aplicable a todas las granjas, especialmente en donde la alimentación está automatizada. Además, no siempre es correcta, cuando no se valora la idoneidad del resto dentro de la dieta del animal y cuando la presencia de restos de productos fitosanitarios puede ser elevada, en particular en las zonas hortícolas (MAGRAMA, 2013).

- **Henificado y/o deshidratado.** Consiste en la conservación de los restos vegetales para el consumo animal mediante el secado de los mismos. Esta técnica es empleada para la valorización en el aprovechamiento energético de los restos de cosecha (López y col., 2013, citado por Torres, 2015).

- **Ensilado.** Conserva las propiedades nutritivas de los restos mediante la fermentación láctica en ausencia de oxígeno de los mismos. Su acción permite eliminar los residuos de pesticidas (Barroso y col., 2000, citado por Torres, 2015).

El ensilado puede ser realizado a partir de una multitud de productos y restos, como cereales y leguminosas en el primer caso, y paja, pulpas derivadas de la agroindustria (remolacha, bagazos de destilería, restos de conserveras, de pescado...), destríos de frutas y hortalizas en el segundo caso, que no llegan a ser comercializados por motivos de mercado. Cuando se utiliza esta técnica, los materiales ensilados suelen constituir una parte de la dieta animal.

En España, parece predominar el ensilado de cereales y de forrajes y los restos de cultivos (esencialmente paja). Mucho menos se ha estudiado la posibilidad de ensilar los restos de cultivos hortícolas, con lo que el ensilado de estos no se ha generalizado. Aunque cabe destacar que los primeros estudios al respecto, esencialmente realizado en la provincia de Almería, muestran que estos restos aportan elementos nutritivos de interés y que, además, el proceso en sí disminuye los residuos de pesticidas de forma significativa, así como los metales pesados (Moyano López, citado por MAGRAMA, 2012), al igual que en el proceso de compostaje. El producto resultante debe respetar las normas previstas para la alimentación animal, al igual que para los restos consumidos en fresco.

- **Quema de restos vegetales.** Abarca varias circunstancias. Por una parte, la quema de rastrojos (de los restos de cereales en campo) es una práctica tradicional que facilita las labores para la siguiente cosecha, pero provoca daños a los suelos (erosión, pérdida de

materia orgánica...) y al medioambiente por las emisiones de humo, entre otras. Esta práctica está prohibida para acceder a las ayudas directas desde 2002 (MAGRAMA, 2012)

Por otra parte, sigue autorizada la quema de otros restos vegetales, aunque se observa la tendencia a su progresiva restricción estacional (prohibiciones en verano) y territorial. Si bien implica la pérdida de un recurso orgánico, presenta la ventaja de una gestión simple y cómoda para el agricultor, especialmente interesante en caso de presencia de plagas o enfermedades. La quema debe ser controlada, es decir que las condiciones deben respetar las condiciones emitidas por el órgano competente (que varía mucho según los lugares) y ser comunicada con antelación al mismo. En estas circunstancias, se considera que puede ser la gestión aceptable en casos puntuales, ya que evita el traslado de los residuos, y por lo tanto, la propagación de dichas plagas y enfermedades. En cualquier caso, la quema implica la emisión de GEI a la atmósfera (MAGRAMA, 2012).

Esta solución, con sus pros y contras, no suele resultar viable en zonas de alta concentración productiva, por el humo que supondría, y por las posibles afecciones a las personas. Por ello, ciertos ayuntamientos, especialmente en zonas hortícolas intensivas, prohíben la quema. Además, la quema de restos vegetales conlleva el riesgo de que se quemem otros residuos no orgánicos a la vez (MAGRAMA, 2012).

- **Compostaje.** Los restos vegetales, junto con otros residuos, como estiércoles, lodos de depuradoras, fracción orgánica de los residuos urbanos, restos vegetales de jardinería o forestales, pueden ser compostados. En pocas palabras, se puede definir el compostaje como un proceso biológico natural, basado en la descomposición de la materia orgánica a través de la acción de microorganismos (MAGRAMA, 2012).

Combinando condiciones adecuadas de aireación, humedad y temperatura, con una mezcla equilibrada de ingredientes que contienen carbono y nitrógeno, este proceso permite obtener una enmienda orgánica rica en compuestos fertilizantes. Siempre que se realice de forma correcta, el producto resultante, el compost, es una materia orgánica estabilizada, inodora, libre de patógenos y elementos contaminantes, cuya aplicación al suelo resulta beneficiosa, o sea, devuelve la sanidad a la materia orgánica (MAGRAMA, 2012).

Tabla 21: Características de los restos de cosecha de algunos cultivos requeridos para realizar compost. Fuente: López y Boluda, 2008.

Material	C _{total} (%)	N (%)	C/N	Densidad (g·cm ⁻²)	Humedad (%)	pH
Sandía	29,5	2,5	11,7	0,14	15,0	7,4
Pepino	24,2	1,9	12,4	0,12	20,8	8,0
Tomate	28,3	3,2	8,6	0,14	1,0	7,9

Material	C _{total} (%)	N (%)	C/N	Densidad (g·cm ⁻²)	Humedad (%)	pH
Melón	33,3	2,1	16,0	0,13	26,1	8,0
Pimiento	32,4	2,7	11,9	0,17	13,2	9,1

- **Biocombustibles.** La obtención de biocombustibles tales como bioetanol, biodiesel, biohidrógeno y biogás. Estos productos pueden ser generados por microorganismos y constituyen serios sustitutos de los derivados del petróleo. El bioetanol y el biodiesel son los biocombustibles que parecen ofrecer más expectativas. Actualmente se obtienen mediante conversión de productos ricos en almidón y aceites vegetales, respectivamente. Por ello, en Europa se está fomentando el cambio en el uso del suelo para satisfacer la potencial demanda de cultivos oleaginosos (colza, girasol y soja), y ricos en almidón (trigo y remolacha azucarera). Sin embargo, la producción de biocombustibles a partir de residuos vegetales lignocelulósicos puede contribuir a reducir su coste de producción (Álvarez, 2013).

- **Biodesinfección.** Emplea estiércoles, restos de cosecha y subproductos agroindustriales para el control de patógenos en el suelo (Bello y col., 2010, 2008b, 2000; Castro-Lizazo y col., 2011, citado por Torres, 2015). En este sentido Segura y col. (2006), citado por Torres (2015) abordan el empleo de restos de cosecha de melón y tomate como fuente de materia orgánica con la que realizar una biosolarización, enterrándolos sin triturar bajo la capa de arena, para el control de *Fusarium* sp. En todos los casos en los que se aportan los restos de cosecha la infección es menor que los trabajos químicos alternativos y el testigo tratado con bromuro de metilo. Torres y col. (2007), citado por Torres (2015) realizan el aporte de los restos de cosecha de tomate en verde con el empleo de un rotavator, mezclando sobre la capa de suelo tras retirar la arena. El efecto de la aplicación de los mismos en el control de nematodos no difirió de otras técnicas evaluadas trascurrido el primer ciclo de cultivo donde se empleó estiércol. Siendo el resultado en todos los casos mejor que la solarización.

- **Otras aplicaciones.** Utilización como soporte adsorbente en biofiltros útiles en la descontaminación de gases y líquidos, la fabricación de tableros, aislantes y material de relleno en materiales de construcción, cultivo de champiñón y lechos para la cría de animales (Álvarez, 2013).

I.II ALTERNATIVAS POSIBLES

I.II.I Acotación del conjunto de alternativas comparables

Para poder comparar entre sí las distintas alternativas éstas deben cumplir con una serie de características.

- Se emplearán restos vegetales como materia prima principal.
- Tendrá lugar una valorización de los restos vegetales.
- El producto final será económicamente viable.

I.II.II Descripción de alternativas

Alternativa 1: Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biocombustible

Construcción de una planta para la fabricación de biocombustible a partir de restos vegetales provenientes de invernadero. Esta alternativa debe tener en cuenta el transporte de los restos vegetales hasta la planta de compostaje, el almacenamiento de la materia prima y del biodiesel terminado, el proceso productivo y su venta final.

Alternativa 2: Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje

Construcción de una planta de compostaje donde se empleen restos vegetales de los invernaderos de la zona como materia prima con el objetivo de obtener compost. La alternativa planteada tiene que contemplar el transporte hacia la planta, el proceso productivo, el almacenamiento y venta del producto final.

Alternativa 3: Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo

Creación de un servicio para dar cabida a los restos vegetales producidos por los agricultores de la zona, separar de ellos las sustancias de desecho, principalmente plásticos que sirven de soporte a las plantas, triturarlos y volverlos a incorporar al suelo mediante distintas técnicas. Con esto se consigue el denominado “abonado en verde”.

Alternativa 4: Gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado

Creación de un servicio para abastecer al ganado de la zona con restos vegetales.

I.III EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el presente anejo, se recogen y analizan las alternativas propuestas para el trabajo. Se ha intentado que la alternativa seleccionada respete los siguientes criterios:

- Conseguir un producto final económicamente rentable y respetuoso con el medio ambiente.
- Evitar o limitar influir negativamente sobre las actividades que se realicen alrededor de la planta de valorización.
- Intentar que la planta esté en funcionamiento el mayor tiempo posible.
- Intentar solventar el problema de los restos vegetales en la zona.
- Minimizar los impactos ambientales de acuerdo con el territorio y las actividades que se realicen en él.

I.III.1 Método de medias ponderadas para la elección de la alternativa de valorización

I.III.1.1 Preámbulo

El objeto del presente apartado consiste en realizar un análisis comparativo entre las alternativas definidas, de tal manera que resulte una de las opciones como la seleccionada.

Para la realización de esta comparación, y posterior selección, de una forma metódica y objetiva se lleva a cabo un análisis multicriterio. En este análisis se comparan las opciones estudiadas de manera numérica, seleccionando la de menor impacto. Para desarrollar dicho análisis multicriterio en el punto de “Comparación y Selección de alternativas”, es necesario tener en cuenta análisis del impacto generado por cada alternativa a partir de la valoración de 4 criterios fundamentales: técnico, económico – financiero, ambiental, social y administrativo – legal.

1. Objetivo funcional: Se desea obtener la alternativa que sea más funcional para los usuarios.
2. Objetivo ambiental: Se desea obtener la alternativa que menos impactos residuales tenga sobre el medio ambiente.
3. Objetivo constructivo: Se desea obtener la alternativa que presente más simplicidad constructiva.
4. Objetivo social: se desea obtener la alternativa que menos impacto sobre la población cercana presente.
5. Coste económico: Se desea obtener la alternativa que sea más rentable desde el punto de vista económico.

I.III.I.II Análisis técnico

Alternativa 1: Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biocombustible.

✓ Materia prima: La particularidad de la zona productiva, con estacionalidad de la producción que conlleva picos en la generación de restos vegetales, puede ser problemático debido al exceso o déficit de materia prima a gestionar.

Los restos vegetales contienen en numerosas ocasiones otros elementos, principalmente plástico (rafia, anillas, mallas de soporte, etc.) que deben ser separados para la elaboración de biocombustible. En el caso de que estos elementos sean biodegradables, no es necesario realizar este paso.

✓ Instalaciones, maquinaria y elementos de control: Se necesitan unas instalaciones acondicionadas y con alto nivel de seguridad para su fabricación y almacenamiento, ya que el producto final es altamente volátil. Se requiere de maquinaria para el proceso productivo así como para la retirada de plásticos y otros elementos inservibles.

Alternativa 2: Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje

✓ Materia prima: Al igual que en el la alternativa 1, la estacionalidad de suministro de la materia prima y el contenido de elementos indeseables mezclados con esta, dificultan la elaboración de compost. Estas plantas se encuentran con la necesidad de compostar de golpe enormes volúmenes de restos vegetales, cosa de difícil realización por el espacio y los medios necesarios, pero sólo en un periodo corto del año.

El compostaje ha sido objeto de numerosas investigaciones y experimentaciones, por lo que al día de hoy, es una de las tecnologías mejor conocidas para el reciclado de la materia orgánica. El compostaje puede ser realizado en las fincas o en plantas. En ambos casos, requiere de espacio suficiente, maquinaria adecuada a los volúmenes manejados (tritadora, pala, volteadora..) y buenos conocimientos del proceso y del manejo. Algunas plantas de compostaje han resuelto la separación de la rafia sintética al final del proceso de compostaje, a través de tromeles, como las de El Ejido y de Motril. Este proceso conlleva algunos inconvenientes, ya que no asegura una separación estricta, y supone costes energéticos.

✓ Instalaciones, maquinaria y elementos de control: Depende en gran medida del proceso de compostaje seleccionado. Las instalaciones van desde muy básicas donde el compostaje

se realiza en el exterior hasta plantas donde es necesario una estructura cerrada para su elaboración. Con la maquinaria ocurre lo mismo, según el método seleccionado se requiere más o menos maquinaria, en ocasiones muy específica. Se debe incluir la maquinaria para la separación mecánica de los diferentes elementos. Los elementos de control para asegurar la calidad del producto son los mismos, independientemente del proceso productivo.

✓

Alternativa 3: Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo

✓ Materia prima: Sucede lo mismo que en las alternativas 1 y 2. Es necesario retirar los elementos que contaminan la materia prima para poder incorporar los restos vegetales al suelo.

En este caso solo son aprovechables los restos vegetales obtenidos al arrancar el cultivo y no los obtenidos anteriormente mediante podas, deshojado etc.

✓ Instalaciones, maquinaria y elementos de control: no se requieren instalaciones ya que el proceso se hace in situ, dentro de la explotación agrícola. Se necesita maquinaria específica para el triturado de las plantas y también para su incorporación al suelo. Los elementos de control a emplear varían dependiendo del grado de tecnificación del proceso.

Alternativa 4: Gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado

✓ Materia prima: La alimentación de animales a través de los restos vegetales sin transformación previa, no siempre contribuye a una práctica controlada. Los restos vegetales con presencia de rafia o malla de soporte, imposibilita, o al menos obstaculiza seriamente su valorización como alimento para el ganado o el compostaje, transformándose en un residuo problemático.

✓ Instalaciones, maquinaria y elementos de control: No es necesaria ninguna instalación. La maquinaria necesaria se limita al transporte hasta la explotación ganadera, incluyendo la carga y descarga de los restos. También se requiere en numerosas ocasiones maquinaria para la separación de los ya comentados elementos que deprecian los restos vegetales.

I.III.I.III Análisis económico – financiero

Alternativa 1: Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biodiesel.

✓ Inversión inicial: La inversión inicial para la construcción de una fábrica de biocombustible es difícil de predecir, depende del grado de tecnificación empleado. Su coste puede ser desde reducido, donde se da cabida a una pequeña cantidad de restos vegetales con

elementos económicos hasta elevada debido al alto grado de tecnificación, a la gran cantidad de insumos necesarios y al elevado coste de las instalaciones y maquinaria. En la mayor parte de los casos se requiere de maquinaria para la separación de los plásticos y otros deshechos de la materia prima, lo cual encarece la planta.

✓ Coste del proceso: El transporte desde el invernadero u otra explotación agrícola encarece el proceso. Además, los restos vegetales contienen un gran contenido de humedad inicialmente, lo que hace que su volumen aumente y encarezca por tanto su transporte y manejo. Una solución sería la de recoger los restos vegetales con el paso del tiempo cuando se han deshidratado parcialmente, pero esto depende principalmente de la disponibilidad de cada explotación agrícola de mantenerlos en sus instalaciones un mayor intervalo de tiempo.

La producción de biocombustible conlleva unos altos costes económicos debido a la tecnología empleada. Además, se ve encarecido por la necesidad de separar los restos inorgánicos.

✓ Mano de obra generada: Una planta para la generación de biocombustible requiere de mano de obra que desempeñen distintas funciones (técnica, administrativa, comercial, producción).

✓ Rentabilidad del producto: Los biocombustibles como el biogás es un producto que en un futuro se prevé tendrá una demanda muy elevada, debido principalmente al encarecimiento del petróleo. Si bien, actualmente la demanda está incrementándose paulatinamente en España, aún queda un largo camino hasta que sea un producto con una alta rentabilidad y pueda competir directamente con los combustibles de origen mineral. La ventaja radica en el empleo de restos de invernadero de la zona, y no de cereales etc. Ya que su valor económico es muy bajo o nulo, debido a la problemática asociada. Los cereales son utilizados en la mayor parte del territorio nacional para la producción de biocombustible siendo su coste más elevado, ya que más del 75 % de los restos se emplean para el ganado y siendo en torno al 70 % del total del coste de producción el empleado para la adquisición de la materia prima.

Puede presentar una ventaja para el agricultor si emplea en su explotación agrícola maquinaria alimentada con biogás (calefacción), pues al ser un proveedor de la planta de biocombustible, el precio de compra de este estará sujeto a un acuerdo entre las dos partes, agricultor y empresa.

Alternativa 2: Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje

✓ Inversión inicial: La inversión inicial depende en mayor medida de la tecnología seleccionada para el proceso productivo. Existen distintos métodos para la obtención de compost que requieren un mayor o menor grado de tecnificación, instalaciones e insumos. La separación de la materia prima de partida encarece el proceso.

✓ Coste del proceso: Al igual que en la alternativa 1, el transporte puede ser problemático, encareciendo el proceso. Además, los restos vegetales tienen que ser tratados en fresco para un compostaje de calidad, por lo que siempre se trabajará con material fresco, más voluminoso y difícil de manejar y, por tanto, más costoso. La optimización del proceso en sí mismo debe consistir en realizarlo de forma adecuada y en el menor tiempo posible. Esto será factible si se controlan determinados parámetros. En gran medida, el control dependerá del sistema de compostaje empleado y, por ello, resulta difícil de definir niveles óptimos de parámetros sin tener en cuenta el sistema utilizado en su elaboración.

✓ Mano de obra generada: La planta de compostaje requiere de personal con distintas funciones para su correcto funcionamiento. El número personal necesario dependerá fundamentalmente de la tecnología empleada y del tamaño de la planta.

✓ Rentabilidad del producto: El producto final, el compost, tiene una gran demanda en la zona. Esto lo convierte en una excelente opción para la valorización de los restos vegetales. Además, todo el producto elaborado puede ser demandado por los productores de la zona, los costes de transporte son asequibles.

Representa una ventaja para el productor (agricultor), que puede beneficiarse directamente al comprar el compost a un precio especial por ser proveedor de la planta.

La calidad y composición final del compost determina los posibles usos, existiendo, además de la agricultura, muchísimas otras aplicaciones, como la jardinería, selvicultura y recuperación de terrenos degradados.

Alternativa 3: Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo

✓ Inversión inicial: Reducida y depende de la maquinaria seleccionada para el proceso.

✓ Coste del proceso: Muy reducido. A tener en cuenta la distancia a la explotación y la superficie de la misma.

✓ Mano de obra generada: Escasa. Se necesita poco personal para llevar a cabo el proceso.

✓ Rentabilidad del producto: Escasa. Únicamente se obtiene beneficio por el servicio prestado, pues la materia prima es del propio agricultor.

Alternativa 4 Gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado

✓ Inversión inicial: Reducida y depende de la maquinaria seleccionada para el proceso.

✓ Coste del proceso: Muy reducido. A tener en cuenta la distancia entre a la explotación agrícola y ganadera y el almacén de maquinaria.

✓ Mano de obra generada: Escasa. Se necesita poco personal para llevar a cabo el proceso.

✓ Rentabilidad del producto: Escasa.

I.III.I.IV Análisis ambiental

Alternativa 1: Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biocombustible

✓ Olores: no provoca olores indeseables. Una correcta gestión mediante la producción de biogás evita posibles malos olores a causa de la fermentación de los restos vegetales si estos no se procesan adecuadamente.

✓ Ruido: Depende del tipo de planta, de su tecnología y tamaño. Las plantas de biocombustible no destacan por generar ruido. Se tiene que tener en cuenta el producido por los camiones que entran y salen de la planta y de la maquinaria en general.

✓ Emisión de gases: Contribuye positivamente a la reducción de gases efecto invernadero mejorando la calidad del aire. La maquinaria que se emplea puede emitir gases a la atmósfera. La posterior combustión de los biocombustibles si genera gases de efectos invernadero.

✓ Suelos y acuíferos: los restos vegetales pueden producir lixiviados que si no son recogidos debidamente pueden contaminar el suelo y los acuíferos.

Alternativa 2: Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje

✓ Olores: Si se realiza correctamente el proceso, el olor provocado es prácticamente nulo o incluso nulo, al no producirse fermentaciones. Sin embargo, en numerosas ocasiones, las

plantas de compostaje pueden desprender olores, sobre todo cuando éstas se encuentran al tope de su capacidad a causa de los picos de producción.

- ✓ Ruido: El generado por la maquinaria en el proceso productivo, por tanto hay una gran variabilidad.
- ✓ Emisión de gases: Fruto de esa actividad, se emiten durante el compostaje dióxido de carbono, metano y óxido nitros en distintas proporciones dependiendo de diversos factores como la composición inicial de las pilas o el sistema de compostaje empleado. La maquinaria empleada también puede emitir gases.
- ✓ Suelos y acuíferos: El compostaje es un proceso biológico donde microorganismos aeróbicos degradan la materia orgánica de los residuos orgánicos transformándolos en un producto estable con elevado interés agrícola, el compost. Con el empleo del compost en las explotaciones agrícolas se mejora la estructura de los suelos y se reduce la cantidad de fertilizantes químicos y agua a emplear.

Alternativa 3: Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo

- ✓ Olores: No provoca ningún olor indeseable ya que los restos vegetales son incorporados rápidamente al suelo.
- ✓ Ruido: La maquinaria de triturado puede producir distintos niveles de ruido dependiendo de sus características.
- ✓ Emisión de gases: El emitido por la maquinaria.
- ✓ Suelos y aguas: La práctica de triturado e incorporación al suelo tiene efectos beneficiosos para los suelos y para los acuíferos. Mejora la estructura de los suelos, enriqueciéndolos de materia orgánica y biota, y reduciendo la salinidad de los mismos. Al mejorar las características de los suelos, es necesaria una menor cantidad de agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

Alternativa 4: Gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado

- ✓ Olores: Si son empleados correctamente no genera malos olores. Sin embargo, las explotaciones ganaderas generalmente desprenden malos olores debido, entre otros factores, al incorrecto manejo de los restos vegetales.
- ✓ Ruido: El propio de la maquinaria de carga, descarga y desplazamiento.

✓ Emisión de gases: El emitido por la maquinaria. En ocasiones si no se sitúan los restos vegetales.

✓ Suelos y aguas: La práctica de triturado e incorporación al suelo tiene efectos beneficiosos para los suelos y para los acuíferos. Mejora la estructura de los suelos, enriqueciéndolos de materia orgánica y biota, y reduciendo la salinidad de los mismos. Al mejorar las características de los suelos, es necesaria una menor cantidad de agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

I.III.I.V Análisis social

Alternativa 1: Planta de valorización energética de restos vegetales mediante la elaboración de biocombustible

✓ Aceptación social: Se encuentra suficientemente lejos para no influir en los núcleos de población. La creación de empleo sería un factor positivo. Existe cierto desconocimiento sobre el biocombustible, aunque se empiezan a conocer cada vez más.

✓ Compatibilidad con otras actividades: No presenta problemas con la actividad predominante en la zona, la producción intensiva en invernadero.

Alternativa 2: Planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje

✓ Aceptación social: la distancia con los núcleos de población más cercana permite que no suponga un problema. La creación de empleo es vista positivamente por el colectivo social. El producto final, el compost, es muy aceptado por el colectivo agrícola, debido a las ventajas que presenta. No obstante, existe cierto desconocimiento sobre este producto y por tanto debe difundirse las ventajas que conlleva su uso.

A pesar de la demostración científica y empírica de las cualidades del compost, los agricultores siguen prefiriendo, en muchas zonas, los estiércoles frescos o semicompostados. La demanda por parte del sector agrícola sigue siendo baja, lo que fragiliza a menudo la economía de las plantas.

El compostaje representa una palanca eficaz de sensibilización hacia una agricultura más sostenible ambientalmente, especialmente cuando los compostadores están directamente ligados a los productores.

Las plantas de compostaje de gran tamaño no se benefician siempre de una buena acogida por parte de la vecindad. En ciertos lugares, los conflictos se deben a la presencia de olores.

