

**COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE
DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS
DE LA COSTA TROPICAL**



LAURA DOMÍNGUEZ EDELINE

2020



ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Máster Universitario de Investigación en
Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos



COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Vº Bº DIRECTOR

Rafael López Núñez

AUTOR

Laura Domínguez Edeline

Curso académico: 2020

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Se autoriza a la alumna D^a. **Laura Domínguez Edeline**, a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: "Compostaje de restos de poda, restos de aguacate de la elaboración del guacamole y otros residuos de la Costa Tropical", bajo la dirección de D. Rafael López Núñez (Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. IRNAS-CSIC), debiendo cumplir las normas establecidas para la redacción del mismo que están a su disposición en la página Web específica del Master.

Orihuela, 3 de septiembre de 2020

La Directora del Máster Universitario de Investigación en Gestión, Tratamiento y Valoración de Residuos Orgánicos

CONCEPCION | PAREDES|GIL
Firmado digitalmente por CONCEPCION|PAREDES|GIL
Fecha: 2020.09.03 13:26:36 +02'00'

Fdo.: Concepción Paredes Gil

TRIBUNAL	
FECHA:	
PRESIDENTE:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MASTER

IDENTIFICACIONES

Autor: Laura Domínguez Edeline

Título: Compostaje de restos de poda, restos de aguacate de la elaboración del guacamole y otros residuos de la Costa Tropical.

Title: Composting of garden pruning residues, guacamole production waste and other wastes from the Costa Tropical.

Director/es del TFM: Rafael López Núñez

Año: 2020

Titulación: licenciatura de ciencias ambientales

Tipo de proyecto: descriptivo y bibliográfico

Palabras claves: compostaje, residuos de la producción de guacamole, restos de poda.

Keywords: composting, guacamole production waste, garden pruning residues

Nº citas bibliográficas: 51

Nº de planos: 0

Nº de tablas: 11

Nº de figuras: 33

Nº de anexos: 6



RESUMEN

Tras la revolución industrial con el consecuente uso de recursos naturales, las grandes cantidades de residuos tanto ganaderos como agrícolas y agroindustriales generados, el crecimiento de las ciudades, el sistema de ganadería y agricultura intensiva donde el suelo no puede absorber toda esa cantidad de residuos generados, la disminución del contenido de materia orgánica y el aumento de la erosión en los suelos, han promovido una tendencia global sobre la preocupación en la gestión de los residuos orgánicos generados.

Este estudio se ha basado en un análisis de aquellos residuos orgánicos generados y no aprovechados en la comarca con la finalidad de constituir un compost con adecuados parámetros físico-químicos, de modo que se vuelva a incorporar materia orgánica al suelo mejorando el rendimiento de los cultivos de aguacate de la Costa Tropical.

Para ello se ha mezclado restos de los restos de la elaboración del guacamole, con restos de poda de jardinería municipal que constituyen el agente estructurante, restos de estiércol caprino como fuente de nitrógeno y vinaza de caña de azúcar para la corrección del pH. Puesto que este estudio se ha basado en un modelo teórico para ello se ha procedido a estimar los parámetros de control del compost como son el pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, relación C/N, contenido en sales sobre unas pilas de compostaje cuyas proporciones restos de poda: guacamole: estiércol son 3:2:1.

Los resultados estimados gracias a otros estudios y la estimación de los posibles resultados obtenidos con dicha pila, muestran que este compost podría reunir los parámetros adecuados de un compost maduro.

La creciente preocupación por la gestión de los residuos orgánicos y la posibilidad de valorización a través del compostaje constituyen una técnica económica mediante la cual se transforman los residuos en un producto que no causa daños medio ambientales y que además posee gran valor fertilizante (útil en un país como es España donde hay gran actividad agrícola).

ABSTRACT

After the industrial revolution and the subsequent overuse of natural resources, the large quantities of livestock, agricultural and agro-industrial waste generated, the growth of cities, the livestock and intensive farming system where the soil cannot absorb all of this waste generated, the decreasing soil organic matter content and the increasing of the erosion in the soils, have brought a new global trend which concerns a suitable organic waste management.

This study is based on the analysis of organic waste generated and not used in this region, with the aim of generating a compost with adequate physical –chemicals parameters, so that, organic matter could be transformed into a fertilizer of a higher agricultural value, improving the yield of avocado crops on the Tropical Coast.

The aim of this work is to study the feasibility of co-composting guacamole production waste, garden pruning residues as bulking agent, goat manure as nitrogen source and the vinasse of the sugarcane industry. The response of variables as pH, electrical conductivity, moisture, organic matter, the carbon-nitrogen ratio, phosphorus, calcium, magnesium, potassium, iron, copper, manganese and zinc, were estimated by other studies assuming a compost trial with a volume ratio pruning residues: guacamole waste: manure ratio 3:2:1.

The results obtained showed that this compost could reach the appropriate parameters of a mature compost.

The actual management of organic waste and the assessment of the agricultural waste by composting, are an economic practices where waste are transformed into an environmental friendly products which also show a high fertilizer economic value in a country as Spain, where this activity is highly influential.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a todo el profesorado del Máster de Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos por los contenidos académicos recibidos y por su implicación con los alumnos en las diversas asignaturas como en las prácticas.