La acumulación de grandes volúmenes de restos compostándose supone un riesgo de incendio, por las altas temperaturas que se obtienen en el proceso del compostaje, o por actos malintencionados.

✓ Compatibilidad con otras actividades: Si se realiza correctamente no debe haber riesgo de plagas o enfermedades con las que influir negativamente en las explotaciones agrícolas de alrededor.

Alternativa 3: Gestión de restos vegetales para su incorporación directa al suelo

✓ Aceptación social: A pesar de los beneficios que supone su práctica, aún existe un elevado grado de desconocimiento por parte de los agricultores, que no terminan de incorporar esta práctica.

La reincorporación al suelo o abonado en verde debe permitir la sensibilización hacia una agricultura más sostenible.

✓ Compatibilidad con otras actividades: Si se realiza correctamente no debe haber riesgo de plagas o enfermedades con las que influir negativamente en la propia explotación agrícola.

Alternativa 4: Gestión de restos vegetales frescos para la alimentación de ganado

✓ Aceptación social: La población de la zona está habituada a los rebaños de animales, cabras y ovejas principalmente. Sin embargo, no siempre constituye una práctica controlada, por lo que ciertos colectivos lo ven como un problema de salud pública.

✓ Compatibilidad – coexistencia con otras actividades: Si se realiza correctamente no debe haber riesgo de plagas o enfermedades con las que influir negativamente en las explotaciones agrícolas de alrededor.

I.III.II Metodología del análisis multicriterio

El análisis multicriterio tiene como objetivo no solo seleccionar la mejor de las alternativas posibles, sino también aportar los argumentos objetivos que fundamentan tal conclusión, resaltando la importancia relativa de cada uno de los criterios adoptados mediante la ponderación de los mismos. Existen varios métodos para la realización de un análisis multicriterio tal y como el que aquí se requiere. Fruto del análisis de todos ellos se ha elaborado el que aquí se propone y que se describe a continuación.

I.III.I.I Definición del conjunto de criterios de evaluación

El siguiente paso es la definición de un conjunto de variables que se denominan criterios de evaluación que permitan valorar el grado de proximidad de cada una de las alternativas a los objetivos marcados.

La elección de los criterios de evaluación es clave para el correcto devenir del proceso ya que es uno de los pasos críticos.

Tabla 22. Criterios asociados a los objetivos seleccionados para la elección de la alternativa de valorización.

Objetivos	Criterio de evaluación
Técnicos	Materia prima
	Instalaciones, maquinaria y elementos de control
	Suelo y aguas
Económicos	Inversión inicial
	Coste del proceso
	Mano de obra generada
	Rentabilidad del producto
Ambientales	Ruido
	Olores
	Suelo y agua
Sociales	Aceptación social
	Coexistencia con otras actividades
Administrativos legales	Beneficios fiscales
	Legislación regulatoria

Los criterios a evaluar tienen pesos (o ponderaciones) diferentes, es decir, tienen una importancia global para seleccionar la alternativa que varía. La sumatoria de los pesos es la unidad, 1, por lo que todos los criterios están comprendidos entre 0 y 1, siendo el peso mayor 1.

Tabla 23. Pesos de cada criterio evaluado para la elección de la alternativa de valorización

Objetivos	Criterio de evaluación	Numeración	Peso (0-1)
Técnicos	Materia prima	I	0,12
	Instalaciones, maquinaria y elementos de control	II	0,12
	Inversión inicial	III	0,13

Objetivos	Criterio de evaluación	Numeración	Peso (0-1)
Económicos	Coste del proceso	IV	0,13
	Mano de obra generada	V	0,03
	Rentabilidad del producto	VI	0,13
Ambientales	Ruido	VII	0,05
	Olores	VIII	0,05
	Suelo y agua	IX	0,05
Social	Aceptación social	X	0,04
	Coexistencia con otras actividades	XI	0,04
	Solución de problemática asociada	XII	0,11
TOTAL			1

Se ha empleado una escala de 1 a 5 para la valoración de cada criterio, siendo 5 el valor óptimo.

Tabla 24. Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (técnica)

Objetivo técnico	Materia prima (I)	Instalaciones, maquinaria y elementos de control (II)
Escala numérica	Descripción	
1	Inservible (aptitud de los restos muy difícil debido a las dificultades técnicas)	Inviable (muy difícil tecnificación)
2	Poco útil (Implica un alto grado de tecnificación para poder ser usada)	Poco viable (difícil tecnificación)
3	Utilidad media (requiere cierta tecnificación para su aprovechamiento)	Viabilidad media (dificultad de tecnificación media)
4	Útil (precisa de ciertos procesos para ser empleada)	Viabilidad alta (tecnificación factible)
5	Útil sin tratamientos (sin necesidad de realizar cambios)	Viable (fácil tecnificación)

Tabla 25. Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (económico)

Objetivo económico	Inversión inicial (III)	Coste del proceso (IV)	Mano de obra generada (V)	Rentabilidad del producto (VI)
Escala numérica	Descripción			
1	Muy elevada (supone un coste inviable)	Muy elevado	Nula	Nula
2	Elevada	Elevada	Baja	Baja
3	Media	Media	Media	Media
4	Baja	Baja	Alta	Alta
5	Muy baja	Muy baja	Muy elevada	Muy elevada

Tabla 26. Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (ambiental)

Objetivo ambiental	Ruido (VII)	Olores (VIII)	Suelo y agua (IX)
Escala numérica	Descripción		
1	Sin ruido	Sin olores	Inalterado
2	Escaso	Ligeros olores	Insignificante
3	Medio	Presencia de olores	Contaminación media
4	Alto	Fuerte olor	Contaminación muy elevada
5	Ensoydecador	Presencia insoportable	Contaminación insostenible

Tabla 27. Escala numérica para la elección de la alternativa de valorización (social)

Objetivo social	Aceptación social (X)	Coexistencia con otras actividades (XI)	Solución a la problemática asociada (XII)
Escala numérica	Descripción		
1	Inaceptable (la población se opone rotundamente)	Imposibilidad	Nula (incrementa la problemática)
	Baja (la población en	Perjudicial (Dificultad	Baja (no

Objetivo social	Aceptación social (X)	Coexistencia con otras actividades (XI)	Solución a la problemática asociada (XII)
Escala numérica	Descripción		
2	su mayoría se opone)	elevada)	produce cambios en la problemática)
3	Media (Existe una división de la población)	Dificultad media	Media (reduce el problema)
4	Elevada (la mayoría de la población acepta el proyecto)	Beneficiosa	Alta (Soluciona en gran parte el problema)
5	Muy elevada (toda la población acepta el proyecto)	Muy beneficioso	Muy alta (soluciona totalmente el problema)

Para la valoración se ha contado con una recopilación de información proveniente de bibliografía, empresas del sector con las que he tenido contacto, visitas a plantas y asistencia a la jornada técnica sobre compostaje organizada por el PITA y Naturcharc en mayo de 2017.

Tabla 28. Matriz multicriterio para la elección de la alternativa de valorización

	Objetivo											
Objetivo	Técnico		Económicos				Ambientales			Sociales		
Criterio	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Alternat./ Pesos	0,12	0,12	0,13	0,13	0,03	0,14	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,11
1	4	2	2	2	4	4	4	4	3	3	3	4
2	5	5	4	4	4	4	4	3	5	5	5	5
3	3	5	5	5	1	1	2	3	5	3	4	3
4	3	5	5	5	1	1	3	2	3	4	4	3

Resultados

Alternativa 1: 3,15

Alternativa 2: 4,47

Alternativa 3: 3,54

Alternativa 4: 3,48

Por tanto, la alternativa seleccionada para llevar a cabo el compostaje es la 2: **planta de valorización de restos vegetales mediante compostaje**

ANEJO. II ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE

II.I PREÁMBULO

Este proyecto comprende una implantación de las instalaciones necesarias para el funcionamiento correcto de una planta de valorización de restos vegetales mediante su compostaje.

Los criterios seleccionados como prioritarios para la instalación deben cumplir las siguientes características:

- Efectividad de la planta: Se pretende diseñar una planta efectiva en cuanto a rendimientos obtenidos en la obtención de compost y en la relación al consumo de energía eléctrica por tonelada de material de partida.
- Funcionalidad de la planta: La planta debe cumplir los siguientes aspectos:
 - Optimización de los recursos disponibles: debe haber un equilibrio entre los condicionantes iniciales impuestos para el diseño. La distribución espacial en el interior de la planta debe optimizarse para reducir las necesidades de flujo de materiales.
 - Optimización estructural: la planta debe contener lo necesario para su correcto funcionamiento pero optimizando los materiales a emplear.
- Mínimo impacto medio-ambiental: el diseño y dimensionamiento de la instalación debe minorizar el posible impacto al entorno que pueda suponer la ejecución. Las posibles afecciones en el entorno ocasionadas por la explotación, como la emisión de gases, ruidos, impacto visual, etc.

Teniendo en cuenta estos criterios se han seleccionado 3 alternativas de compostaje:

- ✓ **Alternativa 1: Creación de una planta de compostaje en un sistema abierto de pilas estáticas con ventilación.**
- ✓ **Alternativa 2: Creación de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas.**
- ✓ **Alternativa 3: Creación de una planta de compostaje en un sistema cerrado y estático.**

II.II DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Alternativa 1: Construcción de una planta de compostaje en un sistema abierto de pilas estáticas con ventilación.

Esta opción se basa en un sistema abierto con aireación forzada y discontinua. El compost se produce en túneles estáticos.

La planta cuenta con la siguiente instalación:

- Báscula de pesaje de camiones
- Playa de recepción de los restos vegetales: Área al aire libre con solera de hormigón y en pendiente, vallada del resto, donde se depositan los restos vegetales para su posterior procesado. Los restos se apilan según sus características (restos de poda, destrío etc.)
- Depósito de almacenamiento de otros materiales: Zona con solera de hormigón y en pendiente, vallada del resto, donde se depositan el estiércol y la paja.
- Balsa de lixiviados y lluvia
- Área de compostaje: Solera de hormigón con pendiente donde se depositan en pilas de los restos vegetales y demás materia prima para el proceso de compostaje.
- Almacén: Edificación modular de estructura metálica en la que se guardan los distintos elementos necesarios para el procesado: tractor con pala, elementos de control, instrumentación de seguimiento, etc.
- Sala de personal: Edificación modular de estructura metálica en la que se sitúa la oficina, la sala de control de los parámetros, despachos y aseos.
- Zona de maduración: área de la planta donde se traslada el compost maduro hasta su venta.
- Aparcamientos: Para coches y camiones

El proceso productivo cuenta con las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima. Primero se pesa la materia prima. A continuación se realiza una clasificación de esta, realizando una primera separación de plásticos y otros elementos, efectuando controles y registrando la trazabilidad. La materia prima es depositada en las distintas áreas de recepción (restos vegetales y estiércol).
2. Tunelado: Se deposita la materia prima según sus características en el área de compostaje formando hileras que se cubren con un sistema de túneles portátiles donde tiene lugar el proceso de compostaje. Se aplica ventilación forzada mediante ventiladores y se controlan los parámetros, que están automatizados y monitorizados.
3. Apertura del túnel: Una vez el compost está maduro se retiran los túneles semipermeables y se separan los plásticos del compost mediante maquinaria específica.
4. Maduración: En esta fase, el compost maduro es volteado y regado periódicamente con el fin de mantenerlo estable.

5. Afino: El compost maduro pasa por una criba donde quedan retenidos las impurezas y el compost que aún no es apto para su venta.
6. Empaquetado y venta: Parte del compost es ensacado y el resto se vende a granel.

Alternativa 2: Construcción de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas.

La esta opción se basa en el volteo mecánico discontinuo con hileras dinámicas cubiertas por un material semipermeable.

La planta cuenta con la siguiente instalación:

- Báscula de pesaje de camiones
- playa de recepción de los restos vegetales: Área al aire libre con el terreno compactado y en pendiente, vallada del resto, donde se depositan los restos vegetales para su posterior procesado. La materia prima es apilada en distintos montones atendiendo a sus características
- Playa de recepción de estiércol.
- Área de compostaje: zona compactada y con pendiente donde se depositan en pilas de los restos vegetales y demás materia prima para el proceso de compostaje.
- Balsa de lixiviados y lluvia
- Almacén: Edificación modular de estructura metálica en la que se guardan los distintos elementos necesarios para el procesado: tractor con pala/pulpo, tractor con volteadora, elementos de control, instrumentación de seguimiento, etc.
- Oficina: Edificación modular de estructura metálica en la que se sitúa la oficina, despachos y aseos.
- Zona de almacenamiento final: área de la planta donde se traslada el compost maduro hasta su venta.
- Aparcamientos: Para coches y camiones

El proceso productivo se define en las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima. Primero se pesa la materia prima. A continuación se realiza una clasificación de esta, efectuando controles y registrando la trazabilidad. La materia prima es depositada en las distintas áreas de recepción (restos vegetales y estiércol).
2. Tunelado: Se deposita la materia prima según sus características en el área de compostaje en hileras donde tiene lugar el proceso de compostaje. Se controlan los parámetros y se voltea la pila con una frecuencia variable según los valores de los parámetros analizados. Los túneles son cubiertos con mallas semipermeables que

se retiran para el volteo y luego se vuelven a colocar. Durante el volteado también se aplica agua.

3. Afino. Los plásticos son separados del compost mediante maquinaria específica y su destino es un centro autorizado para su gestión.
4. Envasado y almacenamiento final: El compost comercial es almacenado y una parte de él es previamente envasada.

Alternativa 3: Creación de una planta de compostaje en un sistema cerrado y estático.

Esta opción se basa en un sistema cerrado en el interior de unas estructuras con aireación forzada y discontinua. Es un método estático.

La planta cuenta con la siguiente instalación:

- Báscula de pesaje de camiones
- Zona de recepción de los restos vegetales: área al aire libre con solera de hormigón y en pendiente, vallada del resto, donde se depositan los restos vegetales para su posterior procesado. Se subdivide en 2 zonas, una para los restos herbáceos y la otra para los frutos de destrío.
- Depósito de almacenamiento de otros materiales: zona con solera de hormigón y en pendiente, vallada del resto, donde se deposita el estiércol.
- Zona de compostaje: túneles de compostaje contruidos en hormigón, con posibilidad de cerrarse herméticamente donde se lleva a cabo el proceso.
- Zona de afino: Donde se lleva el compost para que se le retiren los elementos plásticos.
- Almacén: Edificación modular de estructura metálica en la que se guarda toda la maquinaria necesaria.
- Sala de personal: Edificación modular de estructura metálica en la que se sitúa la oficina, la sala de control de los parámetros, despachos y aseos.
- Zona de maduración: Edificación modular donde se traslada el compost maduro hasta su venta.
- Aparcamientos: Para coches y camiones

El proceso productivo se define en las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima. Primero se pesa la materia prima. A continuación se realiza una clasificación de esta, efectuando controles y registrando la trazabilidad. La materia prima es depositada en las distintas áreas de recepción.
2. Tunelado. Se deposita la materia prima según sus características en los túneles que son cerrados herméticamente para que tenga lugar el proceso de compostaje. Se

aplica ventilación forzada mediante ventiladores extractores y se controlan los parámetros, que están automatizados y monitorizados.

3. Apertura del túnel y clasificación: Una vez el compost está maduro mediante una cinta transportadora son conducidos hasta un rotor que separa las distintas fracciones.
4. Maduración: En esta fase, el compost maduro es volteado y regado periódicamente con el fin de mantenerlo estable.
5. Afino: Consiste en pasar por una criba el material para su venta.
6. Envasado , almacenamiento final y venta: El compost comercial es almacenado y una parte de él es previamente envasada hasta la venta.

II.III EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

II.III.I Evaluación técnica

Este estudio va a analizar las opciones tecnológicas. Se identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto, y por tanto, indirectamente los costos de inversión y operación requeridos, así como el capital de trabajo necesario. Esto último se analizará en las correspondientes evaluaciones.

Alterativa 1: Creación de una planta de compostaje en un sistema abierto de pilas estáticas con ventilación

- Localización de la planta. Para la elección del emplazamiento se ha tenido en cuenta criterios técnicos importantes como cercanía a proveedores y clientes finales.
- Tamaño de la planta. Esta planta requiere un espacio considerable debido a que se deben crear hileras de compostaje y estas ocupan una gran superficie. No obstante, esto no supone un gran problema debido a la disponibilidad de terreno en la zona de actuación.
- Disponibilidad de materia prima. No supone un problema por lo dicho anteriormente, la planta se ubicará en una zona de gran actividad agrícola.
- Ingeniería del proyecto. La obra tiene una envergadura media. A continuación se describen las fases más importantes durante las obras, explotación y cese de actividad.

Ejecución de las obras

1. Demoliciones, desbroce y transporte a vertedero.
2. Movimientos de tierra.
3. Redes enterradas.
4. Construcción de balsa de recogida de efluentes.
5. Construcción de soleras (hormigón hidrófugo con mallazo).
6. Construcción de edificaciones auxiliares.
6. Colocación de murete perimetral.
7. Instalación de alumbrado.

Fase de funcionamiento

1. Entrada de la materia prima (pesaje, triturado, humectación etc.).
2. Mezclado de material estructurante y restos vegetales en la solera.
3. Colocación en pilas y tapado de los túneles.
4. Humectación y oxigenación monitorizada mediante ventiladores.
5. Recogida de efluentes.
6. Recogida y vertido de agua de lluvia.
7. Cribado y almacenamiento del compost final.
8. Limpieza de solera y balsas.

Fase de cese de actividad

1. Desmontaje de las instalaciones.
2. Restauración del suelo y de la cubierta vegetal.
3. Utilización de maquinaria.
4. Mano de obra.
5. Cese de la actividad productiva.

Maquinaria necesaria:

- Ventiladores.
- Tractor con pala para mover la materia prima.
- Tractor con pulpo para mover la materia prima.
- Tromel.
- Ensacadora.
- Trituradora.
- Camión.

Dispositivos de control:

El proceso deberá estar monitorizado. A continuación se muestran los distintos instrumentos de medida:

- Sensores de temperatura.
- Sensores de humedad.
- Sensores de pH.
- Sensores de CE.

Alternativa 2: Creación de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas.

- Localización de la planta. Similar a la alternativa 1, teniendo en cuenta proveedores y clientes potenciales.
- Tamaño de la planta. Similar a la alternativa 1, requiere una gran superficie pero no es un impedimento.
- Disponibilidad de materia prima. Similar a la alternativa 1, es una zona predominantemente agrícola.
- Ingeniería del proyecto. La obra tiene una envergadura menor que la alternativa 1, ya que el terreno únicamente se debe nivelar y compactar, pero no se realizaran soleras de hormigón. A continuación se describen las distintas fases de obras, explotación y cese de actividad.

Ejecución de las obras

1. Demoliciones, desbroce y transporte a vertedero.
2. Movimientos de tierra
3. Redes enterradas.
4. Construcción de balsa de recogida de efluentes.
5. Nivelación y compactación del terreno
7. Construcción de edificaciones auxiliares
7. Colocación de murete perimetral.
8. Instalación de alumbrado

Fase de funcionamiento

1. Entrada de la materia prima (pesaje, triturado, humectación etc.).
2. Mezclado de material estructurante y restos vegetales.
3. Colocación en pilas y tapado de los túneles.

4. Humectación y oxigenación periódica mediante volteado.
5. Recogida de efluentes y agua de lluvia.
6. Cribado y almacenamiento del compost final
7. Limpieza de zonas y balsas.

Fase de cese de actividad

1. Desmontaje de las instalaciones.
2. Restauración del suelo y de la cubierta vegetal.
3. Utilización de maquinaria.
4. Mano de obra.
5. Cese de la actividad productiva.

Maquinaria necesaria

- Volteadora.
- Tractor con pala para mover la materia prima.
- Tractor con pulpo para mover la materia prima.
- Trituradora.
- Tromel.
- Ensacadora.

Dispositivos de control:

El proceso se controlará manualmente. A continuación se muestran los distintos instrumentos de medida:

- Sensores de temperatura.
- Sensores de humedad.
- Sensores de pH.
- Sensores de CE.

Alternativa 3: Construcción de una planta de compostaje en un sistema cerrado y estático.

- Localización de la planta. Idéntico a las alternativas 1 y 2.
- Tamaño de la planta. Esta planta requiere un espacio menor debido a que se deben el proceso de compostaje se lleva a cabo en túneles de hormigón de un tamaño considerable. Además, el proceso es mucho más rápido.
- Disponibilidad de materia prima: No supone un problema por lo dicho anteriormente, la planta se ubicará en una zona de gran actividad agrícola.

- Ingeniería del proyecto. La obra tiene una envergadura alta.

Ejecución de las obras

1. Demoliciones, desbroce y transporte a vertedero.
2. Movimientos de tierra.
3. Redes enterradas.
4. Construcción de balsa de recogida de efluentes.
5. Construcción de solera (hormigón hidrófugo con mallazo).
7. Construcción de los túneles de procesado.
8. Construcción de zona de almacenamiento de compost final.
8. Construcción de edificaciones auxiliares.
9. Colocación de murete perimetral.
10. Instalación de alumbrado.

Fase de funcionamiento

1. Entrada de la materia prima (pesaje, triturado, humectación, etc.).
2. Mezclado de material estructurante y restos vegetales en la solera.
3. Colocación en pilas y tapado de los túneles.
4. Humectación y oxigenación monitorizada mediante ventiladores.
5. Extracción de gases mediante biofiltros.
6. Recogida de efluentes.
7. Recogida y vertido de agua de lluvia.
8. Cribado y almacenamiento del compost final
9. Limpieza de solera y balsas.

Fase de cese de actividad

1. Desmontaje de las instalaciones.
2. Restauración del suelo y de la cubierta vegetal.
3. Utilización de maquinaria.
4. Mano de obra.
5. Cese de la actividad productiva.

Maquinaria necesaria

- Ventiladores.
- Calefactores.
- Tractor con pala para mover la materia prima.
- Tractor con pulpo para mover la materia prima.
- Tromel.

- Ensacadora.
- Trituradora.
- Caldera.

Dispositivos de control

El proceso deberá estar monitorizado. A continuación se muestran los distintos instrumentos de medida:

Sensores de temperatura.

Sensores de humedad.

Sensores de pH.

Sensores de CE.

Biofiltros.

II.III.II Evaluación económica - financiera

La evaluación económica es uno de los elementos para decidir que alternativa seleccionar y, finalmente proyectar y ejecutar.

Las distintas alternativas van a dar el mismo servicio a los agricultores y producir el mismo producto final. Por tanto, la inversión inicial y los costes operacionales se convierten en el criterio económico fundamental para la elección de la alternativa.

Para las 3 alternativas es necesaria una inversión inicial para la construcción de la planta. La inversión inicial contempla también la maquinaria necesaria y todos los demás gastos para que empiece a funcionar.

Las alternativas 1 y 2 suponen una menor inversión para la construcción de la planta. Sin embargo, en la alternativa 1 el compost se procesa y almacena sobre soleras de hormigón, por lo que encarece la construcción. No obstante, el proceso productivo se realiza en el exterior por lo que su coste es menor que en la alternativa 3, que precisa de una estructura rígida de hormigón para el compostaje.

La maquinaria de la alternativa 1 y 2 es muy similar, difiere en la maquinaria empleada para airear la masa. La alternativa 1, ventiladores, suponen unos costes de inversión superiores a los de la alternativa 2, tractor con volteadora. Sin embargo, la mano de obra necesaria para airear la masa es ligeramente superior en la alternativa 2, de volteo. La alternativa 3 es la que requiere unos costes de maquinaria superiores.

Contempla el sistema de ventilación y calefacción, además del sistema de vareado para separar los plásticos.

Los costes de operación no muestran grandes diferencias entre las 3 alternativas. Sin embargo, aunque las alternativas 1 y 2 deben presentar costes operacionales similares, la alternativa 3 si tiene costes ligeramente superiores, debido a la maquinaria que emplea.

II.III.III Evaluación ambiental y social

En este apartado se analizan los efectos de la contaminación atmosférica, acústica, del suelo y aguas subterráneas, además del efecto social. Tales efectos son generados como consecuencia de las actividades que tienen lugar en la zona de influencia del proyecto durante las fases de construcción y explotación.

Evaluación atmosférica

Se producirá un aumento del nivel de partículas en el aire por emisión de polvo la planta debido a los trabajos de movimiento de tierras en general y al tránsito de la maquinaria utilizada. Asimismo se producirá una emisión de gases en los escapes de la citada maquinaria. Durante el proceso de compostaje pueden emitirse gases a la atmósfera producto de la respiración microbiana.

En las 3 alternativas planteadas los efectos tendrán carácter puntual y temporal. El polvo generado puede minimizarse mediante riegos periódicos. Para minimizar el impacto de los gases expulsados por la maquinaria únicamente se puede actuar manteniéndolas en buen estado. Para que los restos vegetales no emitan gases, o al menos controlarlos, estos deben ser procesados rápidamente y controlar los parámetros.

Durante el proceso de compostaje pueden desprenderse olores. Estos olores se deben principalmente a la materia prima sin tratar, pues el compost una vez estabilizado no desprende olores prácticamente.

Dependiendo de la alternativa puede minimizarse en mayor o menor grado este problema:

Alternativa 1 (ventilación forzada): Puede reducirse siempre que los restos vegetales pasen al proceso productivo con la mayor brevedad posible. Además, pueden instalarse filtros de olores en el interior de los túneles semirrígidos.

Alternativa 2 (volteadora): La mejor y prácticamente la única manera de reducir los olores es procesando rápidamente los restos vegetales.

Alternativa 3 (túneles herméticos): Además de procesar con la mayor celeridad posible los restos vegetales, en el interior de los túneles rígidos de compostaje estarán instalados filtros de olores.

Se producirá un incremento de los niveles sonoros que actualmente se generan en la zona de afección del proyecto, debido al tránsito y al propio funcionamiento de la maquinaria utilizada.

Según la alternativa se podrá eliminar o al menos minimizar el problema generado.

Alternativa 1: Durante la construcción, el ruido generado es muy difícil de reducir. Se puede minimizar la contaminación acústica seleccionando ventiladores con menores emisiones sonoras durante el funcionamiento de la planta.

Alternativa 2: Durante la construcción y funcionamiento de la planta y el ruido es muy difícil de reducir.

Alternativa 3: Durante la construcción, el ruido generado es muy difícil de reducir. El empleo de materiales aislantes, acústicos, para la construcción de los túneles puede reducir el ruido.

Evaluación sobre la hidrosfera

Durante la fase de construcción, pueden producirse vertidos accidentales que afectaran a aguas superficiales o subterráneas, o bien impermeabilización de superficies que dañen zonas de recarga de acuíferos.

Los efluentes producidos durante el proceso de compostaje son recogidos por una balsa por lo que se minimiza el riesgo de contaminación de las aguas subterránea.

En las 3 alternativas es difícil controlar los vertidos durante la construcción. Las 3 cuentan con un sistema de recogida de efluentes.

Evaluación sobre la geosfera

Los principales efectos sobre el suelo se producirán durante la fase de construcción, produciéndose alteraciones del mismo debido a:

1. Movimiento de tierras, por la necesidad de ejecutar excavaciones, rellenos, cimentaciones y nivelaciones.
2. Recubrimiento e impermeabilización de superficies, por el acopio de materiales.

Las 3 alternativas presentan los mismos problemas y es difícil minimizar aunque la alternativa 2 no presenta soleras de hormigón, siendo menor el impacto negativo.

Evaluación social

Todas las alternativas influirán positivamente en el área de influencia, al reducir la problemática asociada a los restos vegetales con la que convive toda la población. Además, genera empleo y está suficientemente alejada como para no influir negativamente en las poblaciones de la zona.

II.IV ANÁLISIS MULTICRITERIO

Después de haber realizado las evaluaciones en el punto anterior, se va a realizar un análisis multicriterio para seleccionar la mejor alternativa. Los criterios que se han tomado a tener en cuenta se exponen en la tabla 29.

Tabla 29. Criterios de evaluación selección alternativa de compostaje.

Objetivo	Criterios seleccionados
Técnica	Envergadura de la obra
	Proceso productivo
Económica	Inversión inicial
	Costes de operación
Ambiental	Ruido
	Olores
Social	Generación de empleo

II.IV.I Factores de ponderación

Se ha optado por definir factores de ponderación de forma cardinal y de tal modo que la suma sea la unidad.

En resumen, los pesos asignados a cada uno de los criterios se muestran en la tabla siguiente. Las razones por las que se ha optado esta disgregación vienen motivadas por la importancia relativa de los diferentes componentes.

Se puntuará cada criterio del 1 al 10, siendo 1 el valor óptimo. Por tanto, aquella alternativa que tenga una puntuación menor será la seleccionada.

Tabla 30. Peso relativo criterios para la selección de la alternativa de compostaje.

CRITERIO	PESO
Objetivo técnico	
Envergadura de la obra	0,15
Proceso productivo	0,2
Objetivo económico	
Inversión inicial	0,2
Costes operacionales	0,2
Objetivo ambiental	
Ruido	0,1
Olores	0,1
Objetivo social	
Empleo generado	0,05
TOTAL	1

II.V MATRIZ Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE COMPOSTAJE

Tras una interpretación de la información obtenida en bibliografía y empresas del sector se ha valorado cada una de las alternativas atendiendo a los criterios establecidos.

Tabla 31. Matriz multicriterio selección de la alternativa de compostaje

CRITERIO	PESO	ALTERNATIVA		
		1	2	3
Inversión inicial	0,2	6	4	8
Costes de operación	0,2	5	5	7
Envergadura de la obra	0,15	6	3	8
Proceso productivo	0,2	5	4	7
Ruido	0,1	5	6	3
Olores	0,1	6	7	3
Empleo generado	0,05	4	6	5
TOTAL	1	5,4	4,65	6,45

Por tanto, la alternativa seleccionada es la 2: **Creación de una planta de compostaje con un sistema abierto de pilas dinámicas ventiladas.**

ANEJO. III ESTUDIO VIABILIDAD TÉCNICA

III.I INFORMACIÓN PRELIMINAR

III.I.I *Pluviometría*

Los datos pluviométricos se han extraído de la estación agroclimática de la Junta de Andalucía ubicada en Almería. Para esta evaluación se han tomado datos desde el 31 de Enero de 2000.

Los registros más desfavorables se dan para el mes de diciembre de 2009 en el que se registraron precipitaciones de 184,2 mm

Por otro lado el nivel de precipitaciones más alto en un día se registró el 20 de octubre de 2015 y fue de 58,2 mm.

III.I.II *Producción de compost*

La cantidad de materia prima necesaria para realizar el compostaje durante un año ha sido estimada teniendo en cuenta datos bibliográficos y las características de la zona. Esta información está situada en el Capítulo 7, en el punto 7.2 'Ingeniería del proceso'. A continuación se muestran los datos totales:

Total restos vegetales a procesar = 12.960 Tm

Volumen restos vegetales a procesar = 57.600 m³

Peso a aportar (estiércol) = 7.902 Tm

Volumen a aportar (estiércol) = 5.313,6 m³

Peso total a procesar = 20.862 Tm

Volumen total a procesar = 62.913,6 m³

Suponiendo unas pérdidas de peso del 20 % y de volumen del 50 %:

Peso total compost comercial = 16.689,6 Tm

Volumen total compost comercial = 31.456,8 m³

III.I.III Caracterización de la mezcla a compostar

El proceso de compostaje requiere de una adecuada mezcla de materiales, ya que para obtener un compost de calidad es necesario un equilibrio de nutrientes.

El compost que se elaborará en la planta estará formado por restos vegetales de invernaderos y como material estructurante estiércol, procedente de explotaciones ganaderas.

Las características que debe cumplir el material estructurante a aportar deben ser:

- a. Coste mínimo.
- b. Fácil de degradar.

En este caso se ha seleccionado el compost como material estructurante por ser rico en nitrógeno y ejercer como inóculo bacteriano. Basándose en bibliografía, en otras plantas de compostaje y en expertos como la familia Lüebke, la mezcla consistirá en un 75 % de restos vegetales y un 25 % de estiércol.

Tabla 32. Propiedades medias de las materias primas.

	Restos vegetales	Estiércol
Densidad (Tm/m ³)	2,4	1,64
C/N	10	15,2
Humedad (%)	60	27,5

III.II DIMENSIONADO DE LA PLANTA

A continuación se va a realizar el dimensionado de las áreas de recepción, procesado y almacenamiento final, y de la balsa.

Para el dimensionado de cada zona nos basaremos en la cantidad de restos vegetales a procesar durante una campaña.

El depósito o balsa se dimensionará para que sea capaz de almacenar con seguridad tanto los efluentes procedentes del compost como el agua de lluvia que al caer sobre la solera será recogida debido a la pendiente y a un sistema de canaletas.

Para este caso nos hemos referido a los datos de precipitaciones publicados por la red de información agroclimática de Andalucía (RIA) comentados anteriormente.

III.II.I Dimensionado de la zona de procesado

En el diseño de las hileras, la documentación de referencia indica que éstas deben tener una altura entre 1,5 y 1,8 metros, para permitir el flujo de aire entre la hilera de compostaje y el exterior. El ancho deberá de ser el doble que la altura, aproximadamente.

Las pilas tendrán una forma de prisma de sección triangular (figura 15):

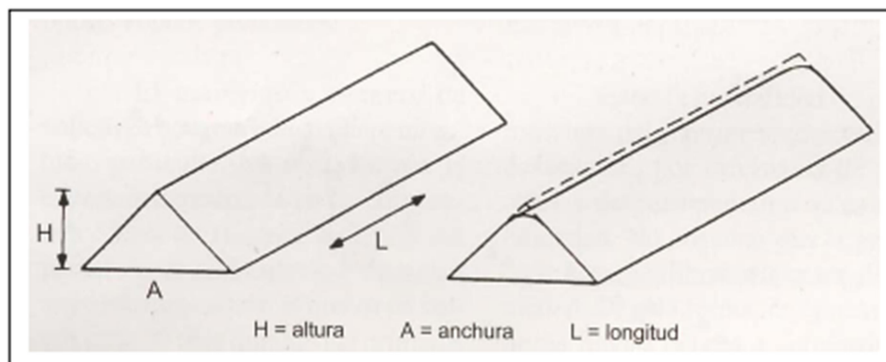


Figura 15. Forma de las pilas de compostaje.

Las dimensiones serán aproximadamente H=1,8 m, A= 3,6 m; L = variable

El volumen de la pila y el área se calculan según las fórmulas

$$\text{Volumen pila} = \frac{H \times A \times L}{2}$$

$$\text{Superficie} = A \times L$$

Por tanto se obtendrán los siguientes resultados para L = 1m

$$\text{Volumen pila} = V = 3,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Superficie ocupada en el suelo} = S = 3,6 \text{ m}^2$$

Dado que el total de restos vegetales se va a generar paulatinamente durante todo el ciclo productivo de la zona vamos a aplicar un criterio que nos permita optimizar el tamaño de la superficie destinada y que consiste en dimensionar la solera para que se puedan procesar aproximadamente un porcentaje del total.

La velocidad de compostaje está estimada entre 150 y 180 días para completar el proceso. Por tanto, se puede reducir el área necesaria para el compostaje, en una campaña, aproximadamente a la mitad, en este caso se ha considerado que un 60 %

de la superficie necesaria para compostar simultáneamente todos los restos de una campaña son suficientes.

Volumen máximo compostaje simultáneamente = 60 % Vol. Total = 37.748 m³

Para acoger estos aproximadamente 37.740 m³ de restos vegetales y estiércol producidos en aproximadamente 6 meses, y teniendo en cuenta las dimensiones de las pilas establecidas más arriba se necesitaría la siguiente longitud de hilera:

$$V = \frac{H \times A \times L}{2} \rightarrow L = \frac{2 \times V}{H \times A} = \frac{2 \times 37.740}{1,8 \times 3,6} = 11.650 \text{ m de hileras de compostaje}$$

Se debe reservar un espacio entre las pilas para el tránsito del personal y maquinaria para colocar la materia prima al inicio del compostaje. Las pilas estarán separadas 1 m entre sí.

Tabla 33. Alternativas de dimensionado de hileras de compostaje.

Longitud de la hilera (m)	50	100	130
Número hileras necesarias	233	116,5	89,6
Volumen de restos por hilera	162	324	421,2
Superficie que ocupa cada hilera	180	360	468
Superficie hileras total	41.940	41.940	41.940
Numero separaciones	11.650	11.650	11650
Largo área compostaje	1.071,8	535,9	412,2
Superficie total área	53.590	53.590	53.590

El área de compostaje es independiente de la longitud de cada hilera. Por tanto, la superficie total del área de procesamiento tiene una superficie de 53.590 m², aproximadamente 5 Ha.

La solera tendrá una pendiente del 3,5 % para facilitar la evacuación de efluentes y agua.

III.II.II Dimensionado de la zona para almacenamiento de materia prima

Restos vegetales

Dada la estacionalidad en la producción de restos vegetales es muy difícil estimar la cantidad de restos generada mensualmente. Por ello, realizando una media se ha

estimado que en 1 mes, la generación de restos vegetales en los invernaderos es de 10 m³/Ha. Por tanto, la cantidad de restos vegetales a procesar mensualmente es la siguiente.

$$\text{Volumen restos vegetales} = 10 \text{ m}^3/\text{Ha} \times 800 \text{ Ha} = 8.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso restos vegetales} = 8.000 \text{ m}^3 \times 0,41 \text{ Tm}/\text{m}^3 = 3.333 \text{ Tm}$$

Los restos vegetales empezarán a compostarse con la mayor celeridad posible, intentando siempre que pasen menos de 5 días desde su llegada a planta y dependiendo de su humedad, con el fin de obtener un producto final de calidad. Por tanto, no debe llegarse a acumular en el área de recepción la cantidad de 1 mes completo. Sin embargo, como ya se ha comentado antes, existen picos de producción de restos vegetales, y por ello, se dimensionará en relación a dicho volumen.

Las pilas de restos vegetales, debido a sus características se colocarán ordenadamente en montones ordenados según su prioridad de compostaje atendiendo a su contenido en humedad medio. Dada la irregularidad geométrica, se ha establecido como criterio que formarán cubos rectangulares de H = 4 m y Longitud y ancho variable.

Tabla 34. Posibles dimensiones de montones de restos vegetales

Dimensiones (A x B x H) (m)	4x6x4	3 x 7 x 4	4 x 8 x 4
Volumen/ montón	64	84	128
Nº montones	125	95,2	62,5
Superficie / montón	24	21	31
Superficie total	3000	2000	1937,5

Dependiendo de la configuración de los montones, ocupará una mayor o menos superficie de solera. Se ha considerado una superficie de solera para almacenar los restos vegetales de 2.000 m².

La capacidad máxima de la era de estiércol será de 1.500 m³, que según las proporciones de la mezcla y el volumen de restos vegetales, debe ser suficiente para 24.000 m³ de restos vegetales, lo estimado que se necesita en 3 meses. El estiércol se dispondrá en forma de pirámide rectangular con una altura máxima de 4 m y longitud y ancho variable.

Tabla 35. Posibles dimensiones de montones de estiércol

Dimensiones (A x B x H)	4x2x4	3 x 5 x 4	4 x 4 x 4
Volumen/ montón	32	60	64
Nº montones	187,5	100	93,75
Superficie / montón	8	15	16
Superficie total	1.500	1.500	1.500

La superficie destinada a la solera para almacenar estiércol es de 1500 m².

III.II.III Dimensionado de la zona para el almacenamiento final

Al finalizar la estancia de 150 – 180 días en las hileras, podemos adoptar como valor suficientemente sancionado por la experiencia en el tratamiento de este tipo de materia orgánica, un 20 % de reducción en peso y un 50% de reducción en volumen. El dimensionado se calculará para albergar un 45 % de la producción anual de compost. En estas condiciones, la cantidad de compost que podría albergar la zona sería:

Peso total compost maduro = 7510,3 Tm

Volumen total compost maduro = 14.155,56 m³

En el proceso de afino, los restos vegetales que no alcancen las características deseadas retornarán a la era de compostaje. Los restos plásticos serán separados y se enviarán a un gestor autorizado.

El producto final se apila en montones piramidales con una altura máxima de 4 m. El ancho y largo de los montones será variable:

Tabla 36. Posibles dimensiones de montones de compost final

Dimensiones (A x B x H)	6 x 6 x 4	4 x 7 x 4	8 x 8 x 4
Volumen/ montón	144	112	256
Nº montones	98	126	55
Superficie / montón	36	28	64
Superficie total	3538,5	3538,75	3538,75

La superficie de la solera para almacenar el compost comercial a granel será de 3.500 m².

Se destinará además 500 m² para almacenar el compost envasado y paletizado. Por tanto, la superficie total de esta área será de 4.000 m².

Todas las zonas tendrán una pendiente del 3,5 % para facilitar la evacuación de efluentes y agua siendo su destino final una balsa.

Superficie zonas total = Zona almacenamiento recepción+ Zona compostaje + Zona almacenamiento producto final = 2.000 + 1.500+53.590 + 4.000 = 61.090 m²

III.II.IV Dimensionado de la balsa

La balsa deberá ser capaz de almacenar tanto los lixiviados procedentes del proceso de compostaje y los que pudieran generarse en las zonas de almacenamiento. Además, el agua de lluvia que caiga sobre ellas también será recogida.

No será necesario tener en cuenta el agua de lluvia que caiga sobre la zona de la parcela exterior a la solera de compostaje ya que se evitará la entrada de dicha agua en nuestra zona de procesado, mediante un murete de protección. En el resto de la planta de compostaje habrá un sistema de canaletas subterráneo que evacuarán el agua a una rambla. De esta forma evitamos tener que sobredimensionar en exceso nuestra balsa.

Por tanto para el dimensionado de la balsa utilizaremos dos datos de partida, por un lado el volumen total de efluentes procedentes de las pilas y la precipitación máxima histórica registrada durante un mes.

Por otro lado se habilitará un sistema de bombeo dentro de la balsa para recircular parte de los efluentes almacenados en la misma para humectar las pilas de compostaje y el compost maduro. Por un lado esto conlleva aliviar en parte el contenido de la balsa, evitándose rebosamientos, así como contribuir al proceso de compostaje, manteniendo los niveles de humedad necesarios para la buena marcha de dicho proceso compensando las pérdidas de agua por evaporación y recuperar la materia orgánica perdida al estar disuelta en los efluentes.

Para estimar las precipitaciones, se ha tenido en cuenta los datos agroclimáticos de la estación de la Junta de Andalucía ubicada en Almería desde el año 2000. El mes con más precipitaciones de la serie estudiada fue diciembre de 2009, con 184,2 mm. La balsa está diseñada para poder almacenar un 10 % de las precipitaciones totales de este mes.

El volumen de agua de lluvia a almacenar vendrá dado por:

$$V_{lluvia} = 10 \% \text{ Precipitaciones (mes más desfavorable)} * \text{Superficie total}$$

$$V_{lluvia} = 0,10 * 0,1842 \frac{m^3}{mes} * 61.090 m^2 = 1.125 m^3$$

Los restos vegetales se compostarán con un contenido de humedad medio del 60 % en peso. Según Soliva y col (2008) con este contenido de humedad no debe haber lixiviados. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de la materia prima, se sobredimensionará la planta suponiendo que el contenido de humedad medio es del 65 %. Por tanto, se tendrá que almacenar un 5 % del agua de los restos vegetales a procesar. Eso sin tener en cuenta el efecto de la evaporación y la recirculación mediante el bombeo. El cálculo se realiza para albergar el agua de los restos vegetales de 1 mes.

$$Vol. efluentes = \frac{Restos\ vegetales\ (Tm)}{Ha \cdot mes} \times 800\ Ha \times 5\ \% = 400\ m^3$$

La capacidad de agua de la balsa debe la suma de la lluvia y efluentes, 1.525 m³, aproximadamente 1.500 m³.

La balsa tendrá unas dimensiones de 20 x 20 x 4 m³.

III.II.V Dimensionado de la zona auxiliar

Las demás zonas de la planta se han predimensionado teniendo en cuenta las necesidades. A continuación se muestran las superficies destinadas.

Sala de control y de personal: 120 m²

Nave de almacenamiento: 140 m²

Zona de tránsito: 48.813 m²

Parking: 100 m²

Jardines: 400 m²

III.III DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

La obtención de los restos vegetales no presenta ningún problema. En el capítulo 3 se describe la problemática de los restos vegetales en la zona, por lo tanto la disponibilidad durante la campaña agrícola no presenta ningún problema y el agricultor paga por que le retiren sus restos.

La disponibilidad de estiércol en la zona es suficiente para las necesidades de la planta. En la provincia hay censadas 178.495 cabezas de ovino y 165.111 cabezas de caprino (MAGRAMA, 2015). Las explotaciones que albergan al ganado producen una gran cantidad de estiércol.

III.III.I INGENIERÍA DEL PROYECTO

I.III.I.II Descripción de las fases constructivas

La tipología de las plantas de compostaje mediante pilas volteadas ha sufrido pocos cambios. No obstante, y aunque el diseño básico siga teniendo la misma base de partida, las plantas actuales funcionan con unos parámetros de rendimiento superiores gracias a los recursos y conocimientos que se han destinado a optimizar la maquinaria y los sistemas de control.

Acondicionamiento de la parcela

- Desbroce y limpieza del terreno
- Movimiento de tierras
- Excavación de balsa
- Instalación de saneamiento
- Instalaciones de abastecimiento de agua
- Instalación eléctrica
- Instalación de alumbrado
- Firmes
- Pintura
- Jardines
- Cerramiento de la parcela

Obra Civil

- Soleras de materias primas
- Soleras de compostaje
- Soleras de almacenamiento final
- Oficina con vestuarios y sala de control
- Almacén y taller
- Accesos

La construcción de las soleras consiste en nivelar el terreno y el posterior compactado.

I.III.I.III Descripción de las fases operacionales

Las distintas fases del proceso productivo quedan resumidas en la figura 16.

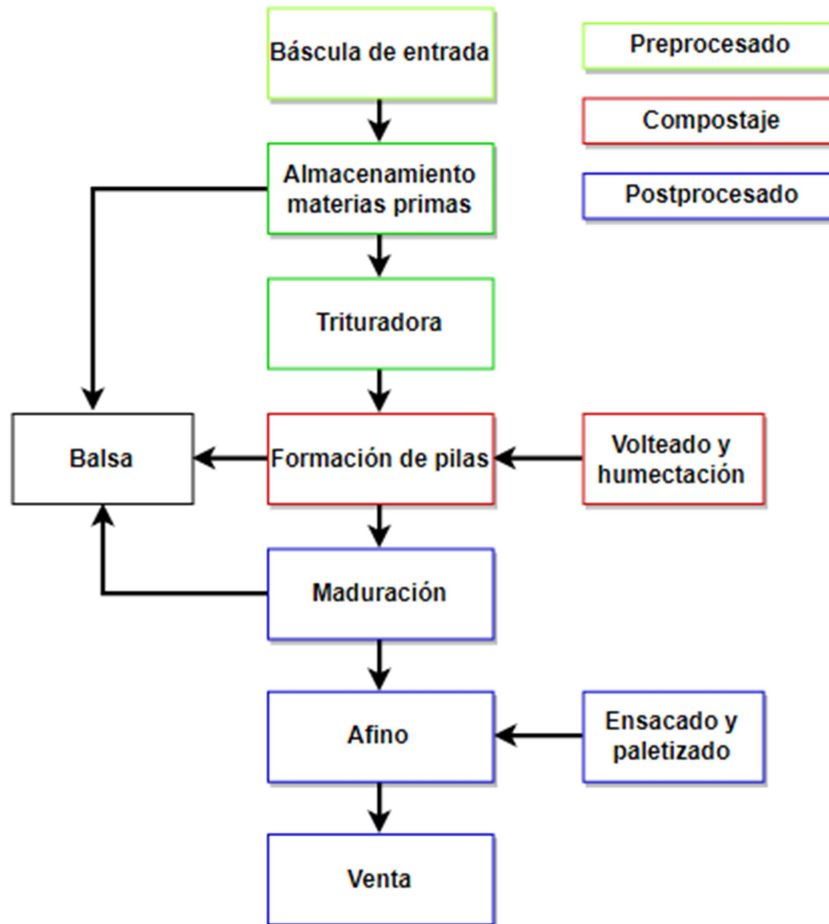


Figura 16. Diagrama de bloques del proceso productivo. Fuente: elaboración propia.