También agradezco a la directora del máster Concepción Paredes Gil por su amabilidad y atención que ha demostrado ante cualquier duda y trámites administrativos a la hora de cursar dicho máster.

Sobre todo agradecer a mi tutor Rafael López Núñez, por resolver mis dudas, ayudarme sobre el contenido de mi proyecto, aportarme ideas a la hora de su elaboración y supervisar mi proyecto fin de máster.

En último lugar, quisiera agradecer a mis padres por brindarme la oportunidad de cursar este máster ya que sin ellos no hubiera sido posible. A mis abuelos, en especial a mi abuela materna que donde quiera que esté le hubiera gustado poder estar presente en el fin de esta etapa tan importante en mi vida profesional. Y sobre todo a mi abuelo por su ayuda y consejos durante la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	10
1.1.	Estratigrafía.....	11
1.2.	Hidrografía.....	11
1.3.	Bioclima.....	15
1.4.	Biogeografía.....	17
1.5.	Clima.....	18
1.6.	Edafología.....	20
1.7.	Cultivos.....	22
2.	INTRODUCCIÓN.....	31
3.	CONCEPTOS PREVIOS SOBRE LOS RESIDUOS Y EL COMPOSTAJE.....	33
3.1	Definición de residuo.....	33
3.2	Clasificación de los residuos orgánicos y métodos de tratamiento.....	34
3.2.1.	Residuos agrícolas.....	34
3.2.2.	Residuos ganaderos.....	39
3.2.3.	Residuos agroindustriales.....	41
3.3.	Parámetros del proceso de compostaje.....	42
3.4.	Fases del proceso de compostaje.....	46
3.5.	Tipos de sistemas de compostaje.....	47
3.6.	Determinación del compost maduro.....	52
4.	OBJETIVOS.....	57
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
5.1.	Residuos locales y elección de los materiales de partida.....	58
5.2.	Muestreo y elaboración de las pilas de compostaje.....	63
5.3.	Resultados y conclusiones del compost obtenido.....	64

6.	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	69
6.1.	Normativa europea.....	69
6.2.	Legislación estatal.....	72
6.3.	Legislación de la Comunidad Autónoma de Andalucía.....	77
7.	MEDIDAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE CADA ETAPA, SOBRE LA SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD DURANTE EL COMPOSTAJE.....	78
7.1	Ubicación de la planta de compostaje.....	78
7.2.	Recepción de los materiales.....	80
7.3	Fase de descomposición.....	83
7.4	Fase de maduración.....	88
7.5	Fase de post-tratamiento.....	88
7.6	Almacenamiento del compost maduro.....	91
7.7	Balsa de lixiviados.....	92
7.8	Sistema de tratamiento de gases.....	93
7.9	Sistema de eliminación de polvo.....	94
7.10	Sistema contra incendios.....	94
7.11	Estación meteorológica.....	94
7.12	Medidas de seguridad.....	95
8.	CONCLUSIONES.....	97
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	98
10.	ANEXOS.....	105
	ANEXO I.....	106
	ANEXO II.....	107
	ANEXO III.....	108
	ANEXO IV.....	109

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

ANEXO V.....111

ANEXO VI.....113



COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

1- DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

La Costa Tropical se sitúa al sur de Granada quedando delimitada al oeste por las Sierras de Tejeda y Almijara, Cázulas, Chaparral y los Guájares; al este por la zona de Lújar y la Contraviesa y al norte con los municipios de la Alpujarra granadina (Rodríguez Escudero, 2017). Coincidiendo con los límites administrativos de la provincia de Granada según el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, destaca Motril como ciudad importante seguida de Almuñécar y Salobreña como ciudades medias, además de los municipios como Albondón, Albuñol, Otívar, Gualchos, Jete, Ítrabo, Lentegí, los Guájares, Lújar, Molvizar, Polopos, Rubite, Sorvilán y Vélez de Benaudalla.



Figura 1: Mapa de localización de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

Esta costa presenta un fuerte contraste paisajístico desde planicies deltaicas que dan lugar a vegas agrícolas pasando por áreas de media montaña y fuertes pendientes hasta acantilados. Respecto a las zonas deltaicas destaca como principal el delta del río Guadalfeo que da lugar a la vega de Motril y Salobreña, junto con los otros deltas o llanos fluviales puestos en cultivos con subtropicales (como son el río Jete, el río Verde, la zona de Carchuna y Puntalón).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Este proyecto se centra concretamente en el territorio y paisajes de los municipios de Almuñécar, Jete y Otívar. De modo que a continuación se describen algunas características generales de su entorno a tener en cuenta en los siguientes apartados de este estudio.

1.1.Estratigrafía

Los materiales de la Costa Tropical pertenecen al complejo Alpujárride presentándose la formación de esquistos, cuarcitas y anfibolitas en la cuenca del río Jate (cerca del municipio de Jete). En los municipios de Molvízar, los Guájares y Otívar se encuentran calcoesquistos del sector montañoso de la parte occidental; los micaesquistos se dan en la zona de Cantalobos y de Velilla-Taramay (Almuñécar); mientras que las filitas y las areniscas se dan por la vega del Guadalfeo en Motril. Las cuarcitas, filitas, micaesquistos y anfibolitas se dan debajo de la zona de la presa de Rules concretamente por la zona de Los Tablones, La Gorgoracha (Motril- Vélez de Benaudalla) y Gualchos.