- **Transporte de restos vegetales desde las explotaciones agrícolas a la planta.**

El transporte de los restos vegetales desde las explotaciones a la planta de compostaje es uno de los puntos clave a tener en cuenta ya que en muchas ocasiones los costes asociados al mismo pueden ser los que limiten la rentabilidad del proyecto. La planta contará con 1 camión de transporte. También podrán transportar hasta la planta empresas o autónomos autorizados para tal fin.

El escenario de partida, en lo que a transporte se refiere, queda configurado a partir de las siguientes hipótesis:

- El transporte de los restos vegetales se realizará empleando camiones que carguen los contenedores que hay en las fincas.

- Teniendo en cuenta la capacidad para la que ha sido diseñada la planta, los camiones recorrerán una distancia inferior a 40 km por viaje, entendiéndose el viaje de ida y vuelta.
- Los contenedores recogidos por el camión tendrán una capacidad máxima de 19,6 m³, y deben estar completos.

- **Zona de preprocesado.**

Los residuos que se reciben en la instalación son pesados e inspeccionados visualmente en la zona de acceso a la planta, para lo cual se dispone de una báscula y de la oficina de control, que registra todas las entradas que se producen en la planta, así como las salidas de la misma.

El área de recepción es el espacio destinado a la recepción del material que se va a usar para la fabricación del compost. Es necesario disponer de esta área no sólo para evitar que los camiones que transportan los residuos vegetales los dispongan directamente en las hileras de compostaje cuando existan malas condiciones meteorológicas.

Aquí se lleva a cabo una primera labor de separación y clasificación de los residuos entrantes mediante una máquina con una pluma articulada y manualmente. Los restos vegetales de poda, deshojado y plantas en general se depositan con la misma máquina en una trituradora consiguiendo así facilitar su manejo e incrementar la velocidad de procesado. En el caso de que el producto vegetal lo requiera, serán humectados a la salida de la trituradora.

Como se ha comentado anteriormente, se ha estimado una producción media de 10 m³/Ha · mes. Por tanto, realizando un sencillo cálculo podemos obtener la entrada diaria de restos vegetales a la planta, teniendo en cuenta que los domingos no recepciona restos.

$$\begin{aligned} \text{Vol. restos vegetales} &= 10 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha} \cdot \text{mes}} \times 800 \text{ Ha} = 8.0000 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \\ \text{Peso restos vegetales} &= \frac{8.000 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{2,4 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 3.333 \frac{\text{Tn}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Suponiendo 25 días de trabajo al mes 8 horas, el tiempo productivo es de 200 h.

$$\text{Peso restos vegetales} = \frac{3.333 \frac{Tn}{mes}}{200 \frac{h}{mes}} = 16 \frac{Tn}{h}$$

Por tanto, la maquinaria debe ser capaz de procesar como mínimo 16 Tm/h de restos vegetales.

Los restos de destrío también serán descargados en la zona destinada a tal fin y mezclados usando una maquina cargadora frontal con pala.

En esta área también tiene lugar el pesado, inspección y descarga del estiércol.

- **Área de procesado.**

El área de procesamiento es donde propiamente tiene lugar el compostaje. La superficie del área de compostaje, para procesos de compostaje de restos vegetales, no es necesario que esté pavimentada, aunque se recomienda. En nuestro caso inicialmente no se encontrará pavimentada ahorrando así en los costes de construcción. Sin embargo, es necesario que sea lo suficientemente firme y absorbente para que se evite la formación de huecos cerca de las hileras, o la erosión debida a lixiviados. Al término de la campaña, se realizará una nivelación y compactado en el caso que se precise.

Las hileras se dispondrán en paralelo a la dirección de la pendiente de la solera para permitir que los residuos líquidos fluyan entre las hileras y no a través de ellas. El área se subdividirá en dos zonas para que la recogida de agua se haga una zona que ejercerá de canaleta hasta la balsa, pues también poseerá pendiente. La pendiente será del 3,5 %.

Las hileras de compostaje se cubren con una malla semipermeable para prevenir la evaporación del agua. Estas mallas se retiran manualmente cuando sea necesario voltear la mezcla para después volver a colocarlas.

Las hileras de volteo se construyen con una máquina cargadora frontal, usando su pala. Las hileras se forman del siguiente modo:

- Primera capa: En contacto directo con el suelo. Se compone de restos de poda y frutos de destrío.
- Segunda capa: Se compone por estiércol
- Tercera capa: Está formada por los restos vegetales

Según bibliografía y otras plantas de la zona se emplean, además de estiércol, paja y tierra arcillosa como materiales estructurantes, pero para simplificar el proceso y minimizar los costes únicamente se ha tenido en cuenta el estiércol.

Las pilas que se han formado por primera vez se dejan reposar una semana y luego se voltean. A partir del primer volteo los parámetros (pH, CE, humedad y temperatura) son controlados para comprobar que el proceso se esté llevando con normalidad dentro de los intervalos óptimos. La humectación de las pilas se hace simultáneamente al volteo ya que la volteadora incorpora aspersores.

Para el volumen de residuos vegetales que se están empleando, en principio sería suficiente con una maquina cargadora frontal y una volteadora.

- **Área de almacenamiento final.**

Esta área se emplea para realizar pruebas de control de calidad del compost y es donde se realiza la fase de afino final. La fase de afino, consiste en hacer pasar el material por una criba dejando pasar únicamente elementos inferiores 10 mm. El rechazo producido en esta etapa corresponde a fracciones del material cuyo tamaño de partícula no se ha reducido lo suficiente, y transcurrido un periodo de tiempo volverá a pasar por la criba. Los restos plásticos (rafias, anilla, etc.) se depositarán en una zona destinada para tal fin y serán transportados a un centro de procesado autorizado.

En esta área se almacena el compost a granel que será vendido o ensacado. El ensacado y paletizado se realizará en el mismo área. Dicho proceso al inicio de la actividad empresarial se realizará por pedidos y se ha supuesto para el estudio económico que será un 10 % de total. Los formatos de venta serán de 50 y 80 L, dada las características de la máquina ensacadora.

III.IV.II Maquinaria, equipamiento y elementos de control

- Tromel: Se empleará un tromel de la marca Pezzolato concretamente el modelo: roto-criba L 3000.
- Máquina ensacadora: Marca: Elocom, Modelo: CV-4080. Esta máquina tiene una capacidad de trabajo de 26 sacos de 50 l/min. Por tanto, en un día laboral (8 h), la planta tiene una capacidad máxima de producir 12.480 sacos de 50 l.
- Tractor con pala frontal: Se ha seleccionado un tractor Class modelo 220 equipado con una pala de la misma marca, modelo BR 225 C, con capacidad para 0,945 m³.
- Maquina volteadora : Se empleará una volteadora autopropulsada: marca: Neuson Ecotec, Modelo: SF 420 con una capacidad de compostaje máxima de 1.800m³ / h y una anchura y altura máxima de trabajo de 4,2 m y 2,1 m respectivamente. Si

suponemos que el área de compostaje está totalmente completa, en una jornada la laboral puede voltear el 26 % de las pilas.

- Termómetro con sonda temperatura: Marca: Hanna, Modelo HI935005N. Modelo sonda: HI766TR4.
- Sensor de pH: Marca: Hanna; Modelo: HI 99121.
- Sensor de CE y sonda: Marca: Hanna, Modelo: HI993310. Modelo sonda: HI76305 (1m).
- Tensiómetro: Marca: Irrrometer, Modelo: ISR-1200.
- Camión. Será de tipo elevador con gancho para que pueda transportar contenedores de gran capacidad. Se ha seleccionado el modelo Meiller 70/20 de la marca Renault y un portacontenedor multilift de 19,6 m³ de capacidad.
- Báscula. Será de sobresuelo de forma que se evite la construcción de foso con los costes que supone. Tendrá unas dimensiones de 16x3 m y una capacidad de 40 toneladas.
- Tractor con pluma bivalva: Se ha seleccionado el modelo Atos 350 de la marca Claas. La pluma será de la misma marca, el modelo GV.
- Tractor cargador con pluma articulada: Marca: Claas, Modelo: Atos 350 Pluma: Marca: Class, Modelo: GV.
- Trituradora: Se empleará una trituradora de la marca: Hammel, modelo NZS 700 que tiene un rendimiento máximo de 70 Tm/h.

III.IV PLANIFICACIÓN

III.IV.I Diagrama de Gantt

Una vez conocidas las duraciones de cada fase es posible ordenar el orden de ejecución de las mismas y posibles solapes, ya que una vez finalizado un tramo suficientemente largo de una fase es posible comenzar con la siguiente:

La previsión del desarrollo de las distintas fases del proyecto vienen descritas en los siguientes diagramas (Figuras 17 y 18).

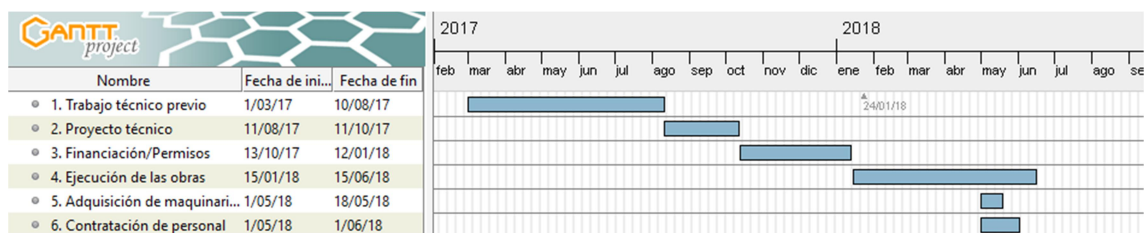


Figura 17. Diagrama de Gantt: diseño y ejecución de un plan de valorización de restos vegetales.

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

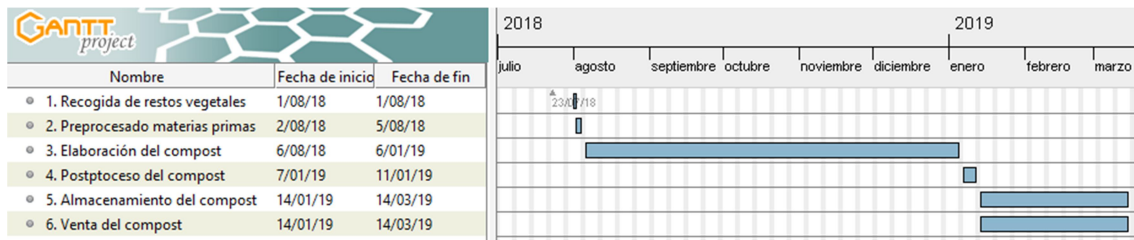


Figura 18. Diagrama de Gantt: funcionamiento planta de compost

La figura 18 muestra el intervalo de tiempo para la elaboración de la primera partida de compost. Este proceso será repetitivo con cada entrada de restos vegetales. No obstante, los tiempos son aproximados ya que al realizarse de un proceso de descomposición de materia orgánica, se ve influenciado en gran medida por las condiciones meteorológicas, materias primas, etc. pudiendo acortarse o alargarse los plazos de elaboración. También son orientativos los intervalos de preprocesado, postprocesado (afino, ensacado y paletizado) y almacenamiento que dependen de diversos factores.

III.IV.II Red de actividades: PERT

Tabla 37. Red de actividades.

Actividad	Letra	Predecesor	Tiempo
Recogida y transporte restos vegetales	A	-	< 1 día
Pesaje y control restos vegetales	B	A	< 1 día
Almacenamiento restos vegetales	C	B	< 5 días
Control estiércol	D	-	< 1 día
Almacenamiento estiércol	E	D	< 90 días*
Triturado y humectación restos vegetales	F	C	< 1 día
Formación pilas de compostaje	G	E, F	< 1 día
Compostaje (Volteos y humectación)	H	G	< 180 días**
Afino	I	H	< 1 día
Ensamado y paletizado	J	I	< 1 día***
Almacenamiento final	K	I, J	< 90 días****
Venta	L	K	< 90 días*****

*Se ha supuesto 1 día.

** Se han supuesto 165 días.

*** Al ser una etapa opcional, no se ha tenido en cuenta para simplificar el proceso.

**** Se han supuesto 30 días.

***** Se ha supuesto 1 día.

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

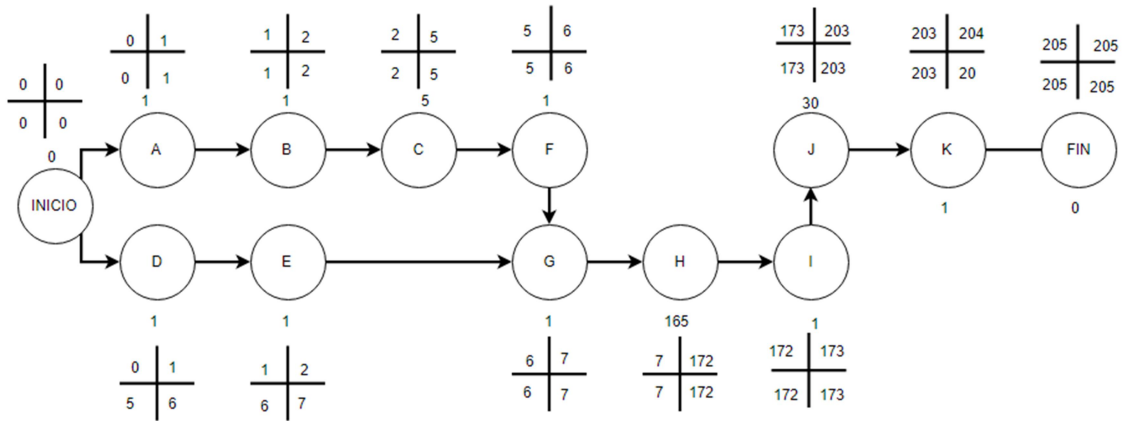


Figura 19. Diagrama PERT: funcionamiento planta de compost.

Obsérvese que existen diferencias de tiempo con respecto a la figura 17 (Diagrama de Gantt). La causa es que en el diagrama de Gantt se ha considerado el tiempo máximo por cada fase y en el diagrama de PERT se han supuesto los tiempos más probables de varias etapas.

ANEJO. IV EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA

IV.I INTRODUCCIÓN

En este documento se realiza un análisis para conocer si el proyecto de la Instalación de una planta de compostaje a partir de restos vegetales es rentable desde el punto de vista económico, es decir que genera beneficios monetarios. Este análisis consiste en estimar los costes necesarios para llevar a cabo el proyecto, con los siguientes objetivos:

- Conocer los conceptos contables a tener en cuenta.
- Estimar el capital total invertido en el mismo.
- Estimar los costes de producción.
- Valorar la rentabilidad de la instalación.
- Estos factores nos indicarán si el proyecto es viable o no.

IV.II METODOLOGÍA

Este anexo detalla la inversión proyectada, la estructura de la financiación y algunas hipótesis de partida. Después se calcula los costes, beneficios y flujos de caja anuales con varios supuestos para llegar al estudio concreto de la rentabilidad financiera de la inversión. Los criterios de evaluación van a ser:

- Criterio VAN. Valor Actual Neto.
- Criterio del TIR. Tasa Interna de Rendimiento
- Criterio del plazo de recuperación.

- **Valor Actual Neto (VAN).**

Es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados. Es decir, es igual a la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor también actualizado de los pagos. El VAN determina una rentabilidad absoluta a través de la ganancia neta generada por la inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + K)^t} - I_0$$

Dónde:

V_t : Flujo de caja del año t .

k : tipo de actualización.

I_0 : es el valor del desembolso inicial de la inversión

n : es el número de periodos considerado

Si el VAN $> 0 \Rightarrow$ Proyecto económicamente viable

Si el VAN $< 0 \Rightarrow$ Proyecto económicamente no viable

Si el VAN = 0 \Rightarrow TIR (Tasa interna de rentabilidad)

- **Tasa Interna de Rendimiento (TIR).**

Mide la rentabilidad interna que va a tener la inversión considerando que se produce un pago de la inversión y que se van a generar nuevos recursos a través de esa inversión.

Sólo interesa realizar aquellos proyectos de inversión cuyo tipo de rendimiento interno sea superior al interés del coste de los capitales.

- **Plazo de recuperación (PAY-BACK).**

Es el número de años que transcurre hasta que el sumatorio de los flujos De caja actualizados, es superior a los pagos de la inversión también actualizados.

Este criterio no proporciona información acerca de la rentabilidad de la inversión, ni proporciona ningún criterio para definir la viabilidad de la misma. Este concepto simplemente indica que, a igualdad de otras circunstancias, la inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.

IV.III VIDA UTIL

Se entiende como vida útil del proyecto, el número de años durante los que se considera que la inversión da beneficios. La vida útil de las instalaciones se ha estimado en 30 años y la de la maquinaria en 15 años.

IV.IV HIPÓTESIS DE PARTIDA

Se consideran las siguientes hipótesis de partida:

- Se parte de un contexto de certidumbre relativo al conocimiento de los pagos y cobros anuales.
- Se supone que los cobros y pagos, y por tanto los flujos de caja del año, se efectuarán y contabilizarán al final del año.
- Se acepta que las tensiones inflacionistas o deflacionistas son de un 2 % para los cobros y un 2,5 % para los pagos.

IV.V COSTES

IV.V.I *Inversión inicial*

La inversión inicial se compone de la inversión inicial en obra civil y de la inversión en equipo y maquinaria. Se desglosa a continuación cada una de las partidas.

Tabla 38. Desglose de precios fase de obras.

CONCEPTO	Unidades	Medición	Precio unidad €/m ²	Importe
PARCELA				
Compra	m ²	107300	7	751.100
LABORES PRELIMINARES				
Limpieza del terreno	m ²	65.000	0,71	46.150
ÁREA DE PREPROCESAMIENTO				
Nivelación y compactación	m ²	3.500	4,83	16.905
BALSA				
	m ²	400	50	20.000
AREA DE PROCESAMIENTO				
Nivelación y compactación	m ²	53.590	4,83	258.839,7
AREA DE POSTPROCESAMIENTO				
Nivelación y compactación	m ²	4.000	4,83	19.320
SALA DE CONTROL				
Edificación planta baja	m ²	120	290	34.800
NAVE DE ALMACENAMIENTO MAQUINARIA				

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Edificación	m ²	140	290	40.600
URBANIZACIÓN				
Zona de tránsito	m ²	48.813	0,66	32.505
Parking	m ²	100	38,32	3.832,8
Jardín	m ²	400	3	1.200
INSTALACIONES				
Eléctrica	Varios			4.000
Agua	Varios			4.000
Alumbrado exterior	Ud.	15	568,91	8.533,65
Alumbrado interior	Varios	Varios	Varios	1.080,5
VARIOS				
			10.000	10.000
TOTAL				1.252.866,9

Fuente de precios: CYPE y catálogos comerciales.

Tabla 39. Desglose de precios maquinaria.

EQUIPOS	Unidades	Precio unitario	Importe total
MAQUINARIA			
Camión Renault	1	36.500	36.500
Contenedor	1	2.500	2.500
Báscula	1	10.000	10.000
Trituradora	1	163.500	163.500
Pala cargadora	1	60.000	33.600
Grúa con pulpo	1	50.000	
Tromel	1	73.550	73.550
Ensacadora	1	3.000	3.000
Varios	1	15.000	15.000
VARIOS			
Grupo de presión	1	6.922,26	6922,26
Depósito gasoil	1	4.944,65	4.944,65
TOTAL			428.582,33

Fuente de precios: CYPE y catálogos comerciales.

Tabla 40. Desglose de precios equipos. Fuente de precios: catálogos comerciales

EQUIPOS DE CONTROL	Ud.	Precio unitario	Importe total
SENSORES			
Temperatura	8	133,40	1.067,2
pH	8	569	2.276

CE	8	615	2.460
Sonda CE 1m	8	158	632
Humedad	8	136	1.088
LABORATORIO			
Báscula	1	85	85
Estufa	1	1.035	1.035
Vasos de precipitados	3	11,59	34,77
Matraz aforado 500 ml	2	5,29	10,58
Agitador magnético	1	99	99
Varios (medida)	5	5,29	26,45
Varios (manejo de líquidos)	5	7,85	39,25
TOTAL			8.853,25

Tabla 41. Desglose de precios varios.

OTROS	Importe total
Honorarios De proyecto	1.000
Gastos de gestión y constitución	900
Gastos imprevistos	6.000
TOTAL	7.400

TOTAL INVERSIÓN = 1.697.702,48 €

- **Financiación de la inversión**

Se solicitará un préstamo de 1.697.702,48 € a una entidad bancaria, sin periodo de carencia y con un interés del 6 %. Los pagos financieros corresponden a los pagos derivados de la amortización del préstamo más los intereses. Teniendo en cuenta el importe del préstamo y el interés, supone el pago de una cuantía constante de 119.970,97 € al año, durante 15 años que dura el periodo de amortización, siendo la cuantía total devuelta de 1.799.564,63 €.

IV.V.II Costes de la explotación

La explotación comienza con la recepción en planta de los restos vegetales y termina con la extracción del compost, y la comercialización del mismo, incluyendo el transporte y compra del material soporte para la realización de la mezcla a compostar.

El mantenimiento, conservación y explotación de una planta de compostaje consiste en la realización de una serie de operaciones para garantizar su correcto funcionamiento, así como para obtener el máximo rendimiento de las instalaciones.

Estas operaciones son principalmente las siguientes:

- Vigilancia y limpieza de instalaciones.
- Cambios de aceite y engrases.
- Revisión equipos eléctricos.
- Revisión equipos mecánicos.
- Pintura partes metálicas.
- Reparaciones obra civil.
- Reparación averías.
- Análisis de los restos vegetales a la entrada.
- Control del proceso de compostaje.

La gestión de una planta de compostaje debe hacerse controlando la calidad de la materia prima y el proceso de compostaje, vigilando los rendimientos obtenidos y la marcha de los equipos, programando el mantenimiento preventivo para reducir el número de averías y en definitiva, cuidando los detalles para que no sólo el funcionamiento sea el correcto sino que el coste sea el mínimo y el aspecto de las instalaciones sea óptimo.

Los parámetros que componen la gestión de una planta son los siguientes:

- Gastos de personal.
- Conservación y reparaciones.
- Mantenimiento.
- Reposición de elementos de proceso.
- Transporte y adquisición de los materiales soporte.
- Energía.
- Diversos.

Todos los gastos pueden dividirse en costes fijos y costes variables.

- Costes fijos. No dependen de los restos vegetales que lleguen en cada momento a la planta, representan la mayor parte de los gastos que se realizan en la gestión; son los siguientes:

- Gastos de personal (excepto personal externo)
- Gastos de mantenimiento.
- Gastos de medios auxiliares.
- La mayor parte de la conservación.
- Una pequeña parte de la energía.
- Los gastos complementarios como los de seguridad, equipamiento del personal, gastos de oficina, etc.
- Gastos administrativos y varios.

Los costes variables dependen de la cantidad de restos vegetales compostados y comprenden los siguientes conceptos:

- Conservación de las máquinas funcionamiento y reparación de averías.
- La energía eléctrica de funcionamiento.
- Combustible para la maquinaria.
- Adquisición del material soporte.

A continuación vamos a analizar cada uno de estos componentes del coste de la explotación y mantenimiento de la planta de compostaje.

I.III.I.IV Personal

La organización de la empresa se basa en una estructura del personal de planta compuesta por un grupo de 5 personas, se tendrá en cuenta además los trabajos puntuales de terceras personas en la planta.

Tabla 42. Coste de personal.

PUESTO	NÚMERO	SALARIO BRUTO (€)	COSTE (€)
Ingeniero agrónomo – Director	1	50.000	50.000
Conductor	1	21.500	21.500
Auxiliar (peón)	2	19.000	38.000
Apoyo personal externo	2	6.000	12.000
TOTAL			121.500

Por tanto, la plantilla de personal en la planta estará compuesta por un total de 4 personas, todas con dedicación a tiempo completo. Además, coincidiendo con los picos de producción de restos vegetales, se contratará a 2 personas de apoyo. El coste

de mano de obra tiene gran influencia en el coste de la gestión. Este coste está sujeto a aumentos progresivos, por las reivindicaciones salariales y también por la disminución de jornada.

I.III.I.V Conservación y reparaciones

La conservación de las instalaciones es proporcional a su tamaño y el coste es independiente del de renovación de equipos. En este caso se valora en un tanto por ciento del presupuesto de la instalación.

Se incluyen en este apartado los gastos correspondientes a:

- Cambios periódicos de aceites a todas las máquinas de acuerdo con las instrucciones propias del fabricante en función de las horas previstas de funcionamiento.
- Engrase de máquinas estableciendo un plan de engrase en función de la documentación técnica de los fabricantes.
- Revisiones periódicas de mantenimiento para eliminar o limitar los riesgos de averías.
- Operaciones de reparación y sustitución de piezas que requieren medios auxiliares especiales, tales como grúas incluyendo el desmontaje de los elementos sustituidos.
- Reposición y sustitución de componentes.
- Retoques de albañilería y pintura de la obra civil.
- Retoques de carpintería metálica, viales y urbanización.
- Nivelación y compactación de las áreas de procesamiento.

Tabla 43. Coste de conservación y reparaciones.

CONCEPTO	VALOR DE LA IMPLANTACIÓN	Coste	Importe (€)
Infraestructuras*	1.697.702,48	0,15 %	2.546,55
Maquinaria	428.582,33	1 %	4.285,82
Equipos de control	8.853,25	1 %	88,53
Imprevistos			1.000
TOTAL			7.920,9

*No incluye el importe de adquisición del terreno.

I.III.I.VI Administración

En este apartado se contemplan los gastos administrativos y de funcionamiento no incluidos en los puntos anteriores:

- Utilización medios materiales. Dentro de este apartado se incluye el funcionamiento de vehículos y maquinaria: Incluye seguros, impuestos y revisiones.

Coste: 3.360,00 Euros/año.

- Seguridad e Higiene. Esta partida comprende elementos de seguridad personal, vestuario apropiado, botiquín, guantes, botas, protecciones oídos, salvavidas, cinturones de seguridad, señalización de planta, etc.

Coste: 440,00 Euros/año.

- Comunicaciones. Comprende gastos de teléfonos móviles y fax.

Coste: 1.200,00 Euros/año.

- Mensajería y correos. Comprende esta partida los gastos ocasionados por el normal envío de documentación desde la planta a la Administración, a la asesoría y con los proveedores. Coste: 288,00 Euros/año.

- Gastos de asesoría. Comprende los gastos para el pago de la asesoría encargada de realizar las nóminas. Coste: 300 €/año.

- Material de Oficina. Se engloba en este concepto todos los gastos ocasionados por el trabajo administrativo, material de oficina, mantenimiento de fotocopiadoras y fax.

Coste: 300,00 Euros/año.

- Agua Potable. Se considera el agua potable para consumo del personal de planta.

Coste: 400,00: Euros/año.

- Agua no potable: Se considera el agua para la humectación de las pilas de compostaje.

Coste: 10.000 €/año.

- Seguro de Responsabilidad Civil. Se considera una póliza de seguros de responsabilidad civil que cubre los daños a terceros por más de 300.000,00 Euros por siniestro. Coste: 1.200,00 Euros/año.

- Formación Profesional. Es muy recomendable para la empresa formar adecuadamente a su personal para mejorar su cualificación y poder dar un mejor servicio.

Coste: 1.000,00 Euros/año.

- Otros.- Se consideran, herramientas de personal, equipos de taller, material de jardinería, fitosanitarios y operarios.

Costes: 2.000 Euros/año.

Tabla 44. Coste de administración.

GASTO	IMPORTE (€)
Vehículos	3.360
Seguridad e higiene	440
Comunicaciones	1.200
Mensajería y correos	288
Asesoría	300
Material oficina	300
Agua potable	400
Agua no potable	10.000
Seguro responsabilidad civil	1.200
Formación	1.000
Otros	2.000
TOTAL	20.488

I.III.I.VII Energía

La influencia de la energía en el coste total de explotación de la planta de compostaje es muy directa. Además, en los últimos años, ha sido el parámetro que mayor aumento relativo de coste ha tenido.

El cálculo del consumo de cada maquinaria es difícil, pues depende en gran parte del trabajo que esté realizando. Se ha supuesto un rendimiento de 0,1 l/CVh para todas las máquinas. Se ha fijado el precio de 0,7 €/l de gasóleo B para calcular el coste.

Tabla 45. Coste consumo de gasoil.

EQUIPO	Potencia (CV)	Consumo (l/h)	Tiempo funcionamiento (horas/día)	Días funcionando	Consumo anual (L)	Consumo anual (€)
Camión	450	45	6	286	77.220	54.054
Tractor Haas 220	76	7,6	6	286	13.041,6	9129,12
Tractor Haas 350	103	10,3	6	286	17.674,8	12.372,3
Trituradora	350	35	8	286	80.080	56.056
Volteadora	204	20,4	8	286	46.675,2	32.672,6
Tromel	13	1,3	5	260	1.690	1.183
TOTAL					236.382	165.467

Tabla 46. Coste consumo eléctrico.

EQUIPO	Potencia (KW)	Tiempo funcionamiento (horas/día)	Días funcionando	Consumo anual (KW)
Bomba depósito	0,9	8	20	144
Bomba riego	0,9	8	286	2.059
Alumbrado interior	0,25	8	286	572
Alumbrado exterior	1,875	12	365	8.212,5
Báscula	0,5	4	286	572
Equipos de limpieza	2	2	112	336
Ensacadora	7	4	120	3.360
Tromel	7,5	5	42	1.600
TOTAL				16.855,5

A continuación se muestran los datos de la tarifa contratada, tras haber realizado un estudio comparativo en la web de la CNMC (Comisión nacional de los mercados y competencia).

Tabla 47. Tarifa eléctrica contratada.

Empresa comercializadora	Aura Energía, S.L
Tarifa	Aura Energía 3.0 A
Potencia	21,00 kW
Consumo anual	17.000kWh
Características	Discriminación horaria 3 periodos
Importe anual	2.892,17 €

Fuente: CNMC.

Total coste energético = 165.467 + 2.892,17 = 168.359 €

IV.V.II.I Materias primas

Para la elaboración de un compost de calidad y reducir el tiempo de procesado es necesaria la adición de materiales que proporcionen estructura, inóculo de bacterias, y contribuir al equilibrio de los nutrientes.

Se emplearán como materia prima estiércol caprino y ovino previamente mezclado con paja.

Tabla 47. Coste estiércol

MATERIA PRIMA	UNIDAD	PRECIO (€)	CONSUMO ANUAL (m³)	COSTE ANUAL (€)
Estiércol	m ³	10	5.313	53.130

I.III.I.VIII Embalaje

La mayor parte del compost producido se venderá a granel para aplicar directamente sobre el terreno. Pero una parte se embalará en sacos dispuestos en pallet, para su venta en centros especializados.

El coste de este embalaje se desglosa a continuación:

- Pale: 4,5 €.
- Saco de 50 L: 0,26 €.
- Saco de 80 L: 0,3 €.
- Film retráctil: 0,04 €/pale.

En cada pale se dispondrán 27 sacos en el caso de que sean de 50 L, y 16 sacos si el pale está compuesto por sacos de 80 L. Por lo tanto, el coste total por pale será:

- Pale 50 L = 4,5 € + 0,26 € x 27 + 0,04 € = 11,56 €.

- Pale 80 L= 4,5 € + 0,3 € x 13 + 0,04 € =9,34 €.

Como se verá más adelante, se prevé que las ventas de sacos supongan un 10 % del total en partes iguales, es decir, un 5 % que equivale a 900 palés de cada clase. Por tanto, el coste de embalaje asciende a:

900 palés/año x 11,56 €/pale =10.404 €.

900 palés/año x 9,34 €/pale = 8.406 €.

Total embalaje: 18.810 €.

Tabla 48: Resumen de costes anuales.

COSTE	IMPORTE (€)
Salarios	121.500
Conservación y reparaciones	7.548,89
Administración	20.488
Energía	168.359
Materias primas	53.130
Embalaje	18.810
TOTAL	390.208,07

IV.VI BENEFICIOS

Los cobros corresponden a los ingresos obtenidos de la venta del compost producido, la tasa cobrada a los agricultores por la gestión y transporte de sus restos vegetales producidos, además de unos beneficios extra por la venta del material. La comercialización e todo el compost producido será a granel y en sacos de 50 y 80 l.

IV.VI.I Extraordinarios

Los cobros extraordinarios corresponden al valor residual de la maquinaria, que se obtendrá al renovar ésta a los 15 años. El valor residual de la maquinaria se estima en el 10 % del valor de adquisición. En total, los beneficios extraordinarios se estiman en 42.858,23 €.

IV.VI.II Por gestión y transporte de los restos vegetales

Se ha estimado que el camión propio de la empresa, que tiene una capacidad máxima de 19,6 m³, realice 3 portes completos por día. Por tanto, el número de viajes estimados es de 1.001 anuales, el volumen total de restos vegetales que es capaz de transportar en 1 año (286 días) es de 16.816,8 m³, que supone un 29 % del total de restos vegetales. También se ha estimado que un 85 % de los restos vegetales incorporaran rafia plástica y el 15 % restante no incorpora rafia o es biodegradable. En la tabla 49 aparece desglosada toda la información.

Tabla 49. Beneficios por transporte y gestión.

Operación	Unidad	Precio (€)	Volumen (m ³)	Peso (Tm)	Viajes	Importe (€)
Transporte y gestión	Viaje					
- Con rafia		118,80	14.294,28	3.216,33	729	86.605
- Sin rafia o bio		90	4.696	567,56	129	11.610
Gestión	Tm					
- Con rafia		12	32818,5	7384	-	93.597
- Sin rafia o bio		6	5791,5	1303	-	8.258
TOTAL			57.600	12.960	-	200.070

Por tanto, se ha estimado en 200.070 € los ingresos debido a transporte y gestión de los restos vegetales.

I.III.IX Venta

El compost a granel se venderá por toneladas y está enfocado a actividades agrícolas, jardines públicos y campos de golf. El compost envasado se venderá por palés y está enfocado para ser vendido principalmente a viveros, grande superficies y público en general.

Se prevé que la fábrica alcance el máximo posible de ventas el tercer año. Por esto, se estima que los cobros el primer y segundo año sean del 50 y 75 % del total respectivamente.

El mercado para la venta de compost puede presentar una gran variabilidad. Este estudio contempla una serie de escenarios para acotar las diferentes posibilidades de éxito en la venta.

Tabla 50. Posibles escenarios de venta.

Precio	Volumen de ventas:	Ventas
Optimista	100 %	80 % Granel 10 % Granel 1 m ³ 5 % Sacos 50 L 5 % Sacos 80 L
Probable	80 %	
Pesimista	60 %	

Tabla 51. Número de sacos por palés.

Formato	Numero de sacos/pale
50 L	27
80 L	16

Con el análisis de los escenarios puede hacerse una amplia idea de negocio y de los márgenes entre los que se moverá el rendimiento de la Inversión.

Tabla 52. Venta del 100 % del compost producido con un precio optimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³)	Unidades venta	Precio Unidad (€)	Importe (€)
Granel	13.351,68	25.165,44	13.351,68	28	373.847
1 m ³	1.668,96	3.145,68	1.668,96	38	63.420
50 L	834,48	1.572,84	900	78	70.200
80 L	834,48	1.572,84	900	75	67.500
TOTAL	16.689,6	31.456,8			574.968

Tabla 53. Venta del 100 % del compost producido con un precio probable.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³)	Unidades venta	Precio Unidad (€)	Importe (€)
Granel	13.351,68	25.165,44	13.351,68	25,38	338.866
1 m ³	1.668,96	3.145,68	1.668,96	32,81	54.759
50 L	834,48	1.572,84	900	74,79	67.311
80 L	834,48	1.572,84	900	72	64.800
TOTAL	16.689,6	31.456,8			525.735

Tabla 54. Venta del 100 % del compost producido con un precio pesimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³)	Unidades venta	Precio Unidad (€)	Importe (€)
Granel	13.351,68	25.165,44	13.351,68	21	280.385
1 m ³	1.668,96	3.145,68	1.668,96	28	46.731
50 L	834,48	1.572,84	900	70	63.000
80 L	834,48	1.572,84	900	68	61.200
TOTAL	16.689,6	31.456,8			451.316

Tabla 55. Venta del 80 % del compost producido con un precio optimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	10.681,344	20.132,352	10.681,344	28	299.078
1 m ³	1.335,168	2.516,544	1.335,168	38	50.736
50 L	667,584	1.258,272	900	78	70.200
80 L	667,584	1.258,272	900	75	67.500
TOTAL	13351,68	25165,44			487.514

Tabla 56. Venta del 80 % del compost producido con un precio probable.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	10.681,344	20.132,352	10.681,344	25,38	271.093
1 m ³	1.335,168	2516,544	1.335,168	32,81	43.807
50 L	667,584	1.258,272	900	74,79	67.311
80 L	667,584	1.258,272	900	72	64.800
TOTAL	13.351,68	25.165,44			447.010

Tabla 57. Venta del 80 % del compost producido con un precio pesimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	10.681,344	20.132,352	10.681,344	21	224.308
1 m ³	1.335,168	2.516,544	1.335,168	28	37.385
50 L	667,584	1.258,272	900	70	63.000
80 L	667,584	1.258,272	900	68	61.200
TOTAL	13.351,68	25.165,44			385.893

Tabla 58. Venta del 60 % del compost producido con un precio optimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	8.011,008	15099,264	8011,008	28	224.308
1 m ³	1.001,376	1887,408	1001,376	38	38.052
50 L	500,688	943,704	900	78	70.200
80 L	500,688	943,704	900	75	67.500
TOTAL	10.013,76	18874,08			400.061

Tabla 59. Venta del 60 % del compost producido con un precio probable.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	8.011,008	15.099,264	8.011,008	25,38	203.319
1 m ³	1.001,376	1.887,408	1.001,376	32,81	32.855
50 L	500,688	943,704	900	74,79	67.311
80 L	500,688	943,704	900	72	64.800
TOTAL	10.013,76	18.874,08			368.286

Tabla 60. Venta del 60 % del compost producido con un precio pesimista.

Venta	Cantidad (Tm)	Cantidad (m ³ o L)	Unidades venta	Precio Unidad	Importe
Granel	8.011,008	15.099,264	8.011,008	21	168.231
1 m ³	1.001,376	1.887,408	1.001,376	28	28.039
50 L	500,688	943,704	900	70	63.000
80 L	500,688	943,704	900	68	61.200
TOTAL	10.013,76	18.874,08			320.470

Tabla 61. Resumen escenarios.

ESCENARIO	PRECIO	INGRESOS
100 % Ventas	Optimista	574.968
100 % Ventas	Probable	525.735
100 % Ventas	Pesimista	451.316
80 % Ventas	Optimista	487.514
80 % Ventas	Probable	447.010
80 % Ventas	Pesimista	385.893
60 % Ventas	Optimista	400.061
60 % Ventas	Probable	368.286
60 % Ventas	Pesimista	320.470

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 62. Desglose anual Venta del 100 % del con un precio optimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,62	-1799564,62	-1799564,6
1	287484	200070,0		390208,1		119970,98		-22625,05	-1822189,7
2	439850,52	204071,4		399963,3		119970,98		123987,67	101362,6
3	586524,86	208152,8		409962,4		119970,98		264744,36	388732,0
4	598255,35	212315,9		420211,4		119970,98		270388,85	535133,2
5	610220,46	216562,2		430716,7		119970,98		276094,99	546483,8
6	622424,87	220893,4		441484,6		119970,98		281862,73	557957,7
7	634873,37	225311,3		452521,7		119970,98		287691,98	569554,7
8	647570,83	229817,5		463834,8		119970,98		293582,63	581274,6
9	660522,25	234413,9		475430,6		119970,98		299534,53	593117,2
10	673732,70	239102,2		487316,4		119970,98		305547,48	605082,0
11	687207,35	243884,2		499499,3		119970,98		311621,27	617168,8
12	700951,50	248761,9		511986,8		119970,98		317755,62	629376,9
13	714970,53	253737,1		524786,5		119970,98		323950,22	641705,8
14	729269,94	258811,9		537906,1		119970,98		330204,71	654154,9
15	743855,34	263988,1		551353,8		119970,98		336518,69	666723,4
16	758732,44	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			77138,59	413657,3
17	773907,09	274653,2		579266,1				469294,26	546432,8
18	789385,23	280146,3		593747,7				475783,81	945078,1
19	805172,94	285749,2		608591,4				482330,75	958114,6
20	821276,40	291464,2		623806,2				488934,41	971265,2
21	837701,93	297293,5		639401,4				495594,06	984528,5
22	854455,96	303239,4		655386,4				502308,94	997903,0
23	871545,08	309304,2		671771,1				509078,18	1011387,1
24	888975,99	315490,2		688565,3				515900,89	1024979,1
25	906755,51	321800,0		705779,5				522776,08	1038677,0
26	924890,62	328236,0		723423,9				529702,71	1052478,8
27	943388,43	334800,8		741509,5				536679,64	1066382,4
28	962256,20	341496,8		760047,3				543705,69	1080385,3
29	981501,32	348326,7		779048,5				550779,56	1094485,3
30	1001131,35	355293,2		798524,7				557899,91	1108679,5
							1799564,63	TIR	14 %
								VAN	1.108.679,48
								PAY BACK	2

Tabla 63. Desglose anual Venta del 100 % del con un precio probable.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,62	-1799564,62	-1799564,6
1	262867,5	200070,0		390208,1		119970,98		-47241,55	-1846806,2
2	402187,275	204071,4		399963,3		119970,98		86324,43	39082,9
3	536302,27	208152,8		409962,4		119970,98		214521,77	300846,2
4	547028,32	212315,9		420211,4		119970,98		219161,82	433683,6
5	557968,89	216562,2		430716,7		119970,98		223843,41	443005,2
6	569128,26	220893,4		441484,6		119970,98		228566,12	452409,5
7	580510,83	225311,3		452521,7		119970,98		233329,44	461895,6
8	592121,04	229817,5		463834,8		119970,98		238132,84	471462,3
9	603963,47	234413,9		475430,6		119970,98		242975,74	481108,6
10	616042,74	239102,2		487316,4		119970,98		247857,52	490833,3
11	628363,59	243884,2		499499,3		119970,98		252777,51	500635,0
12	640930,86	248761,9		511986,8		119970,98		257734,98	510512,5
13	653749,48	253737,1		524786,5		119970,98		262729,17	520464,1
14	666824,47	258811,9		537906,1		119970,98		267759,24	530488,4
15	680160,96	263988,1		551353,8		119970,98		272824,31	540583,5
16	693764,18	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			12170,32	284994,6
17	707639,46	274653,2		579266,1				403026,62	415196,9
18	721792,25	280146,3		593747,7				408190,83	811217,4
19	736228,09	285749,2		608591,4				413385,90	821576,7
20	750952,66	291464,2		623806,2				418610,66	831996,6
21	765971,71	297293,5		639401,4				423863,85	842474,5
22	781291,14	303239,4		655386,4				429144,12	853008,0
23	796916,97	309304,2		671771,1				434450,07	863594,2
24	812855,31	315490,2		688565,3				439780,21	874230,3
25	829112,41	321800,0		705779,5				445132,99	884913,2
26	845694,66	328236,0		723423,9				450506,75	895639,7
27	862608,55	334800,8		741509,5				455899,77	906406,5
28	879860,72	341496,8		760047,3				461310,22	917210,0
29	897457,94	348326,7		779048,5				466736,18	928046,4
30	915407,10	355293,2		798524,7				472175,67	938911,8
							1799564,63	TIR	11 %
								VAN	938911,85
								PAY BACK	2

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 64. Desglose anual Venta del 100 % del con un precio pesimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,62	-1799564,62	-1799564,6
1	225658	200070,0		390208,1		119970,98		-84451,05	-1884015,7
2	345256,74	204071,4		399963,3		119970,98		29393,89	-55057,2
3	460387,45	208152,8		409962,4		119970,98		138606,95	168000,8
4	469595,20	212315,9		420211,4		119970,98		141728,70	280335,6
5	478987,10	216562,2		430716,7		119970,98		144861,63	286590,3
6	488566,85	220893,4		441484,6		119970,98		148004,70	292866,3
7	498338,18	225311,3		452521,7		119970,98		151156,79	299161,5
8	508304,95	229817,5		463834,8		119970,98		154316,74	305473,5
9	518471,05	234413,9		475430,6		119970,98		157483,32	311800,1
10	528840,47	239102,2		487316,4		119970,98		160655,25	318138,6
11	539417,28	243884,2		499499,3		119970,98		163831,20	324486,4
12	550205,62	248761,9		511986,8		119970,98		167009,74	330840,9
13	561209,73	253737,1		524786,5		119970,98		170189,42	337199,2
14	572433,93	258811,9		537906,1		119970,98		173368,70	343558,1
15	583882,61	263988,1		551353,8		119970,98		176545,96	349914,7
16	595560,26	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-86033,59	90512,4
17	607471,47	274653,2		579266,1				302858,63	216825,0
18	619620,89	280146,3		593747,7				306019,47	608878,1
19	632013,31	285749,2		608591,4				309171,12	615190,6
20	644653,58	291464,2		623806,2				312311,59	621482,7
21	657546,65	297293,5		639401,4				315438,79	627750,4
22	670697,58	303239,4		655386,4				318550,56	633989,3
23	684111,53	309304,2		671771,1				321644,64	640195,2
24	697793,77	315490,2		688565,3				324718,67	646363,3
25	711749,64	321800,0		705779,5				327770,22	652488,9
26	725984,63	328236,0		723423,9				330796,73	658566,9
27	740504,33	334800,8		741509,5				333795,54	664592,3
28	755314,41	341496,8		760047,3				336763,90	670559,4
29	770420,70	348326,7		779048,5				339698,95	676462,9
30	785829,12	355293,2		798524,7				342597,68	682296,6
							1799564,63	TIR	8 %
								VAN	682296,63
								PAY BACK	3

Tabla 65. Desglose anual Venta del 80 % del con un precio optimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,62	-1799564,62	-1799564,6
1	243757	200070,0		390208,1		119970,98		-66352,05	-1865916,7
2	372948,21	204071,4		399963,3		119970,98		57085,36	-9266,7
3	497313,03	208152,8		409962,4		119970,98		175532,53	232617,9
4	507259,29	212315,9		420211,4		119970,98		179392,79	354925,3
5	517404,48	216562,2		430716,7		119970,98		183279,01	362671,8
6	527752,57	220893,4		441484,6		119970,98		187190,42	370469,4
7	538307,62	225311,3		452521,7		119970,98		191126,23	378316,7
8	549073,77	229817,5		463834,8		119970,98		195085,56	386211,8
9	560055,25	234413,9		475430,6		119970,98		199067,52	394153,1
10	571256,35	239102,2		487316,4		119970,98		203071,14	402138,7
11	582681,48	243884,2		499499,3		119970,98		207095,40	410166,5
12	594335,11	248761,9		511986,8		119970,98		211139,23	418234,6
13	606221,81	253737,1		524786,5		119970,98		215201,50	426340,7
14	618346,25	258811,9		537906,1		119970,98		219281,02	434482,5
15	630713,17	263988,1		551353,8		119970,98		223376,52	442657,5
16	643327,43	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-38266,42	185110,1
17	656193,98	274653,2		579266,1				351581,15	313314,7
18	669317,86	280146,3		593747,7				355716,44	707297,6
19	682704,22	285749,2		608591,4				359862,03	715578,5
20	696358,30	291464,2		623806,2				364016,31	723878,3
21	710285,47	297293,5		639401,4				368177,61	732193,9
22	724491,18	303239,4		655386,4				372344,15	740521,8
23	738981,00	309304,2		671771,1				376514,10	748858,3
24	753760,62	315490,2		688565,3				380685,53	757199,6
25	768835,84	321800,0		705779,5				384856,42	765541,9
26	784212,55	328236,0		723423,9				389024,65	773881,1
27	799896,80	334800,8		741509,5				393188,02	782212,7
28	815894,74	341496,8		760047,3				397344,23	790532,3
29	832212,64	348326,7		779048,5				401490,88	798835,1
30	848856,89	355293,2		798524,7				405625,46	807116,3
							1799564,63	TIR	10 %
								VAN	807116,336
								PAY BACK	3