1.2.Hidrografía

En la Costa Tropical se pueden encontrar numerosos pequeños acuíferos detríticos y otros de mayor tamaño (Calvache Quesada, 2002), cabe destacar el acuífero de Almuñécar (Río Verde), el de Motril-Salobreña, el de Castell de Ferro y Carchuna, y el acuífero de Albuñol. Puesto que la zona de estudio de este proyecto se centra mayoritariamente en el municipio de Almuñécar, nos centraremos en el acuífero de Almuñécar (Río Verde) sobre el que profundizaremos en mayor detalle en este apartado.

Dichos acuíferos las entradas proceden sobre todo de cauces superficiales, retornos de riego o por transferencia de otros acuíferos carbonatados cercanos. Mientras que sus salidas son sobre todo por bombeos, y en algunos casos salidas al mar. Constituyen por lo tanto, acuíferos libres en los que el confinamiento hidráulico por los niveles de arcilla los hacen multicapa.

Veamos a continuación la localización de dichos acuíferos en la Costa Tropical:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

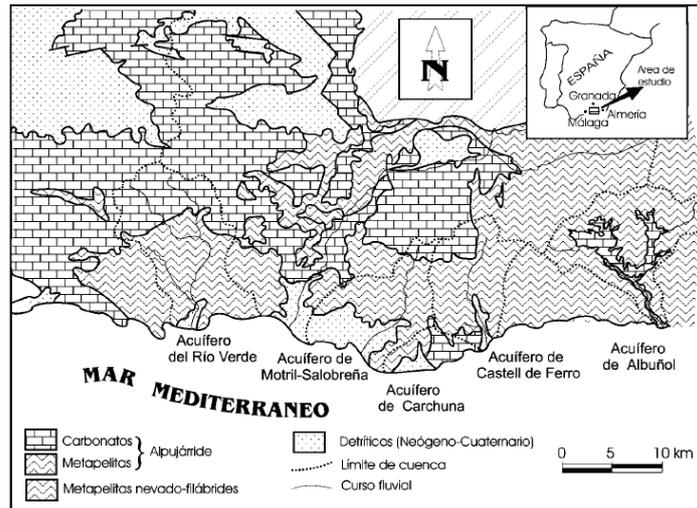


Figura 2: localización de los acuíferos en la Costa Tropical. Fuente: (Calvache Quesada, 2002)

La Costa Tropical posee cada día gran demanda de agua debido a su actividad agrícola de cultivos frutícolas intensivos como el aguacate (*Persea americana Mill.*), el mango (*Mangifera indica L.*), el chirimoyo (*Annona cherimola Mill.*) y el litchi (*Litchi chinensis Sonn.*) en los municipios de Almuñécar, Salobreña y Motril. Si a esta zona de actividad agrícola, le añadimos la gran afluencia turística estacional (en la época de primavera-verano) que conlleva un aumento de casi el triple de la cantidad de habitantes de dichos municipios (Motril, Almuñécar y Salobreña), se generan problemas de abastecimiento de agua debido al incremento del consumo de agua estacional. Provocando de este modo una competición de recursos hídricos entre la actividad agrícola y el sector turístico (Andreo Navarro et al., 2005) induciéndose una sobreexplotación de acuíferos en sus períodos de baja recarga ya que los recursos hídricos de recarga superficiales son escasos en esa época.

Teniendo en cuenta esto, el acuífero de Almuñécar y el de Castell de Ferro se consideran sobreexplotados temporalmente apareciendo un riesgo de contaminación del agua del acuífero debido a la intrusión marina muy acentuada de manera general en el acuífero de Almuñécar (Calvache Quesada, 2002).

A continuación se muestra un balance de los acuíferos de La Costa Tropical:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Acuíferos	Superficie (km ²)	Entradas (hm ³ /año)	Explotación (hm ³ /año)
Detrítico de Almuñécar	5	11-17	9
Detrítico Motril-Salobreña	42	34	8
Detrítico Castell de Ferro	4	3,5	3
Detrítico de Carchuna	5	2,5	0,5
De Albuñol	23	9	4

Tabla 1: balance de los acuíferos de la Costa Tropical. Fuente: (Instituto Tecnológico Geominero de España et al., 1988) y (Andreo Navarro et al., 2005).