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 66. Desglose anual Venta del 80 % del con un precio probable.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,63	-1799564,63	-1799564,6
1	223505	200070,0		390208,1		119970,98		-86604,05	-1886168,7
2	341962,65	204071,4		399963,3		119970,98		26099,80	-60504,2
3	455994,90	208152,8		409962,4		119970,98		134214,40	160314,2
4	465114,80	212315,9		420211,4		119970,98		137248,30	271462,7
5	474417,10	216562,2		430716,7		119970,98		140291,62	277539,9
6	483905,44	220893,4		441484,6		119970,98		143343,29	283634,9
7	493583,55	225311,3		452521,7		119970,98		146402,16	289745,4
8	503455,22	229817,5		463834,8		119970,98		149467,01	295869,2
9	513524,32	234413,9		475430,6		119970,98		152536,59	302003,6
10	523794,81	239102,2		487316,4		119970,98		155609,59	308146,2
11	534270,70	243884,2		499499,3		119970,98		158684,62	314294,2
12	544956,12	248761,9		511986,8		119970,98		161760,24	320444,9
13	555855,24	253737,1		524786,5		119970,98		164834,93	326595,2
14	566972,34	258811,9		537906,1		119970,98		167907,11	332742,0
15	578311,79	263988,1		551353,8		119970,98		170975,14	338882,3
16	589878,03	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-91715,83	79259,3
17	601675,59	274653,2		579266,1				297062,75	205346,9
18	613709,10	280146,3		593747,7				300107,68	597170,4
19	625983,28	285749,2		608591,4				303141,09	603248,8
20	638502,95	291464,2		623806,2				306160,96	609302,0
21	651273,01	297293,5		639401,4				309165,14	615326,1
22	664298,47	303239,4		655386,4				312151,44	621316,6
23	677584,44	309304,2		671771,1				315117,54	627269,0
24	691136,12	315490,2		688565,3				318061,03	633178,6
25	704958,85	321800,0		705779,5				320979,43	639040,5
26	719058,02	328236,0		723423,9				323870,12	644849,5
27	733439,18	334800,8		741509,5				326730,40	650600,5
28	748107,97	341496,8		760047,3				329557,46	656287,9
29	763070,13	348326,7		779048,5				332348,37	661905,8
30	778331,53	355293,2		798524,7				335100,10	667448,5
							1799564,63	TIR	8 %
								VAN	667448,47
								PAY BACK	3

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 67. Desglose anual Venta del 80 % del con un precio pesimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado	
0							1799564,63	-1799564,63	-1799564,6	
1	192946,5	200070,0		390208,1		119970,98		-117162,55	-1916727,2	
2	295208,145	204071,4		399963,3		119970,98		-20654,70	-137817,2	
3	393649,45	208152,8		409962,4		119970,98		71868,95	51214,2	
4	401522,44	212315,9		420211,4		119970,98		73655,94	145524,9	
5	409552,89	216562,2		430716,7		119970,98		75427,42	149083,4	
6	417743,94	220893,4		441484,6		119970,98		77181,80	152609,2	
7	426098,82	225311,3		452521,7		119970,98		78917,43	156099,2	
8	434620,80	229817,5		463834,8		119970,98		80632,59	159550,0	
9	443313,22	234413,9		475430,6		119970,98		82325,49	162958,1	
10	452179,48	239102,2		487316,4		119970,98		83994,27	166319,8	
11	461223,07	243884,2		499499,3		119970,98		85636,99	169631,3	
12	470447,53	248761,9		511986,8		119970,98		87251,65	172888,6	
13	479856,48	253737,1		524786,5		119970,98		88836,17	176087,8	
14	489453,61	258811,9		537906,1		119970,98		90388,38	179224,6	
15	499242,68	263988,1		551353,8		119970,98		91906,04	182294,4	
16	509227,54	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-172366,32	-80460,3	
17	519412,09	274653,2		579266,1				214799,25	42432,9	
18	529800,33	280146,3		593747,7				216198,91	430998,2	
19	540396,34	285749,2		608591,4				217554,15	433753,1	
20	551204,26	291464,2		623806,2				218862,27	436416,4	
21	562228,35	297293,5		639401,4				220120,49	438982,8	
22	573472,92	303239,4		655386,4				221325,89	441446,4	
23	584942,37	309304,2		671771,1				222475,47	443801,4	
24	596641,22	315490,2		688565,3				223566,13	446041,6	
25	608574,05	321800,0		705779,5				224594,62	448160,8	
26	620745,53	328236,0		723423,9				225557,62	450152,2	
27	633160,44	334800,8		741509,5				226451,65	452009,3	
28	645823,65	341496,8		760047,3				227273,14	453724,8	
29	658740,12	348326,7		779048,5				228018,36	455291,5	
30	671914,92	355293,2		798524,7				228683,49	456701,9	
								1799564,63	TIR	4 %
									VAN	456701,853
									PAY BACK	3

Tabla 68. Desglose anual Venta del 60 % del con un precio optimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,63	-1799564,63	-1799564,6
1	200030,5	200070,0		390208,1		119970,98		-110078,55	-1909643,2
2	306046,665	204071,4		399963,3		119970,98		-9816,18	-119894,7
3	408102,23	208152,8		409962,4		119970,98		86321,73	76505,5
4	416264,27	212315,9		420211,4		119970,98		88397,77	174719,5
5	424589,56	216562,2		430716,7		119970,98		90464,09	178861,9
6	433081,35	220893,4		441484,6		119970,98		92519,20	182983,3
7	441742,97	225311,3		452521,7		119970,98		94561,58	187080,8
8	450577,83	229817,5		463834,8		119970,98		96589,63	191151,2
9	459589,39	234413,9		475430,6		119970,98		98601,66	195191,3
10	468781,18	239102,2		487316,4		119970,98		100595,96	199197,6
11	478156,80	243884,2		499499,3		119970,98		102570,72	203166,7
12	487719,94	248761,9		511986,8		119970,98		104524,06	207094,8
13	497474,34	253737,1		524786,5		119970,98		106454,02	210978,1
14	507423,82	258811,9		537906,1		119970,98		108358,59	214812,6
15	517572,30	263988,1		551353,8		119970,98		110235,65	218594,2
16	527923,75	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-153670,11	-43434,5
17	538482,22	274653,2		579266,1				233869,38	80199,3
18	549251,86	280146,3		593747,7				235650,44	469519,8
19	560236,90	285749,2		608591,4				237394,71	473045,2
20	571441,64	291464,2		623806,2				239099,65	476494,4
21	582870,47	297293,5		639401,4				240762,61	479862,3
22	594527,88	303239,4		655386,4				242380,86	483143,5
23	606418,44	309304,2		671771,1				243951,54	486332,4
24	618546,81	315490,2		688565,3				245471,72	489423,3
25	630917,75	321800,0		705779,5				246938,32	492410,0
26	643536,10	328236,0		723423,9				248348,19	495286,5
27	656406,82	334800,8		741509,5				249698,04	498046,2
28	669534,96	341496,8		760047,3				250984,45	500682,5
29	682925,66	348326,7		779048,5				252203,90	503188,4
30	696584,17	355293,2		798524,7				253352,74	505556,6
							1799564,63	TIR	5 %
								VAN	505556,64
								PAY BACK	3

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 69. Desglose anual Venta del 60 % del con un precio probable.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,63	-1799564,63	-1799564,6
1	184143	200070,0		390208,1		119970,98		-125966,05	-1925530,7
2	281738,79	204071,4		399963,3		119970,98		-34124,06	-160090,1
3	375688,55	208152,8		409962,4		119970,98		53908,05	19784,0
4	383202,32	212315,9		420211,4		119970,98		55335,82	109243,9
5	390866,37	216562,2		430716,7		119970,98		56740,90	112076,7
6	398683,69	220893,4		441484,6		119970,98		58121,55	114862,4
7	406657,37	225311,3		452521,7		119970,98		59475,98	117597,5
8	414790,51	229817,5		463834,8		119970,98		60802,31	120278,3
9	423086,32	234413,9		475430,6		119970,98		62098,60	122900,9
10	431548,05	239102,2		487316,4		119970,98		63362,84	125461,4
11	440179,01	243884,2		499499,3		119970,98		64592,93	127955,8
12	448982,59	248761,9		511986,8		119970,98		65786,71	130379,6
13	457962,24	253737,1		524786,5		119970,98		66941,93	132728,6
14	467121,49	258811,9		537906,1		119970,98		68056,26	134998,2
15	476463,92	263988,1		551353,8		119970,98		69127,27	137183,5
16	485993,20	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-195600,66	-126473,4
17	495713,06	274653,2		579266,1				191100,22	-4500,4
18	505627,32	280146,3		593747,7				192025,90	383126,1
19	515739,87	285749,2		608591,4				192897,68	384923,6
20	526054,67	291464,2		623806,2				193712,67	386610,4
21	536575,76	297293,5		639401,4				194467,90	388180,6
22	547307,27	303239,4		655386,4				195160,25	389628,1
23	558253,42	309304,2		671771,1				195786,52	390946,8
24	569418,49	315490,2		688565,3				196343,40	392129,9
25	580806,86	321800,0		705779,5				196827,44	393170,8
26	592423,00	328236,0		723423,9				197235,09	394062,5
27	604271,46	334800,8		741509,5				197562,67	394797,8
28	616356,88	341496,8		760047,3				197806,38	395369,0
29	628684,02	348326,7		779048,5				197962,27	395768,6
30	641257,70	355293,2		798524,7				198026,27	395988,5
							1799564,63	TIR	3 %
								VAN	395988,538
								PAY BACK	3

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 70. Desglose anual Venta del 60 % del con un precio pesimista.

Año	Beneficios venta	Transporte y gestión	Beneficios extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Pago financiero	Inversión	Flujo de caja	Acumulado
0							1799564,63	-1799564,63	-1799564,6
1	160235	200070,0		390208,1		119970,98		-149874,05	-1949438,7
2	245159,55	204071,4		399963,3		119970,98		-70703,30	-220577,3
3	326911,45	208152,8		409962,4		119970,98		5130,95	-65572,4
4	333449,68	212315,9		420211,4		119970,98		5583,17	10714,1
5	340118,67	216562,2		430716,7		119970,98		5993,20	11576,4
6	346921,04	220893,4		441484,6		119970,98		6358,90	12352,1
7	353859,46	225311,3		452521,7		119970,98		6678,07	13037,0
8	360936,65	229817,5		463834,8		119970,98		6948,45	13626,5
9	368155,39	234413,9		475430,6		119970,98		7167,66	14116,1
10	375518,49	239102,2		487316,4		119970,98		7333,28	14500,9
11	383028,86	243884,2		499499,3		119970,98		7442,78	14776,1
12	390689,44	248761,9		511986,8		119970,98		7493,56	14936,3
13	398503,23	253737,1		524786,5		119970,98		7482,92	14976,5
14	406473,29	258811,9		537906,1		119970,98		7408,06	14891,0
15	414602,76	263988,1		551353,8		119970,98		7266,11	14674,2
16	422894,82	269267,9	42858,23	565137,6	428582,3			-258699,04	-251432,9
17	431352,71	274653,2		579266,1				126739,87	-131959,2
18	439979,77	280146,3		593747,7				126378,34	253118,2
19	448779,36	285749,2		608591,4				125937,17	252315,5
20	457754,95	291464,2		623806,2				125412,96	251350,1
21	466910,05	297293,5		639401,4				124802,18	250215,1
22	476248,25	303239,4		655386,4				124101,22	248903,4
23	485773,21	309304,2		671771,1				123306,31	247407,5
24	495488,68	315490,2		688565,3				122413,58	245719,9
25	505398,45	321800,0		705779,5				121419,03	243832,6
26	515506,42	328236,0		723423,9				120318,51	241737,5
27	525816,55	334800,8		741509,5				119107,76	239426,3
28	536332,88	341496,8		760047,3				117782,37	236890,1
29	547059,54	348326,7		779048,5				116337,78	234120,2
30	558000,73	355293,2		798524,7				114769,30	231107,1
							1799564,63	TIR	-1 %
								VAN	231107,077
								PAY BACK	4

En la tabla 71 se muestra el resumen de supuestos escenarios. Como se ha comentado anteriormente, el proyecto es económicamente viable si el VAN > 0 y el TIR es superior a los intereses de capital (6 %).

Tabla 71. Viabilidad de los escenarios planteados.

Escenario	TIR	VAN	PAY-BACK	VIABILIDAD
Venta del 100 % del compost a un precio optimista	14 %	1.108.679,479	2	SI
Venta del 100 % del compost a un precio probable	11 %	938.911,8496	2	SI
Venta del 60 % del compost a un precio pesimista	8 %	682.296,629	3	SI
Venta del 80 % del compost a un precio optimista	10 %	807.116,336	3	SI
Venta del 80 % del compost a un precio probable	7 %	667.448,47	3	SI
Venta del 80 % del compost a un precio pesimista	4 %	456.701,853	3	NO
Venta del 60 % del compost a un precio optimista	5 %	505.556,641	3	NO
Venta del 60 % del compost a un precio probable	3 %	395. 988,538	3	NO
Venta del 60 % del compost a un precio pesimista	-1 %	231.107,077	4	NO

Con toda esta información, se puede concluir que el proyecto en un gran número de escenarios es viable.

ANEJO. V EVALUACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL

V.I INTRODUCCIÓN

La creciente problemática medioambiental asociada a la ejecución de proyectos y obras públicas y privadas ha derivado en la necesidad de abordarlos con la previa o simultánea realización de un estudio de evaluación de los posibles efectos que sobre el entorno implica su ejecución.

La evaluación del impacto ambiental constituye una técnica generalizada en todos los países industrializados, recomendada por organismos internacionales tales como PNUMA, OCDE, CEPE y CEE, que las han reconocido como el instrumento más adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente.

V.II NORMATIVA

La regularización de la Evaluación del Impacto Ambiental cuenta en el Derecho Comunitario con una directiva sobre evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente (2011/92/UE). En dicha directiva no aparece mención alguna a las plantas de valorización de restos vegetales. Entre las muchas actividades que sí aparecen destacan por tener cierta relación la conversión de áreas en zonas agrícolas intensivas y en áreas para almacenar lodos. Por tanto, no es necesario realizar una EIA según las normativas europeas.

La regulación estatal en lo referente a impactos ambientales está compuesta por las siguientes leyes.

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre de 2007, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Esta ley fue publicada en el BOE el 16 de noviembre de 2007. Tiene por objeto establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. En el anexo IV "Catálogo de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera" se encuentran las plantas de compostaje (1.12.6) y la producción de compost (09 10 05).

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre de 2013, de evaluación ambiental.

Según Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental se especifica en su Anexo II, las Instalaciones de eliminación o valorización de residuos no incluidas en el anexo I que no se desarrollen en el interior de una nave en polígono industrial, o con cualquier capacidad si la actividad se realiza en el exterior o fuera de zonas industriales debe realizarse un Estudio de Impacto Ambiental. Aunque no queda muy claro en ninguno de los dos anexos si se debe realizar, pero dentro del marco de ecología y sostenibilidad en el que se desarrolla este proyecto, se ha redactado el siguiente anejo, Estudio de Impacto Ambiental.

- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión integrada de la Calidad ambiental modificada por el Decreto Ley 3/2015.

El artículo 36 del Decreto Ley 3/2015 modifica el artículo 36 que dice que se encuentran sometidos a evaluación ambiental estratégica ordinaria los planes y programas en materia de gestión de residuos, entre otros.

V.III OBJETO DEL ANEJO

El objeto del presente Anejo es analizar, desde un punto de vista medioambiental y social el proyecto constructivo que se ha titulado “Valoración de restos vegetales de invernadero, el compostaje”, a ejecutar en el término municipal de Níjar, en la provincia de Almería, de forma que se identifiquen y evalúen los efectos ambientales y sociales que sobre el entorno pueda producir la ejecución de las obras.

V.IV METODOLOGÍA

Tal y como exige el artículo 35 de la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, este estudio contendrá la siguiente información:

- a) Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales.
- b) Exposición de la alternativa seleccionada y justificación de las principales razones de selección, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- c) Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución y explotación de la planta.

d) Medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.

Para simplificar el proceso desde un punto de vista funcional solo se ha propuesto una alternativa.

V.V ANÁLISIS GENERAL

La elección del emplazamiento es una fase crítica del proyecto. Debe responder a criterios como la protección de áreas edificadas o declaradas de interés medioambiental, cercanía a la fuente de materia prima (estiércol), cercanía del lugar de abastecimiento de los restos vegetales producidos a fin de evitar impactos adicionales en los diferentes transportes de energía y la consecuente reducción de costes asociadas a las medidas citadas. También es importante tener en cuenta la distancia a los compradores del compost.

La parcela donde se desarrollará la planta de compostaje se sitúa en el término municipal de Níjar, cercana a la población de Ruescas. El uso del suelo predominante en la zona es agrícola, concretamente agricultura intensiva en invernadero. En términos generales, esta planta afectará positivamente a la zona debido a la gestión de los restos vegetales producidos en la misma sin a priori, tener efectos negativos relevantes como para descartar la actividad en dicho emplazamiento. El área de impacto de este proyecto es de difícil estimación, aunque no obstante, comprende toda la zona de invernaderos que usaran los servicios de la planta de compostaje.

Este proyecto contará con dos grandes etapas, las cuales se resumen a continuación:

1. Ejecución de obras

- Acondicionamiento del terreno: Comprende el desbroce del terreno en el entorno de las obras, el desmonte y terraplenado practicados en el terreno hasta conseguir las pendientes revistas, además de la excavación para la construcción de una balsa y canaletas.
- Ejecución del firme: Comprende el compactado del firme con los objetivos ya descritos en los puntos anteriores.
- Obras de edificación: Comprende la construcción de la oficina, zona de descanso del personal, balsa y el vallado perimetral de la parcela.

- Trabajos auxiliares: Comprende un variado número de trabajos previos a la apertura y funcionamiento de la planta. Destacan la instalación eléctrica, de agua, saneamiento, ajardinamiento, etc.

2. Actividad de la planta

- Recogida y recepción de materia prima
- Preprocesado de la materia prima
- Compostaje
- Postprocesado
- Venta

V.VI EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

V.VI.I Introducción

La ubicación de la planta de compostaje de restos vegetales en la parcela de referencia producirá los siguientes efectos:

- Alteración estética del paisaje y de la perspectiva visual.
- Posible contaminación por olores y ruidos.
- Construcción de una infraestructura con carácter ecológico.

V.VI.II Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes

El proceso de identificación de impactos deriva del estudio de las interacciones entre las acciones contempladas en el proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales y sociales afectados en cada caso.

De entre las acciones susceptibles de producir impactos, se establecen dos relaciones definitivas, una para cada periodo de interés considerado, es decir, acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción y acciones que puedan ser causa de impactos durante la fase de funcionamiento o explotación, es decir, con el proyecto ejecutado.

Tabla 72. Acciones que causan impactos.

ACCIONES IMPACTANTES	
Fase de ejecución de obras	Fase de explotación
Modificación del hábitat	Entrada de materias primas (restos vegetales, estiércol)
Alteración de la cubierta terrestre	Pretratamientos (Triturado, humectación)
Alteración de la vegetación	Compostaje (Volteo de las pilas, humectación)
Excavación	Postratamiento (Afino, ensacado y paletizado)
Compactación del suelo	Evacuación de efluentes (caudal de agua evacuada, reutilización de agua, vertidos, contaminación de acuíferos)
Circulación de vehículos	En general para todo el proceso (ruidos, vibraciones, olores, sanidad, control biológico, coste, averías, riesgos t
Emisión de polvo	accidentes, previsión de exceso)
Construcción – Materiales empleados	
Equipo e instalación eléctrica	
Montaje y obra de ingeniería	
Producción de ruido y vibraciones	
Alteraciones drenaje	
Coste proyecto	
Recubrimientos de superficie	
Vías de acceso	
Plantaciones	

Tabla 73. Factores impactados.

FACTORES IMPACTADOS	
Medio natural	Medio socioeconómico
Atmósfera: (contaminación atmosférica y sonora, polvo en suspensión, olores)	Usos del territorio (cambios de uso de la zona afectada, cultivos)
Suelo: (topografía, textura/permeabilidad)	Humano (calidad de vida y bienestar, salud y seguridad, molestias y olores)
Agua (alteración en la recarga de acuíferos, contaminación acuíferos)	Economía y población (empleo, renta per cápita, gastos, beneficios económicos, economía local, productividad agrícola, aprovechamiento y reutilización del recurso, consumo energético)
Vegetación (desaparición cubierta vegetal, diversidad, estabilidad ecosistema)	
Fauna (presencia, estabilidad ecosistema)	
Medio perceptual (vistas y paisaje, elementos singulares)	

Se ha considerado como metodología de identificación de impactos, el Análisis Matricial Causa-Efecto (Leopold), modificada, adaptándola a las condiciones

de interacción entre las actividades del compostaje y los factores ambientales, permitiendo identificar y ponderar los impactos de la actividad generados por el proyecto sobre su entorno.

En este sentido se ha elaborado una matriz de calificación de impactos ambientales, tabla 74, que se generan producto de las fases de obras y explotación. Cada una de esas fases contiene las acciones potenciales de producir impactos (columnas). Por otro lado, en las filas se muestran los factores ambientales susceptibles de sufrir impactos, haciendo una clasificación con el medio natural y socioeconómico, y los parámetros potenciales (filas).

Por otro lado se ha elaborado una matriz de evaluación Causa-Efecto (Leopold) en la cual se analizan las interacciones entre las acciones de esta actividad y los factores ambientales de su entorno posiblemente afectados.

Tabla 74. Matriz de calificación de impactos

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS																			
			1. Fase de edificación								2. Fase de explotación							Resultados ambientales				
Categoría	Componente ambiental	Acciones Parámetros	Requerimiento de mano de obra	Movimiento de tierras	Circulación de vehículos	Ajardinamiento	Edificación	Obras auxiliares	Generación de residuos	Requerimiento de personal	Retirada restos vegetales agrícolas	Uso de maquinaria y vehículos	Preprocesado	Compostaje	Post-procesado	Venta compost	Impacto	Valores positivos	Valores negativos	Total de impactos		
FACTORES AMBIENTALES Y SOCIALES	Medio natural	1. Tierra	Calidad del suelo		-1	-1	1	-1	-1			-1				1	-4	2	6	8		
		2. Agua	Calidad del agua superficial		-1		1			-1							1	0	2	2	4	
			Calidad del agua subterránea				1			-1				-1	-1		1	-2	2	4	6	
			Disminución recursos hídricos												-1		1	0	1	1	2	
		3. Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas, olores)		-1	-1	1	-1	-1	-1		1	-1	-1	-1				-6	2	8	10
			Contaminación acústica			-1							-1		-1	-1			-4	0	4	4
		4. Flora	Diversidad y abundancia		-1	-1	1								1			1	1	3	2	5
			Modificación del hábitat		-1	-1	1	-1	-1				-1					1	-3	2	5	7
		5. Fauna	Diversidad y abundancia		-1	-1	1								1			1	1	3	2	5
	Modificación del hábitat			-1	-1	1	-1	-1				-1					1	-3	2	5	7	
	Medio socioeconómico	6. Economía	Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	14	0	14	
			Incremento de impuestos	1		1				1	1			1					6	6	0	6
			Cambio en el valor de la tierra		1				1	1			1					1	5	5	1	6
		7. Agricultura	Productividad agrícola										1					1	2	2	0	2
			Sanidad agrícola										1		1	1		1	4	4	0	4
			Fertilidad suelos agrícolas										1					1	2	2	0	2
		8. Social	Estético/paisajístico		-1		1	-1	-1	-1			1		-1				-3	2	5	7
			Ecología		-1		1	-1	-1	-1			1	-1		1		1	-1	4	5	9
Resultado de las acciones		Impacto	2	-7	-5	11	-3	-3	-5	2	8	-4	-1	1	-1	14	9					
		Valores positivos	2	2	2	11	3	3	1	2	8	2	2	5	1	14		58				
		Valores negativos	0	9	7	0	6	6	6	0	0	6	3	4	2	0				-49		
		Total de impactos	2	11	9	11	9	9	7	2	8	8	5	9	3	14						107

V.VI.III Valoración de impactos

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que, presumiblemente, serán impactados por aquellas. La matriz de importancia permitirá una valoración cualitativa

Para la valoración de impactos se tienen en cuenta los siguientes componentes, tal y como describe Conesa (1993):

Signo: Se refiere a la repercusión que va a tener el impacto sobre el medio. Podrá ser:

- Signo +: Impacto Positivo.
- Signo -: Impacto Negativo.

Intensidad: Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.

- Valor 1: baja (afección mínima).
- Valor 2: media.
- Valor 4: alta.
- Valor 8: muy alta.
- Valor 16: total (destrucción total del factor).

Extensión: Se refiere al área de influencia teórica del impacto. Podrá tener los siguientes valores:

- Valor 1: Puntual (la acción produce un efecto muy localizado).
- Valor 2: Parcial.
- Valor 4: Extenso.
- Valor 8: total (la acción tiene una influencia generalizada en todo).

Momento: se refiere al plazo de manifestación del impacto entre la acción y el efecto sobre el factor considerado.

- Valor 1: Largo plazo.
- Valor 2: Medio plazo.
- Valor 4: Inmediato.

Persistencia: Se refiere al tiempo que permanecería supuestamente el efecto a partir de su aparición.

- Valor 1: Fugaz (menos de 1 año).

- Valor 2: Temporal (entre 1 y 3 años).
- Valor 4: Pertinaz: (entre 4 y 10 años).
- Valor 8: Permanente (más de 10 años).

Reversibilidad: Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales.

- Valor 1: Corto plazo.
- Valor 2: Medio plazo.
- Valor 3: Largo plazo.
- Valor 8 Irreversible.
- Valor 20: Irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como humana).

Medidas Correctoras: Se refiere a la posibilidad de mitigar en cierto grado el impacto mediante la adopción de medidas correctoras y se testimonia de manera temporal:

- N: no existe posibilidad.
- P: en fase de proyecto.
- O: En fase de ejecución de obras.
- F: En fase de funcionamiento.

A cada uno de estos componentes se le asigna un peso, para llevar a cabo su evaluación.

Se resume en la tabla 75 el peso asignado a cada componente y los posibles valores de éste. Además, se ha asignado la importancia del impacto, es decir, la importancia del efecto de una acción sobre un factor.

Tabla 75. Peso asignado en la determinación de la importancia del impacto.

SIGNO (S)		INTENSIDAD (I) (Destrucción)	
Impacto beneficioso +1		Baja 1	Muy alta 8
Impacto perjudicial -1		Media 2	Total 16
		Alta 4	
EXTENSIÓN (E) (Área de influencia)		MOMENTO (M) (Comienzo del efecto – aparición de la acción)	
Puntual 1	Total 4		Largo plazo 1
Parcial 2	Crítico ≤ 8		Medio plazo 2
Extenso 3			Inmediato 4

PERSISTENCIA (P) (Permanencia del efecto)	REVERSEIBILIDAD (R) (Reconstrucción)
Fugaz 1 Temporal 2 Pertinaz 4 Permanente 8	Corto plazo 1 Medio plazo 2 Largo plazo 4 Irreversible 8 Irrecuperable 20
MEDIDAS CORRECTORA (MC)	IMPORTANCIA
En proyecto P En obra O En funcionamiento F Sin posibilidad N	$\pm 1 \times (3I + 2E + M + P + R)$

Fuente: Conesa, 1993.

El valor numérico que resulta de la suma de los valores que adopta cada componente de impacto, afectados por el peso, se denomina Importancia.

La evaluación de los impactos se realiza en los términos indicados en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, en función del valor obtenido para el concepto Magnitud:

- Impacto ambiental compatible: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- Impacto ambiental moderado: Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- Impacto ambiental severo: Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- Impacto ambiental crítico: Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Para simplificar el proceso, se considerará impacto significativo todo aquel que sea valorado como impacto severo o crítico. En caso contrario el impacto se considerará no significativo.

Tabla 76. Clasificación de los impactos según su magnitud.

EVALUACIÓN	VALORACIÓN (Mínimo 8 - Máximo 100)
Irrelevante	< 25
Moderado	25 -50
Severo	50 -75
Crítico	> 75
CONSIDERACIÓN	
No significativo	Impacto compatible o moderado
Significativo	Impacto severo o crítico

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje

Tabla 77. Matriz de importancia FASE 1: EJECUCIÓN DE OBRAS		Acciones		Requerimientos mano de obra	Movimiento de tierras	Circulación de vehículos	Ajardinamiento	Edificación	Obras auxiliares	Generación de residuos																																								
		Parámetros																																																
C. ambiental		C. valoración		I	E	M	P	R	MC	I	E	M	P	R	MC	I	E	M	P	R	MC	I	E	M	P	R	MC	I	E	M	P	R	MC	I	E	M	P	R	MC											
Medio natural	1. Tierra	Calidad del suelo								4	4	4	8	8	P	2	2	4	1	1	O	8	4	2	8	1	P	4	2	4	8	8	N	4	2	4	8	8	P	8	2	4	1	1	O					
	2. Agua	Calidad del agua superficial								2	2	4	2	4	P																									8	2	4	1	1	O					
		Calidad del agua subterránea																																	8	2	4	1	1	O										
	3. Atmósfera	Disminución recursos hídricos																																																
		Calidad del aire								2	2	4	1	1	O	2	2	4	1	1	O	4	4	2	8	1	N	2	2	4	1	1	N	4	2	4	1	1	N	4	2	4	1	1	O					
	4. Flora	Contaminación acústica													2	2	4	1	1	O																														
		Diversidad y abundancia							8	1	2	2	4	F	1	1	4	1	1	P	8	4	2	8	1	P																								
	5. Fauna	Modificación del hábitat							4	1	2	2	4	F	1	1	4	1	1	P	4	4	2	8	1	P	2	1	2	8	4	N	4	2	4	4	4	N												
Diversidad y abundancia							8	1	2	2	4	F	1	1	4	1	1	P	8	4	2	8	1	P																										
Medio socioeconómico	6. Economía	Modificación del hábitat							4	1	2	2	4	F	1	1	4	4	4	P	4	4	2	8	1	P	2	1	2	8	4	N	4	2	4	4	4	N												
		Generación de empleo		8	4	4	1	1	N	4	2	1	1	1	N	2	1	4	1	1	P	2	2	4	1	1		4	4	4	1	1	N	8	2	4	1	1	N	4	2	4	1	1	O					
		Incremento de impuestos		8	2	4	1	1	N							2	1	4	1	1	N							4	2	4	8	8	N	8	2	4	1	1	N											
	7. Agricultura	Cambio en el valor de la tierra							2	2	2	4	4	N													4	2	2	8	2	N	10	2	2	7	8	N												
		Productividad agrícola																																																
		Sanidad agrícola																																																
	8. Social	Fertilidad suelos agrícolas																																																
		Estético/paisajístico							8	2	4	8	8	P							8	2	2	8	8	N	8	2	4	8	8	N	8	2	4	8	8	N	6	2	4	1	1	O						
Ecología							8	2	4	8	8	P							8	2	2	8	8	P	8	2	4	8	8	P	4	2	4	8	8	P	8	2	4	1	1	O								

Tabla 78. Importancia del impacto

			ACCIONES CON EFECTOS															
			1. Fase de edificación							2. Fase de explotación								
Categoría	Componente ambiental	Acciones Parámetros	Requerimiento mano de obra	Movimiento de tierras	Circulación de vehículos	Ajardinamiento	Edificación	Obras auxiliares	Generación de residuos	Requerimiento de personal	Retirada restos vegetales	Uso de Maquinaria y vehículos	Preprocesado	Compostaje	Postprocesado	Venta compost		
			FACTORES AMBIENTALES	Medio natural	1. Tierra	Calidad del suelo		40	16	43	36	36	34	0	0	20	0	0
2. Agua	Calidad del agua superficial				20	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	30
	Calidad del agua subterránea				0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	12	18	12	30
	Disminución recursos hídricos				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	24
3. Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas, olores)				16	16	31	16	22	22	0	26	38	12	18	0	0	0
	Contaminación acústica				0	16	0	0	0	0	0	0	26	0	14	14	0	0
4. Flora	Diversidad y abundancia				34	11	43	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	30
	Modificación del hábitat				22	11	31	22	28	0	0	0	22	0	0	0	0	30
5. Fauna	Diversidad y abundancia				34	11	43	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	30
	Modificación del hábitat			22	17	31	22	28	0	0	0	22	0	0	0	0	30	
6. Economía	Generación de empleo			38	19	14	16	26	34	22	38	34	22	12	14	14	30	
	Incremento de impuestos			34	0	14	0	36	34	0	34	0	22	0	0	0	0	
	Cambio en el valor de la tierra				20	0	0	40	48	0	0	21	0	0	0	0	42	
7. Agricultura	Productividad agrícola				0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	42	
	Sanidad agrícola				0	0	0	0	0	0	0	22	0	26	26	0	42	
	Fertilidad suelos agrícolas				0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	42	
8. Social	Estético/paisajístico				48	0	46	48	48	22	0	34	0	20	0	0	0	
	Ecología				48	0	46	48	36	34	0	34	38	0	38	0	42	

V.VI.IV Análisis de resultados

Según la importancia de los impactos, cuantificados en la tabla 78, se han clasificado (tabla 79).

Tabla 79. Resultados de valoración de impactos.

Calificación del impacto	Valoración	Nº de impactos	%
< 25	Irrelevante	45	42
25 -50	Moderado	62	58
50 -75	Severo		0
> 75	Crítico		0
TOTAL		107	100

Todos los impactos detectados son irrelevantes o moderados, por lo tanto las medidas correctoras que se deberán aplicar garantizan una minimización de los mismos de forma considerable.

V.VI.V Discusión

- **Impactos sobre la tierra**

Los principales efectos sobre el suelo se producirán durante la fase de construcción, produciéndose alteraciones del mismo debido a:

1. Movimiento de tierras, por la necesidad de ejecutar excavaciones, rellenos y nivelaciones.
2. Recubrimiento e impermeabilización de superficies, por el acopio de materiales.
3. Construcción de las infraestructuras necesarias (edificios, instalación eléctrica etc.)
4. Los jardines creados en el interior de la planta tienen un efecto positivo en la tierra, mejorando sus propiedades.

Las obras alterarán localmente el subsuelo, pero la escasa profundidad de influencia no repercutirá en los estratos geológicos.

No obstante, durante la fase de explotación de la planta, la tierra también se ve afectada. Esto es debido principalmente a:

- Tránsito de maquinaria y vehículos
- Venta del compost

- **Impactos sobre el agua**

Durante la fase de obras, los vehículos y maquinaria empleados así como los residuos generados durante toda esta fase pueden contaminar el agua mediante vertidos accidentales (superficial y subterránea) debido a la mezcla de ésta con carburantes, aceites y residuos en general, que pueden estar en contacto en algún momento.

En las fases de preprocesado, procesado y postprocesado de compostaje tienen lugar impactos, irrelevantes, sobre la calidad del agua subterránea debido a posibles filtraciones. También existe un impacto irrelevante en la fase de compostaje debido al consumo de agua necesaria para la humectación de las pilas, disminuyendo los recursos hídricos. Sin embargo, también existe un impacto positivo debido a los recursos hídricos a causa de que con la venta y aplicación del compost, la tierra donde se aplica mejora su estructura y reduce la pérdida de agua.

- **Impactos sobre la atmósfera**

Dentro de este punto se analizan dos tipos de efectos: la contaminación atmosférica producida por gases, olores y partículas; y la acústica, generadas a causa de las actividades que tienen lugar en la zona de influencia del proyecto durante las fases de construcción y explotación.

Contaminación atmosférica: Durante la fase de ejecución de las obras se producirá un aumento del nivel de partículas en el aire por emisión de polvo debido a los trabajos de movimiento de tierras en general y al tránsito de la maquinaria utilizada. Asimismo se producirá una emisión de gases en los escapes de la citada maquinaria. Del mismo modo, durante la fase de explotación de la planta, se producirán las mismas emisiones. El ajardinamiento de la planta contrarresta los impactos negativos, creciendo especies vegetales que mejoran la calidad de la atmósfera. La contaminación odorífera tiene lugar principalmente durante la fase de explotación a causa de los procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica emitiendo fuertes olores desagradables en algunos casos si el proceso no se realiza correctamente.

Contaminación acústica: Tanto en la fase de ejecución como de explotación, se producirá un incremento de los niveles sonoros que actualmente se generan en la zona de afección del proyecto, debido al tránsito y al propio funcionamiento de la maquinaria utilizada.

- **Impactos sobre la flora y la fauna**

La modificación del terreno y su posterior uso influye en la flora y fauna presente en la parcela consecuencia de las actividades para la ejecución de las obras y desarrollo de la actividad de la planta.

En la zona no existe vegetación de tipo arbórea. Gran parte de la parcela ha sido sometida a la acción del hombre y únicamente crecen algunas plantas adventicias. En el resto se pueden encontrar vegetación herbácea común en la zona.

Con la construcción de la planta se creará una zona ajardinada donde se instalarán especies endémicas del cercano Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (*Dianthus charidemi*, *Antirrhinum charidemi*, *Chamaerops humilis* L. etc.)

La planta de compostaje se sitúa cerca de dos zonas de alto valor ecológico, las playas de las Amoladeras del Charco y de las Salinas, y de las Salinas de Cabo de Gata. Las Salinas son empleadas por más de 100 especies como lugar de descanso en su proceso migratorio o como lugar permanente de residencia.

No obstante, la planta de compostaje se encuentra a más de 2 Km de la costa y a más de 4 km de las salinas, por lo que estas especies de aves no se encontrarán en peligro.

- **Impacto sobre la economía**

EL uso del suelo con la realización de este proyecto es modificado, pasa de ser una parcela catalogada como pastizal a emplearse para la elaboración de compost, aumentando el valor de la tierra.

Se crea por tanto una industria que tiene un impacto económico en la zona con una notable demanda de empleos directos e indirectos

- **Impacto visual**

Se produce una modificación del paisaje al haber una planta de compostaje donde antes era un pastizal. Además, con la retirada de los restos vegetales de las explotaciones, se evita que estos acaben en ramblas y otros lugares no destinados a tal fin, por lo que el paisaje de la zona se ve modificado.

- **Impacto sobre la agricultura**

Este proyecto se ha concebido como una solución a los restos vegetales provenientes de invernadero, por lo tanto el fin final es que tenga un impacto positivo en la agricultura de la zona. Desde la retirada de los restos vegetales de las explotaciones agrícolas hasta la posterior venta y aplicación del compost final se producen una serie de impactos positivos en la agricultura de la zona, aumentando la sanidad vegetal reduciendo los focos de plagas y enfermedades de la zona, así como mejorar los suelos agrícolas, aumentando su fertilidad y aumentando el rendimiento de los cultivos.

Este proyecto se ha concebido como una solución a los restos vegetales provenientes de invernadero, por lo tanto el fin final es que tenga un impacto positivo en la

agricultura de la zona. Desde la retirada de los restos vegetales de las explotaciones agrícolas hasta la posterior venta y aplicación del compost final se producen una serie de impactos positivos en la agricultura de la zona, aumentando la sanidad vegetal reduciendo los focos de plagas y enfermedades de la zona, así como mejorar los suelos agrícolas, aumentando su fertilidad y aumentando el rendimiento de los cultivos.

V.VI.VI Medidas correctoras

En relación con los aspectos analizados en los puntos anteriores se pueden describir criterios de diseño y la incorporación de medidas correctoras de mayor importancia para asegurar una casi nula afección al medio ambiente y social de la infraestructura de compostaje.

Los posibles inconvenientes de la instalación de la planta de compostaje se describen en los siguientes puntos.

- **Producción de polvo.**

Las excavaciones y movimientos de tierra se reducirán a las superficies estrictamente necesarias para reducir la producción de polvo durante la fase de ejecución de las obras. Además, se procederá al riego de las zonas de circulación de camiones y maquinaria en general, y se mantendrá una buena limpieza general de las obras.

Durante el transporte de los restos vegetales o del compost final, estos deberán viajar en contenedores tapados para evitar la emisión de polvo o pérdida de materiales.

- **Consumo de combustible y emisión de gases de efecto invernadero.**

Las personas que manejen la maquinaria deberán recibir, antes de desempeñar su puesto, un curso de eficiencia energética. De esta forma se reducirá el consumo y por tanto se reducirán los gases contaminantes emitidos. Los viajes que realice el camión deben ser diseñados para aprovecharlos al máximo.

- **Olores.**

Uno de los principales problemas que generan las plantas de compostaje son los olores. Estos son producidos por una mala gestión en el proceso de compostaje, debido a un insuficiente control de las pilas.

Para evitar los problemas, se llevará un estricto control de la pila por parte de los trabajadores de la planta, sobre todo la relación C/N que evitará la emanación de amoníaco, y el contenido de oxígeno, que evitará la liberación de metano.

- **Vertidos y aguas contaminantes.**

Los efluentes y agua de lluvia, como ya se ha comentado, serán almacenados en la balsa y empleados para humectar las pilas de compostaje durante el volteo.

Las aguas de los grifos y duchas serán vertidas en la balsa y también serán reutilizados en el proceso de compostaje, únicamente se emplean jabones naturales que no tienen efectos negativos. Las aguas fecales de los inodoros se verterán a la red de saneamiento.

En cuanto a los grifos instalados en el laboratorio, está prohibido verter productos químicos por el desagüe que pudieran contaminar o perjudicar el compost final. Para evitar esto, se dispondrá en el laboratorio de un bidón o contenedor donde el técnico podrá verter los compuestos químicos que no pueda tirar por el desagüe. Una vez lleno el contenedor será gestionado por una empresa especializada.

Las aguas sucias generadas durante la limpieza de la zona no industrial (despachos, vestuarios...) y la zona industrial, para que puedan ser vertidas al depósito de lixiviados por los desagües deberá realizarse esta limpieza con productos biodegradables.

- **Vectores de plagas y enfermedades enfermedad.**

Los restos orgánicos que se reciban en la planta de compostaje pueden ser vectores de plagas y enfermedades. Para evitar su propagación se deberá dotar al peón de las medidas de seguridad necesarias. También se tendrá que llevar un programa de desratización, colocación de cebos para roedores y desinfección, y sobre todo el control de la temperatura durante el compostaje, para asegurar de este modo la esterilidad y seguridad del compost final.

- **Generación de residuos no peligrosos.**

Durante la jornada laboral se generarán una serie de residuos que son considerados como no peligrosos y deben ser gestionados debidamente.

El papel y cartón, proveniente de la correspondencia y de las impresiones principalmente, serán depositados en un contenedor para posteriormente depositarlo

en un contenedor azul de reciclaje. Además, para reducir el número de impresiones, todas las que se pueda se realizarán a doble cara y con papel reciclado.

Los envases ligeros serán depositados en otro contenedor para que posteriormente sean depositados en un contenedor amarillo.

Los residuos orgánicos serán recogidos en otro contenedor y serán añadidos a las pilas de compostaje, realizándose una gestión in situ.

El vidrio se recogerá en un contenedor de forma que una vez lleno pueda vaciarse en un contenedor verde de recogida de vidrio.

La mayoría de estos residuos, excepto el papel y cartón, se generarán en el área de descanso, por lo que en esa zona se colocarán los contenedores. En el supuesto que se generen otros residuos no peligrosos, el ingeniero agrónomo será el responsable de habilitar contenedores donde depositarlos y planificar su gestión.

- **Generación de residuos peligrosos.**

La planta generará una serie de productos que deberán ser tratados por empresas específicas. Para la gestión de estos residuos dentro de la planta se instalará un punto limpio con los diferentes contenedores para cada residuo.

Los residuos peligrosos que pueden generarse en la planta son bombillas, pilas, materiales con aceite y grasa, y sobre todo, restos plásticos contenidos en los restos vegetales: rafia y anillas principalmente. En este último caso, la rafia y anillas pasarán a una empresa de gestión de plásticos para su reutilización.

Además, debido a la presencia de maquinaria en la planta se dispondrán en varios puntos de la nave recipientes con material absorbentes (serrín, sepiolita) para poder contener, absorber y recoger cualquier vertido de aceite por parte de alguna de las máquinas. El material absorbente una vez manchado se depositará en el contenedor correspondiente a los materiales con aceite o grasa.

- **Consumo eléctrico.**

Para reducir el consumo eléctrico se llevaran a cabo las siguientes medidas:

- Empleo de leds en la zona no industrial.
- Las zonas con más requerimientos lumínicos tendrán ventanas al exterior de forma que pueda aprovecharse la luz natural durante el día.

- La iluminación exterior solamente estará encendida durante el periodo nocturno.
 - Se apagarán siempre todos los equipos: ordenador, impresoras, etc. al final de la jornada y cuando no se utilizan, incluso si van a estar inactivos durante más de una hora.
 - Los equipos informáticos se configuraran en modo de ahorro energético.
 - Se desenchufarán los cargadores de móvil, portátiles, etc. cuando no se estén utilizando.
- **Consumo de agua.**
 - Se deberán mantener en perfecto estado las tuberías y uniones para evitar fugas.
 - Todos los grifos dispondrán de aireadores.
 - Las cisternas de los inodoros dispondrán de descarga parcial o de parada de la descarga.
 - La humedad de los túneles será controlada para humectar en el momento preciso, evitando un exceso o déficit de humedad. Además del ahorro en agua, mejorará el proceso de compostaje.

Una vez implantadas las medidas correctoras la planta debería ser medioambientalmente mejor que respecto a la planificación inicial, y producir un impacto medioambiental menor.

ANEJO. VI DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

VI.I INTRODUCCIÓN

Una vez justificada la decisión sobre el emplazamiento del negocio, se va a exponer la distribución en planta teniendo en cuenta las características de la parcela anteriormente definidas.

VI.II METODOLOGÍA

La metodología seguida para determinar la distribución en planta más favorable para la industria es la S.L.P. (Systematic Layout Planning), es decir, Planificación Racional de la Distribución en Planta. Se trata de una forma organizada de enfocar los proyectos de planificación del espacio. La metodología en cuestión fija un cuadro operacional de fases, una serie de procedimientos y un conjunto de normas de manera que permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de la distribución en planta.

Consecuentemente se requiere un cuadro organizado que permita visualizar las distintas relaciones existentes entre los diferentes departamentos o secciones de la industria. Este cuadro se denomina Tabla Relacional de Actividades. Una vez establecido el cuadro se procede a diseñar el Diagrama Relacional de Actividades y el Diagrama Relacional de Superficies, que muestran de una manera gráfica las relaciones estipuladas en la Tabla Relacional, a la vez que propone la distribución en planta esquemática más favorable para los diferentes departamentos. A continuación, y en base al Diagrama Relacional seleccionado, se sustituye dicho esquema por las superficies a escala de cada departamento, creando una distribución en planta a escala de la industria. Dicho esquema se puede manipular para obtener el Layout final.

VI.III IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS FUNCIONALES Y ACTIVIDADES

Dentro de la planta encontramos tres zonas de trabajo totalmente diferenciadas, la zona de preprocesado, procesado y postprocesado. Por lo tanto se describen las tres zonas.

En la zona de preprocesado se estudian todos los procesos que tienen lugar previos al compostaje de los restos vegetales. Comprende un conjunto de etapas bien diferenciadas con maquinaria y equipamiento concreto

La zona de procesado, compostaje, es la más duradera, además de ser la principal de todo el proceso. Requiere una gran superficie.

La zona de postprocesado comprende una serie de procesos hasta el producto final. Comprende varias etapas, algunas de ellas no siempre se llevan a cabo, dependiendo de los pedidos de venta, como son el ensacado y el paletizado.

Estas tres zonas, y sus correspondientes procesos están detallados en el capítulo 7: Descripción del proceso productivo.

VI.IV RELACIÓN DE ACTIVIDADES

Tabla 80. Ficha descriptiva de las actividades y zonas.