En concreto el acuífero de Almuñécar (Río Verde y Río Seco) tiene una superficie de 5 km² y es drenado por el río Seco y el río Verde en mayor proporción gracias a sus manantiales que lo alimentan que le confieren un régimen continuo de agua. Puesto que Almuñécar ha sido un municipio pionero en la reconversión agrícola hacia el cultivo de subtropicales, la explotación de este acuífero ha incrementado bastante de modo que se puede considerar uno de los acuíferos más sobreexplotados en el litoral granadino a lo largo de los años (Calvache Quesada, 2002).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

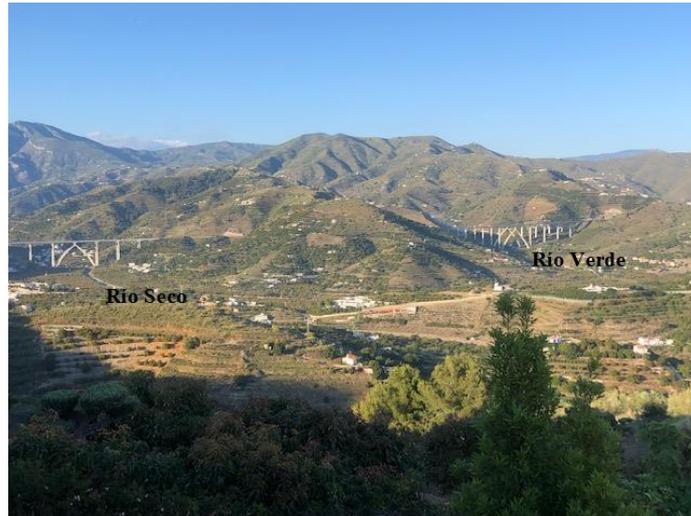


Figura 3: localización de los acuíferos en Almuñécar. Fotografía tomada por elaboración propia de la ubicación del río Seco y río Verde que alimentan el acuífero de Almuñécar.

En el Anexo I de este estudio se puede observar los materiales geológicos de los acuíferos de Almuñécar.

A la altura del municipio de Jete los cultivos subtropicales empiezan a desarrollarse notablemente en el paisaje, y por consiguiente aumentan el número de sondeos, disminuyendo de forma muy pronunciada el volumen del cauce del río Verde (con la ausencia casi de agua hasta la época de precipitaciones), ralentizando sobre todo en las épocas de estiaje la recarga del acuífero gracias al caudal del río dando lugar a un cono de depresión en la parte alta de la vega de Almuñécar (Calvache Quesada and Pulido Bosch, 1996). Con dicho cono de depresión desciende el nivel freático originando un fenómeno de entrada de agua salada denominada intrusión marina por la alta conductividad hidráulica de este acuífero (Calvache Quesada, 2002), que incrementa los niveles de salinidad de forma dispar en el acuífero debido a la permeabilidad de los materiales geológicos (Fernández rubio and Benavente, 1986).

De modo que los sondeos, bombeos de pozos tanto para uso agrícola como urbano y la escorrentía del agua hacia el mar constituyen las salidas de este acuífero. Mientras que en lo que respectan las entradas de este acuífero, son a través de la

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

escorrentía superficial favorecidas por el material geológico impermeable de la cuenca de drenaje, la infiltración directa de las precipitaciones y los excedentes de las aguas de riego de los cultivos de subtropicales (Calvache Quesada, 2002).



Figura 5: fotografía de nuevas balsas de riego para los cultivos de subtropicales en Almuñécar, fuente: elaboración propia.

Para hacer frente a este problema de sobreexplotación de los recursos hídricos por el auge de la actividad turística y por la agricultura, se podría hacer un uso más razonable en su explotación o un transvase desde algunos acuíferos excedentarios cercanos, recargar acuíferos por cauces de ríos que los atraviesen mediante balsas de percolación en aquellos tramos permeables de los acuíferos, reutilizar aguas residuales para riego, desalinizar agua de mar para algunas actividades turísticas, medidas de ahorro de agua y mayor conciencia social sobre el consumo de recursos hídricos en aquellas actividades de ocio.(Andreo Navarro et al., 2005).

1.3.Bioclíma

El bioclíma viene caracterizado por tanto por factores termoclimáticos (llamados termotipos) y ombroclimáticos (llamados ombrotipos) que permiten conocer la vegetación, gracias a los datos de temperaturas y precipitaciones. La región costera

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

granadina pertenece al bioclima Mediterráneo pluviestacional-oceánico (Valle Tendero et al., 2004).

El municipio de Almuñécar pertenece al termotipo termomeditarráneo inferior según los datos de altitud de 30m, temperatura media anual de 17,4 °C y precipitación anual de 474,6 mm. Coincidiendo por lo tanto, con un lugar situado a no más de 500 m de altitud respecto el nivel del mar donde no existen heladas y donde el índice de termicidad compensado (Itc) se sitúa entre 450 y 351 (Valle Tendero et al., 2004).

Presenta un ombrotipo seco inferior porque su índice ombrotérmico está situado entre 2 y 3 (el índice ombrotérmico se define como el cociente entre la suma de la precipitación media en mm de los meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados y la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a cero grados centígrados $I_o = P_p / T_p$) (Valle Tendero et al., 2004). A continuación se muestra el diagrama climático de Almuñécar:

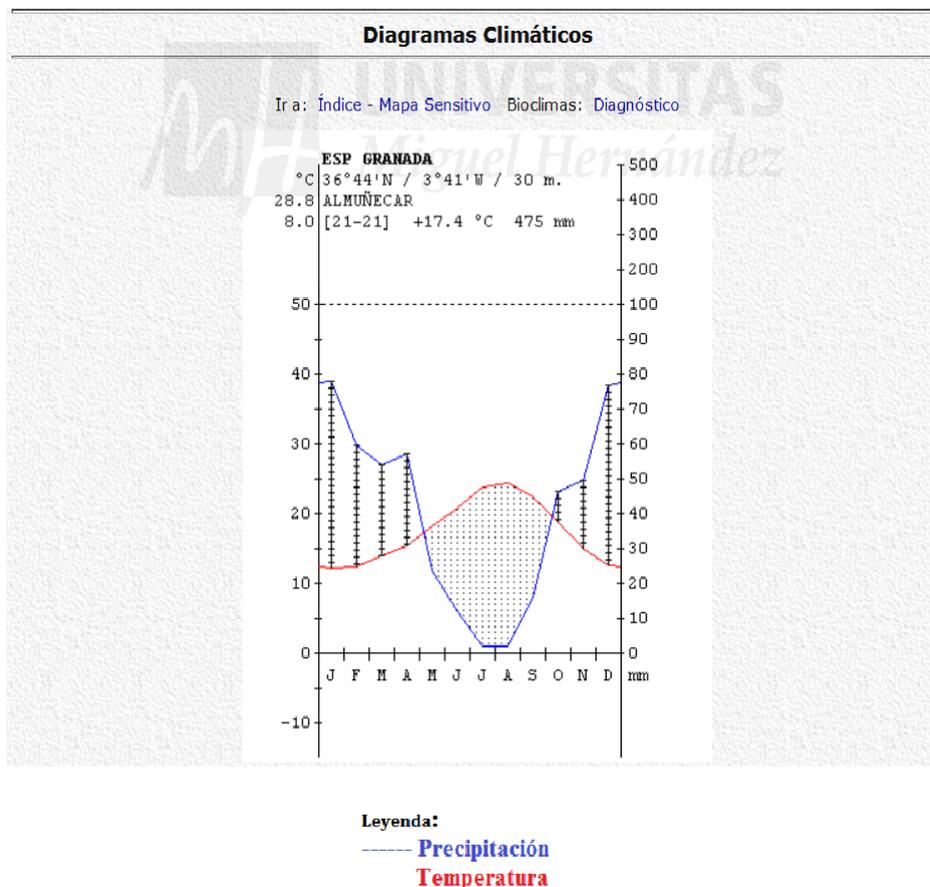


Figura 6: diagrama climático de Almuñécar. Fuente: elaboración propia y (Rivas Martínez et al., 2003).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Para este termotipo y ombrotipo se dan unas especies vegetales autóctonas propias (especies estenoicas), unas series de vegetación propias y unos tipos de cultivos propios debido al margen de tolerancia que tienen frente a las posibles variaciones de las condiciones ecológicas que pueden soportar. Las especies del termotipo mediterráneo inferior en el municipio de Almuñécar son: *Corema álbum*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *Macrocarpa*, *Ziziphus lotus*, *Periploca laevigata* subsp. *Angustifolia*; las series de vegetación *Zizipheto loti*, *Mayteneto europaei-Periploceto angustifoliae*; y los cultivos intensivos bajo plásticos, los chirimoyos, la caña de azúcar, el mango, la papaya, el aguacate y otros frutos tropicales cultivados en terrazas sobre materiales esquistosos (Valle Tendero et al., 2004).

1.4. Biogeografía

La biogeografía se define como “*la disciplina que estudia las causas de la distribución y localización de las especies y biocenosis en la Tierra. Así mismo, teniendo en cuenta las áreas actuales y pretéritas de taxones y sintaxones, así como la información procedente de otras ciencias de la naturaleza (geografía física, edafología, bioclimatología, etc...) trata de establecer una tipología o sistemática de los territorios emergidos del planeta, cuyas unidades en orden jerárquico decreciente son: Reino, región, provincia, sector y distrito*” (Rivas-Martínez, 1996).

La zona de estudio pertenece a la Provincia Bética (Valle Tendero et al., 2004).

Sector: malacitano-almijareense con algunas características del sector Alpujarra gadoreense y del Mediterráneo semiárido (Rivas-Martínez and Goday, 1971).

Distrito: almijareense occidental cuyas especies características son *Androcymbium europaeum*, *Chaenorrhinum grandiflorum* subsp. *Grandifloru*, *Coris hispanica*, *Euzomodendrum bourgaeum*, *Helianthemum alypoides*, *Herniaria fontanesii* subsp. *Almeriana*, *Limonium tabernense*, *Linaria benitoi*, *Linaria nigricans*, *Moricandia foetida*, *Narcissus tortifolius*, *Salsola papillosa*, *Sideritis pusilla* subsp. *Pusilla*, *Silene littorea* subsp. *Ascendens*, *Teucrium eriocephalum* subsp. *Almeriense*, *Teucrium compactum* subsp. *Rixanense*, *Teucrium intricatum*, *Teucrium murcicum* subsp. *Hieronymi* y *Teucrium turredanum* (Valle Tendero et al., 2004).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Respecto a las comunidades vegetales de este distrito son las siguientes:

Ziziphium loti,

Limonium insignis-Anabasiacum hispanicae, *Artemisia barrelieri-Launeacum arbortescens*, *Limonium insignis-Lygeacum sparti*, *Teucrium belionis-Helianthemum Scopulorum*, *Carrichtera annua-Sinapiacum flexuosi*, *Teucrium lanigeri-Sideritacum ibanyezii*, *Ziziphium loti-Mayutenacum europaei*, *Anabasiacum hispanicae-Euzomodendracum bourgaei*, *Helianthemum alypoidis-Gypsophiliacum struthii*, *Helianthemum almeriense-Sideritacum pusillae*, *Santolina viscosa-Gypsophiliacum struthii*, *Thymelaea hirsuta-Genistacum ramosissimae*, *Galium ephedroides-Phagnalium saxatile*, *Lafuentea rotundifolia-Teucrium intricatum*, *Castilleja tuberculata-Geranium rotundifolium*, *Wahlenbergia-Loeflingiacum pentandrae* (Valle Tendero et al., 2004).

1.5.Clima

Los municipios de Almuñécar, Jete, Otívar, Salobreña, Motril, etc. se ubican como hemos visto anteriormente a lo largo de la costa mediterránea, de modo que los sistemas montañosos que les rodean influyen sobre las temperaturas suaves de este entorno (una temperatura media anual de 17 y 19 °C), que han permitido que se desarrollen el cultivo de subtropicales. Durante el período 1960-1980 se ha registrado según las estaciones pluviométricas de Almuñécar una temperatura media anual de 17,3 °C, en Salobreña una temperatura media anual de 16,7°C, en Motril una temperatura de 17,7 °C, en Lentegí una temperatura de 14,5°C, en Molvízar una temperatura de 16,7°C y en Ítrabo una temperatura de 15,8°C. Por estas características el clima de esta zona se considera clima Mediterráneo Subtropical (Elías Castillo and Ruiz Beltrán, 1977).

Las precipitaciones son torrenciales y escasas la mayor parte del año, esta zona posee una precipitación media anual entre 400 y 900 mm, Motril posee una precipitación acumulada en el año hidrometeorológico actual de 315,19mm y el número de días de lluvia por año oscila entre los 50 y 75 días ya que el número de meses del período seco con escasas o nulas precipitaciones son 4 o 5 meses (datos de la Agencia Estatal de Meteorología y la Consejería de Medio Ambiente). Mientras que en Almuñécar según los datos de la estación pluviométrica se ha registrado durante el período 1960 y 1980 una precipitación media anual de 458mm, en Salobreña una precipitación de 486mm, en

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Ítrabo 679mm y en Lentegí 891mm (según datos Proyecto LUCDEME, mapa de suelos Motril-1055).

El régimen de humedad de esta zona de estudio es xérico, y el índice de humedad como se puede observar en el siguiente mapa es inferior a 1 según los datos de la REDIAM en el año 2010, esto indica que la evapotranspiración potencial es superior a la precipitación por lo que la vegetación no cubre sus necesidades hídricas.

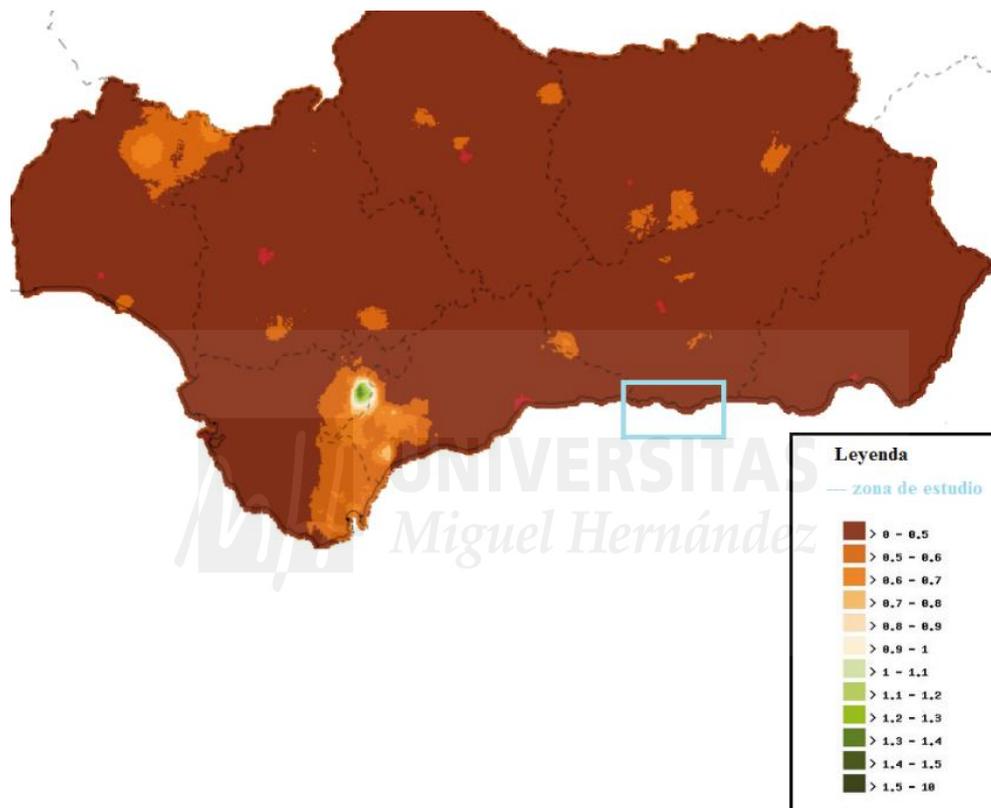


Figura 7: mapa del rango de valores de los índices de humedad en Andalucía. Fuente: elaboración propia y REDIAM.