Descripción zona	Superficie (m ²)	Maquinaria/ Equipamiento	Tiempo	Residuos
Almacén restos vegetales y separación	2.000	Pulpo bivalva Pala cargadora	< 5 días	Si
Almacén estiércol	1.500	Pala cargadora	< 3 meses	Si
Triturado y humectación	200	Trituradora		Si
Almacén	140	Varios		No
Pilas de compostaje	53.590	Volteadora Pala cargadora		Si
Zona de tránsito		Varios	-	No
Balsa	3.213	Grupo de presión	Variable	No
Afino	100	Tromel	< 2 h	Si
Ensamado y paletizado	140	Ensamadora Cargadora	< 2 días	Si
Almacenaje final	4.000	Pala cargadora	< 3 meses	No
Jardín	200	-	-	Si
Sala de control y personal	120	Varios	-	Si

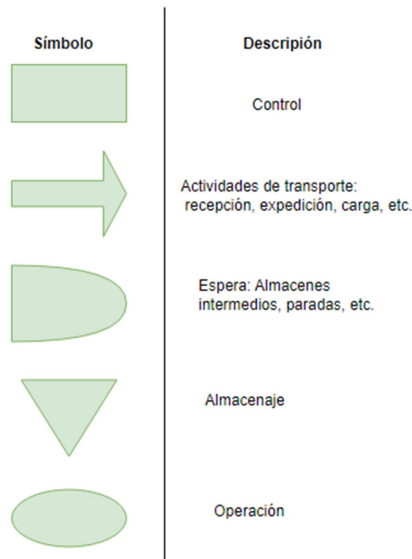
La tabla relacional e trata de un cuadro en el que se relacionan las diferentes actividades que tienen lugar en la industria de compostaje. Establece las relaciones de

proximidad o alejamiento entre las actividades y permite integrar las áreas de servicio complementarias donde no existe flujo de productos.

Tabla 81. Tabla relacional de actividades.

	Código		Relación (proximidad)	
	A	E	Absolutamente necesaria	Especialmente importante
	I	O	Importante	Ordinaria
	U	X	Sin importancia	No deseable
Sala de control y personal	E			
Recepción materias primas		X		
Almacenaje materias primas	E		X	
		U		X
Triturado y humectación	E		U	
		U	U	X
Pilas de compostaje	O		U	U
		U	U	U
Afino	E		U	U
		U	U	O
Ensacado y paletizado	E		U	O
		E	O	U
Almacén compost final	E		O	U
		O	U	U
Almacén general	O		U	U
		U	U	A
Parking	I		U	A
		U	A	
Jardines	I		U	
		U		
Control	U			

Valorización de restos vegetales de invernadero: consideraciones básicas para el diseño de una planta de compostaje



La figura 20 muestra el flujo operacional. Se trata de un flujo en serie, en donde se reduce al mínimo los movimientos de la maquinaria y del personal.

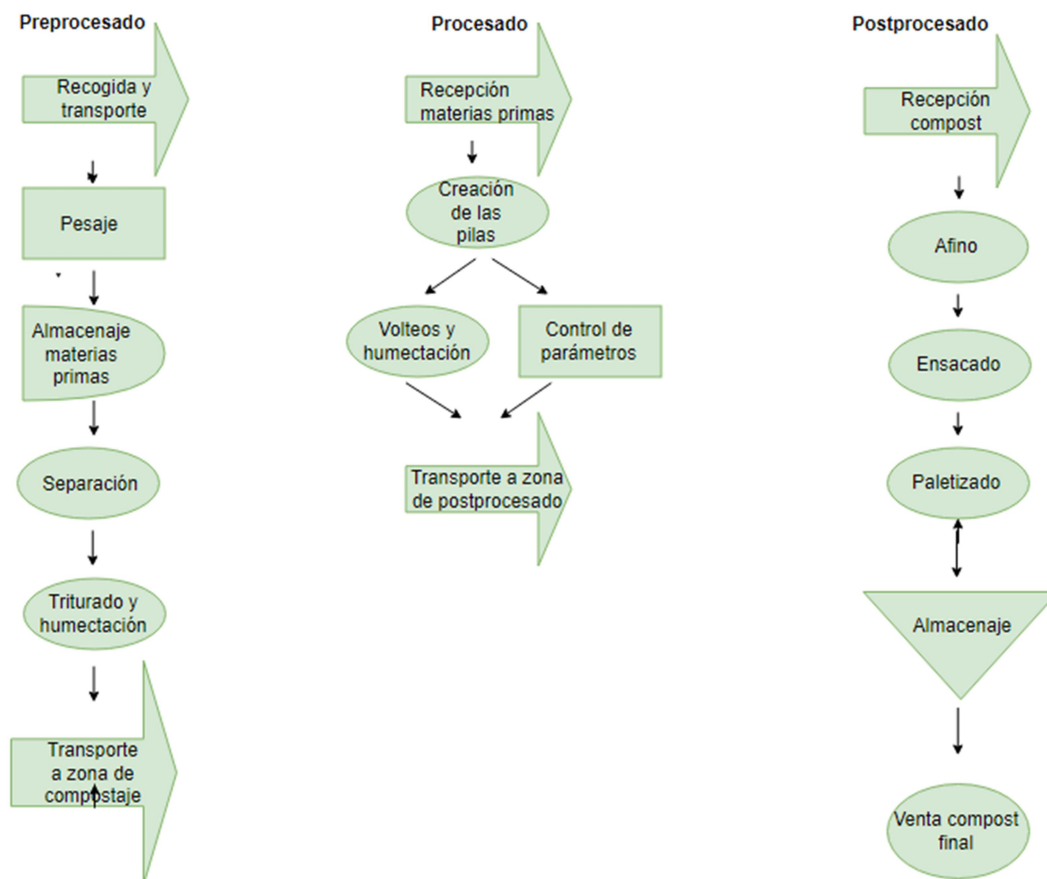
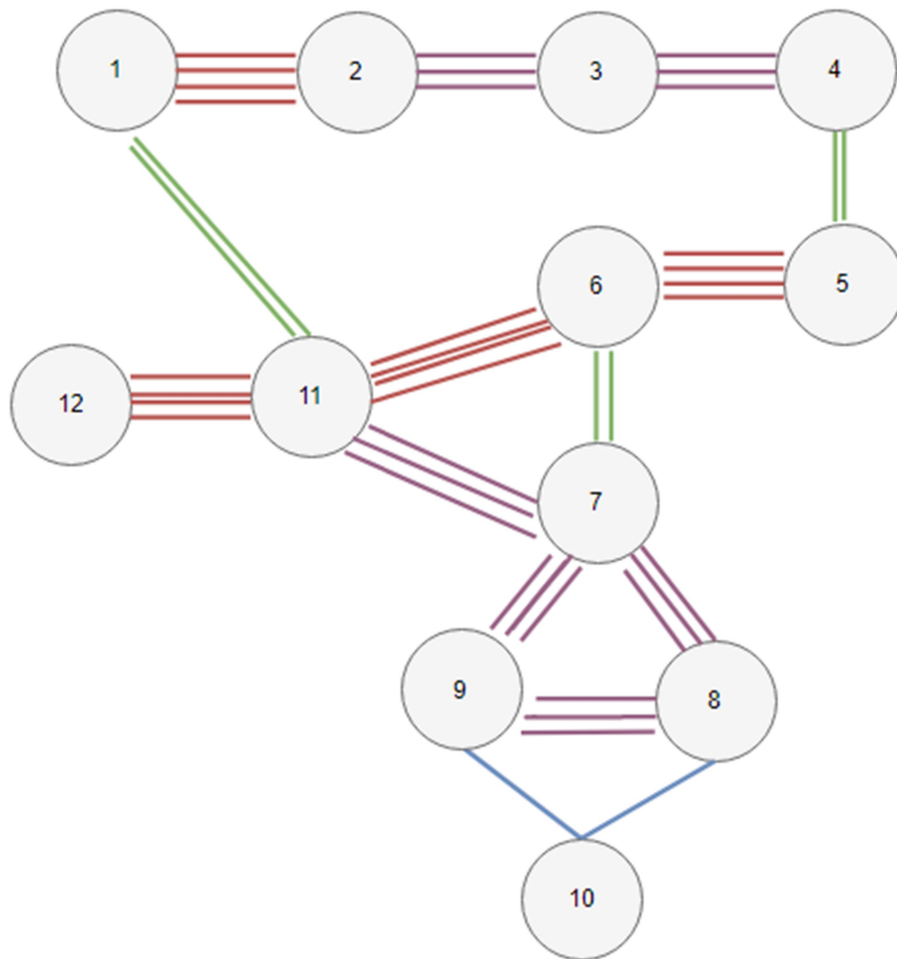


Figura 20. Secuencia de producción.

A continuación se procede a diseñar el Diagrama Relacional de Actividades a partir de la "Tabla relacional", que se muestra en documento en cuestión previamente.

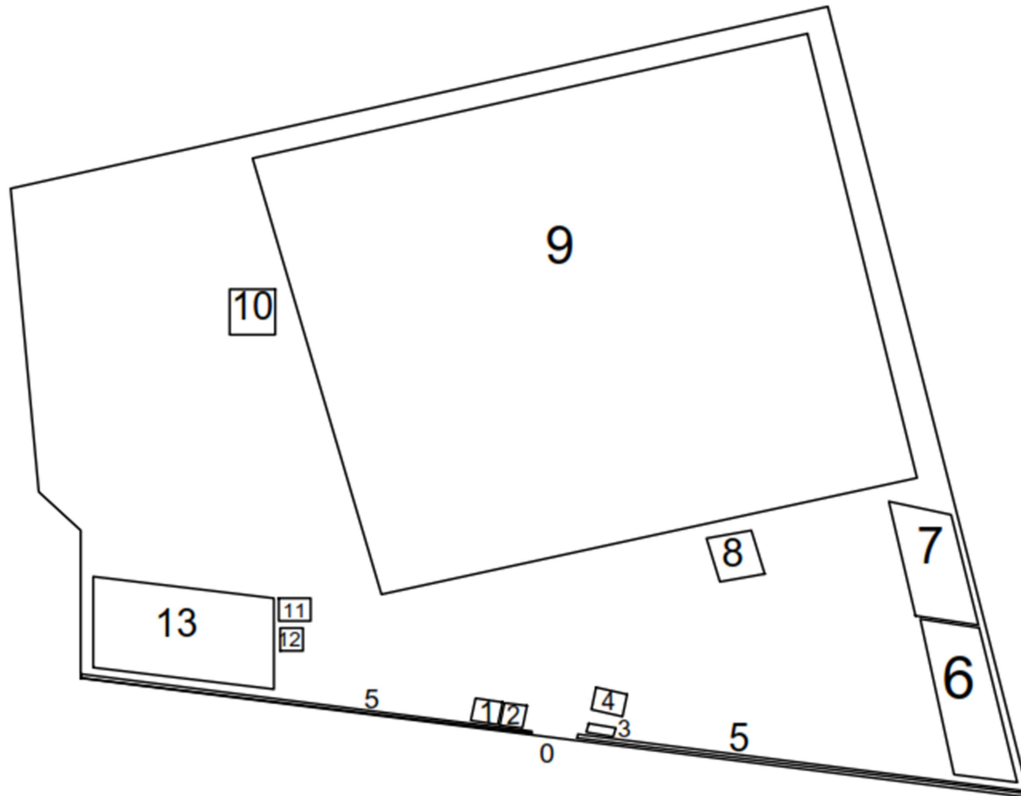


Código	Relación de proximidad	Trazos	Nº	Actividad
			1	Recepción materias primas
A	Absolutamente necesario		2	Pesaje materias primas
E	Especialmente importante		3	Almacenaje materias primas
I	Importante		4	Separación, triturado y humectación
O	Ordinario		5	Formación de pilas
			6	Volteos y humectación
			7	Afino
			8	Ensamado y paletizado
			9	Almacenaje final
			10	Venta
			11	Control de procesos
			12	Sala de control y de personal

Figura 21. Diagrama relacional de actividades.

VI.V DISTRIBUCIÓN FINAL

El resultado de los puntos anteriores es una distribución ideal, que finalmente es la que se lleva a cabo, con pequeñas modificaciones, obteniéndose la distribución final.



Nº	Zona	Nº	Zona
0	Acceso	7	Almacén estiércol
1	Sala de control y personal	8	Zona de triturado y humectación
2	Parking	9	Zona de compostaje
3	Báscula	10	Balsa
4	Almacén	11	Ensacado y paletizado
5	Jardines	12	Zona de afinado
6	Almacén restos vegetales	13	Zona compost final

Figura 22. Distribución en planta final.

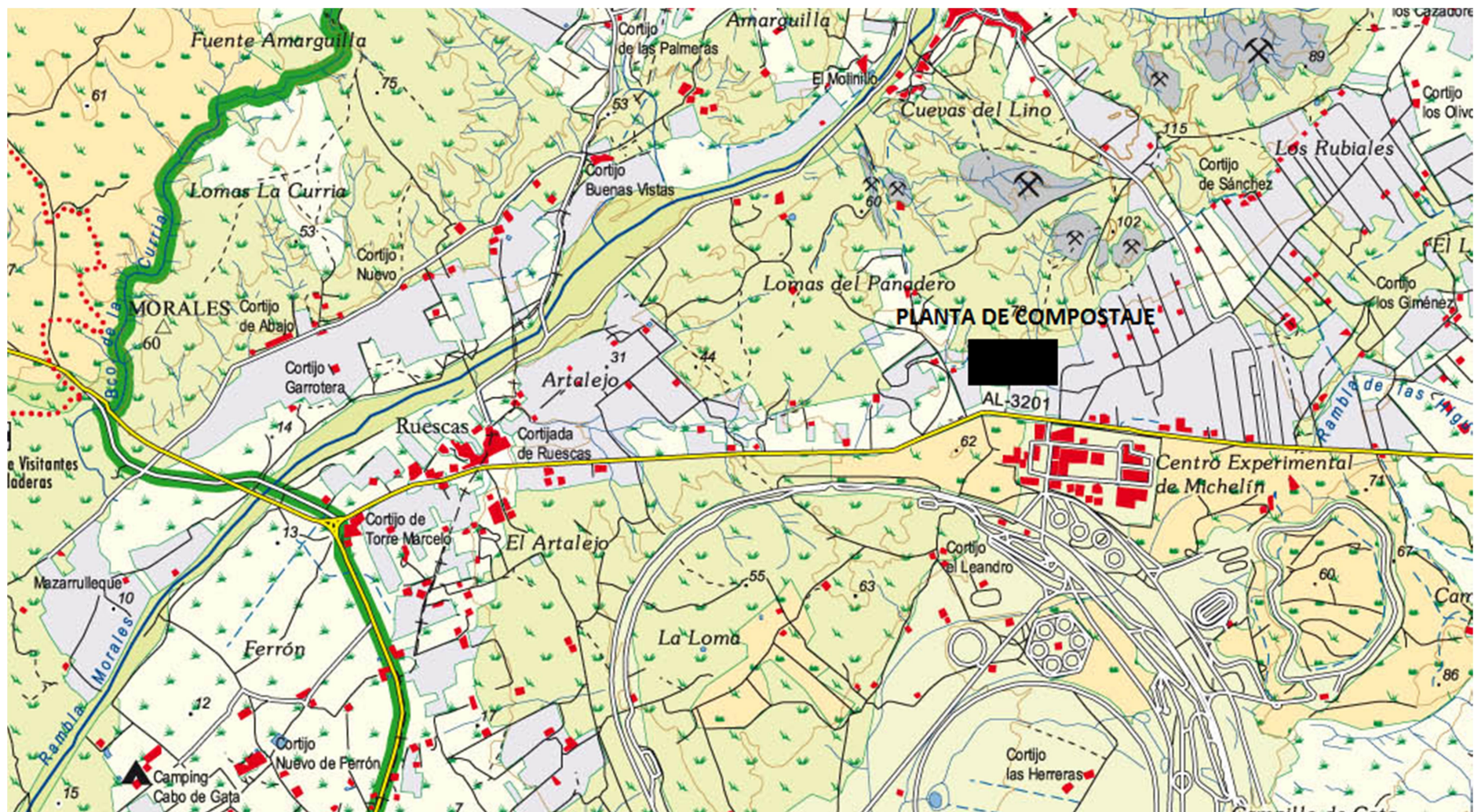
Se observa que parte de la superficie no tiene ningún uso. Esto es así porque la parcela tiene una superficie mayor a la necesaria. Se ha diseñado de tal modo que es posible realizar ampliaciones en la planta en un futuro respetando los flujos de la distribución en planta actual.

DOCUMENTO 3. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

PLANO 1 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA



PLANO 2 UBICACIÓN DE LA PARCELA



PLANO 3 DETALLE DE LA PARCELA



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

FONDO ESPAÑOL DE GARANTÍA AGRARIA

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC

Provincia: 4 (Almería)

Municipio: 66 (Níjar)

Polígono: 247

Parcela: 69

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centro de la parcela: 07/2016
	Fecha de la cartografía Catastral (*): 27/07/2014
X: 570713,42 Y: 4075142,38 DATUM: WGS84 HUSO: 30	Fecha de impresión: 18/08/2017
	Escala aproximada de impresión: 1 : 3000



DOCUMENTO 4. BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. y Puchades, R. (2002). *Compostaje de residuos orgánicos generados en la Hoya de Buñol (Valencia) con fines hortícolas*. Valencia: España. Ed. Asociación para la Promoción Socio-Económica Interior Hoya de Buñol.

Álvarez, J. (2013). *Estudio de un proceso de compostaje industrial de residuos vegetales hortícolas*. (Trabajo Fin de Máster), Universidad de Almería, Almería.

Blázquez, M.A. 2003. Los residuos agrícolas y de origen animal. En: *Los residuos urbanos y asimilables* (Llamas, J.M. y Soria, J.M., Eds.). 436-457. Sevilla, España: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Bueno P., Díaz M. y Cabrera F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. En: *Compostaje* (Moreno J. y Moral R., Eds). 93-110. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

Campitelli S., Ceppi S., Velasco M. y Rubenacke A. (2014). *Compostaje, obtención de abono de calidad para las plantas*. Argentina: Ed. Brujas.

Carrión, C., Abad, M. y Puchades, R. (2006). *Gestión de los restos de poda de las zonas ajardinadas municipales de la localidad de Altea*. (Trabajo final de Carrera). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Chica A. y García, J. 2008. Aspectos técnicos en el desarrollo y control del proceso de compostaje. En: *Compostaje* (Moreno, J. y Moral, R., Eds). Madrid, España: 141-164. Ediciones Mundi-Prensa.

Decreto 37/2008 de 5 de febrero, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar y se precisan los límites del citado Parque Natural. Boletín oficial de la Junta de Andalucía Nº 59 del 26 de marzo de 2008.

Decreto-Ley 3/2015. de 3 de marzo, por el que se modifican las Leyes 7/2007, de 9 de julio, de gestión integrada de la calidad ambiental de Andalucía, 9/2010, de 30 de julio, de aguas de Andalucía, 8/1997, de 23 de diciembre, por la que se aprueban medidas en materia tributaria, presupuestaria, de empresas de la Junta de Andalucía y otras entidades, de recaudación, de contratación, de función pública y de fianzas de arrendamientos y suministros y se adoptan medidas excepcionales en materia de sanidad animal. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Nº 48 del 11 de marzo de 2015.

Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Diario oficial de la Unión Europea del 28 de enero de 2011.

Hernández L. (2011). *Desarrollo de nuevos sustratos de cultivo para la producción de planta ornamental en maceta, a partir de compost de residuos de cultivos hortícola*. (Tesis Doctorales). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Ingelmo F. y Rubio J. (2008). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En: *Compostaje* (Moreno J. y Moral R., Eds). 305-328. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

Junta de Andalucía (2016). *Líneas de actuación de las Consejerías de Agricultura Pesca y desarrollo Rural y de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio en materia de gestión de restos vegetales en la horticultura de Andalucía*. Sevilla, España: Consejerías de Agricultura, Pesca y Desarrollo rural y Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, Nº 296 del 11 de diciembre de 2007

Ley 34/2007, de 15 de noviembre de 2007, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Boletín Oficial del Estado, Nº 275 del 16 de noviembre de 2007.

Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión integrada de la Calidad ambiental modificada. Boletín Oficial del Estado, Nº 190 del 9 de agosto de 2007.

López, J. C., Pérez, C., Fernández, M. D.; Meca, D.; Gázquez, J. C. y Acien, F. g. (2013). Caracterización de los residuos vegetales de invernadero en Almería. *Madrid, VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*, 6.

López M.J. y Boluda R. (2008). Residuos agrícolas. En: *Compostaje* (Moreno J. y Moral R., Eds). 489-518. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

MAGRAMA (2012). *Producción y consumo sostenible y residuos agrarios*. Madrid, España: Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado.

MAGRAMA (2015). Censo de animales y productos comercializados. <http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-comercial/mesa-del-iberico/riber-publico/censos-animales-productos-comercializados/>

Masaguer A. y Benito M. (2008). Evaluación de la calidad del compost. En: Compostaje (Moreno J. y Moral R., Eds). 285-304. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

Moreno J., Moral R., García-Morales J.I., Pascual J.A. y Bernal M.P. (2014). *De residuo a recurso, El camino hacia la sostenibilidad*, I Residuos orgánicos, 1 Residuos agrícolas. Mundi Prensa. 175.

Moreno, J. y Mormeneo, S. 2008. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: Compostaje (Moreno, J. y Moral, R., Eds). Madrid, España: 111-140. Ediciones Mundi-Prensa.

Normas subsidiarias de planeamiento de Níjar, texto refundido. [http://www.nijar.es/Servicios/Anexos/Anexos.nsf/B63424AFC25BC4E8C1257CA800328F4E/\\$file/1_Texto%20Refundido%20revisado%202013.pdf](http://www.nijar.es/Servicios/Anexos/Anexos.nsf/B63424AFC25BC4E8C1257CA800328F4E/$file/1_Texto%20Refundido%20revisado%202013.pdf)

Parra, S.; Pérez, J. y Calatrava, J. (2001). Vegetal waste from protected horticulture in southeastern Spain: Characterisation of environmental externalities. *Acta Hortic.*, (559): 787-792.

Real Decreto 865/2010 de 2 de julio sobre sustratos de cultivo. Boletín Oficial del Estado Nº 170 del 2 de julio de 2010.

Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. Boletín Oficial del Estado Nº 164 del 10 de julio de 2013.

Sevilla, A., Domene, M. A., Uceda, M., Buendía, D., Racero, J. L. (2012). ¿Residuos? Productos con otras calidades y distintas aplicaciones. *Cuadernos de estudios agroalimentarios*, 161 – 180.

Soliva M. y López M. (2004). Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos de depuradoras. CENEAM/MIMAM.

Soliva M., López M. y Huerta O. (2008). Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. En: Compostaje (Moreno J. y Moral R., Eds). 75-92. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

Tolón, A. y Lastra, X. (2010). La agricultura intensiva del poniente almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. *Revista Electrónica de Medio Ambiente UCM*, 8: 18-40.

Torres J.M. (2015). Uso agronómico de restos de cosecha en los invernaderos enarenados de la cuenca mediterránea. *Researchgate*. 1-88.

Vargas M.C. y Suárez F. (2008). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En: *Compostaje* (Moreno J. y Moral R., Eds). 329-350. Madrid, España: Ed. Mundi prensa.

<http://www.generadordeprecios.info/>

<https://www.cnmc.es/>

La generación de restos vegetales en el sudeste español, en aumento constante debido al desarrollo de la agricultura intensiva, conlleva una problemática asociada por el gran volumen que supone.

Por este motivo se ha llegado a la necesidad de tratarlos y gestionarlos de una manera más eficiente, valorizándolos dotándolos de un valor añadido.

Existen varias posibilidades de valorización: producción de biocombustible, alimentación animal, abonado en verde, compostaje etc. En este trabajo tras realizar una valoración se ha seleccionado el compostaje. Además, dentro de esta posibilidad de valorización se han planteado distintas alternativas escogiendo la que mejor se adapta al problema.

El presente trabajo tiene como objetivo el profundizar en el proceso de compostaje como una alternativa al tratamiento de los restos vegetales, permitiendo el reciclaje de la materia orgánica y su valoración como compost.

En él se desarrolla la ingeniería básica de una planta de compostaje en un sistema abierto para una superficie de 800 Ha de invernaderos para el emplazamiento seleccionado, seleccionado entre varias áreas productivas, en el término municipal de Níjar, entre las poblaciones de Ruescas y Barranquete.

A su vez, se ha realizado un análisis técnico de la planta, incluyendo el dimensionado de las principales áreas y la maquinaria empleada. Del mismo modo se ha realizado un análisis económico incluyendo tanto los costes como los beneficios según varios escenarios. Además, un análisis medioambiental y social donde se ha evaluado el impacto ambiental y social que provocaría el proyecto en la zona.