La evapotranspiración potencial de la zona de estudio oscila entre los valores de 800 y mayores de 1000mm según los datos actualizados de la REDIAM en el año 2009 utilizando el método de Thornthwaite.

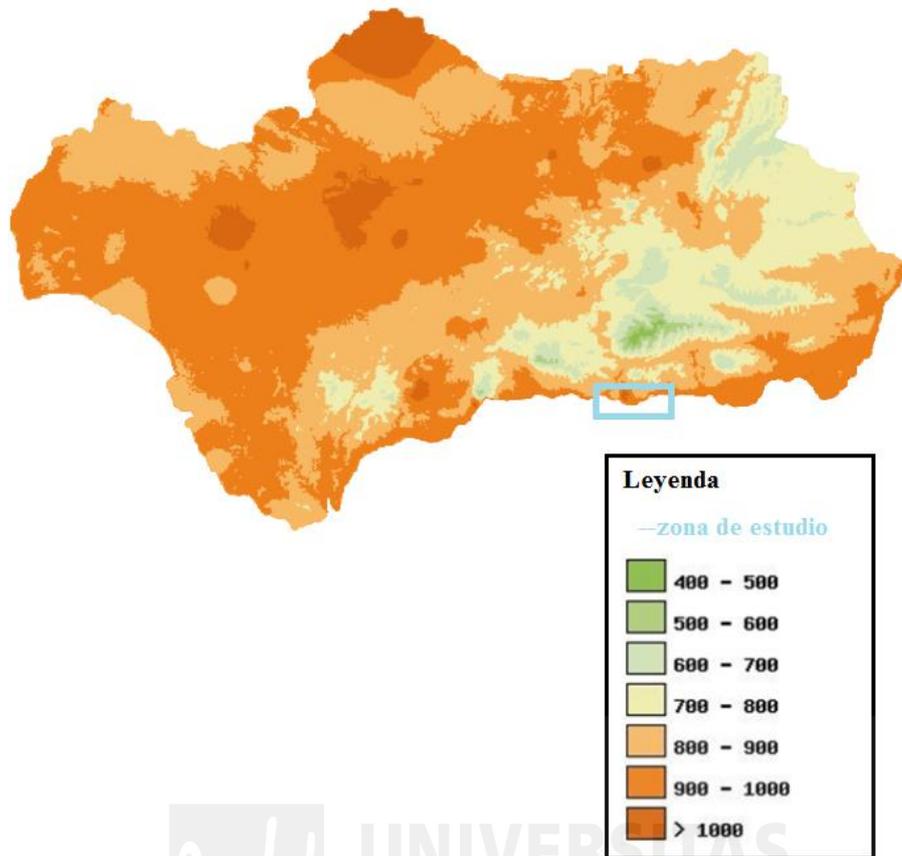


Figura 8: mapa del rango de valores del índice de evapotranspiración potencial media anual en Andalucía. Fuente: REDIAM año 2009 y elaboración propia.

Concretamente según los datos de 1960 y 1980 de LUCDEME Mapa de suelos, Motril-1055, en Motril se registró una evapotranspiración potencial media anual de 896mm, en Lentegí de 814mm y en Ítrabo de 856mm.

1.6.Edafología

La zona de estudio presenta sobre todo un tipo de suelo clasificado como Regosol eútrico (IUSS Working Group WRB 2014) con inclusiones de Cambisoles eútricos y Luvisoles crómicos, Regosol calcárico con inclusiones de Cambisoles cálcicos y Regosol calcárico con inclusiones de Regosoles litosólicos.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

El Regosol eútrico (FAO, 2014) con inclusiones de Cambisoles eútricos y Luvisoles crómicos se extiende en la vertiente sur de Otívar, el sur de Ítrabo y los márgenes del río Verde de Almuñécar y Jete donde aparecen Cambisoles eútricos y Luvisoles crómicos. Estos suelos los carbonatos están ausentes; su textura es franco-arenosa (por ejemplo en la finca experimental del Zahorí de Almuñécar se alcanzan valores de 684 g kg⁻¹ de arena, 235 g kg⁻¹ de limo y 81 g kg⁻¹ de arcilla (Fernández Ondoño et al., 2015)); su espesor es medio e influye en la retención de agua útil; tienen bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno (en el caso del suelo analizado en la finca experimental El Zahorí corresponde con 9,4 g/kg y 0,7 g/kg, respectivamente (Fernández Ondoño et al., 2015)); bajo contenido de fósforo (14,6 mg/kg en el caso del suelo de la finca experimental El Zahorí (Fernández Ondoño et al., 2015)), así como bajo contenido de potasio asimilable (178,7 mg/kg en el caso del suelo de la finca experimental El Zahorí (Fernández Ondoño et al., 2015)).

A continuación en el Anexo II de este estudio, se puede observar las propiedades de algunos perfiles de suelos Regosoles eútricos analizados.

El Regosol calcárico (FAO, 2014) con inclusiones de Cambisoles cálcicos se puede encontrar tanto al noroeste de Motril y Salobreña, al norte de La Herradura y al noroeste de Almuñécar. Se asienta sobre materiales esquistosos con estauroлита o biotita, en ocasiones pueden aparecer sobre ellos horizontes Cámbicos dando lugar a Cambisoles cálcicos de poco espesor. Dichos suelos presentan una profundidad superior a 25 cm y son calcáreos entre los 20 y 50 cm.

En lo que concierne sus propiedades poseen reacción básica; textura gruesa normalmente franco-arenosa e incluso arenosa-franca; escaso contenido de agua útil debido a su textura y poca profundidad; estructura granular; pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio sobre todo si no están cultivados; no poseen sales solubles pero con carbonatos; baja capacidad de cambio no sobrepasa los 10 meq/100g por la poca cantidad de materia orgánica y arcilla en ellos; y complejo de cambio saturado con el catión calcio.

Algunos Regosoles litosólicos se pueden encontrar en la zona de la cuesta del Marchante (Almuñécar-Molvizar), que se desarrollan sobre materiales carbonatados duros como las calizas o las dolomías, textura fina desde franco-arenosa a arenosa-franca; estructura granular; ricos en carbonatos; contenido de materia orgánica elevado en la superficie; complejo de cambio inferior a 10 meq/100g dado su baja cantidad de arcilla; está saturado

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

en catión calcio y el catión magnesio es elevado; suelos secos por su textura gruesa y poca profundidad y poca reserva de agua útil.

En el Anexo III de este estudio, se pueden ver las propiedades de un perfil de un suelo tipo Regosol calcárico analizados en una de las zonas de estudio.

1.7.Cultivos

La Costa Tropical como hemos visto anteriormente por su situación y características climáticas constituye un enclave idóneo para el cultivo intensivo de regadío de subtropicales como el aguacate (*Persea americana Mill.*), el mango (*Mangifera indica L.*), el chirimoyo (*Annona cherimola Mill.*) y el litchi (*Litchi chinensis Sonn.*).



Figura 9: fotografía de una planta de especie *Annona Cherimola Mill.* Fuente: elaboración propia.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Figura 10: fotografía tomada de cultivos de plantas de aguacate *Persea americana Mill.* en Almuñécar. Fuente: elaboración propia.

El cultivo de subtropicales se desarrolla en Andalucía tanto en la Costa Tropical de Granada como en la región de Málaga colindante a la Costa Tropical, debido a sus características climáticas. Veamos algunos datos de superficies cultivadas y de producción de aguacates en estos dos lugares en el año 2019:

Provincia	Superficie en plantación regular					Nuevas hectáreas de plantaciones anuales
	Total			En producción		
	Secano (Ha)	Regadío (Ha)	Total (Ha)	Secano (Ha)	Regadío (Ha)	
Granada		2.647	2.647		2.626	63
Málaga	2	6.803	6.805	2	6.249	1

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Provincia	Rendimientos			
	Superficie en producción		Árboles	
	Secano (Kg/Ha)	Regadío (Kg/Ha)	Diseminados (Kg/Árbol)	Producción (Tn)
Granada		10.505	30	27.589
Málaga	3.000	7.300		45.624

Tabla 2: superficies y rendimientos de los cultivos en Granada y Málaga. Fuente: elaboración propia y Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras 2018 Consejería de Agricultura y pesca de la Junta de Andalucía.

Subsiguientemente, se muestra un listado de variedades de plantas de aguacate cultivadas en la zona de estudio la cual abarca los municipios de Almuñécar, La Herradura, Jete y Otívar. Cada variedad de aguacate corresponde a un determinado patrón de raza de aguacate dentro la propia especie del aguacate, cuya elección según las características del entorno y la producción que se desean obtener es un gran factor clave a tener en cuenta.

Así pues, algunas de las variedades de plantas de aguacate de esta zona de estudio son las siguientes:

- Variedad Hass: cuyo patrón pertenece a la raza Guatemalteca que resiste de forma intermedia al frío y a la salinidad, es un árbol no muy vigoroso y con ramificaciones horizontales, empieza a producir bastante fruto a partir de los 2-3 años, la época de floración del tipo A empieza en los meses de marzo a finales y abril, se cultivan en marcos de 4m x 4m o 5 m, los períodos de maduración del fruto corresponden a los meses de diciembre hasta junio, el fruto es de color verde oscuro casi marrón con piel rugosa y forma de pera cuyo peso oscila entre 100 y 350g, fruto de color violáceo o negro en su piel rugosa cuando empieza a madurar, su pulpa es de color verde amarillento y de gran sabor sin fibra con un contenido de materia grasa entre el 18 y 25%, poco contenido de agua entre un 60 y 70%, gran contenido de vitaminas B y E en el fruto, fruto que se mantiene muy bien por su larga vida una vez cosechado y con gran resistencia al transporte hasta su

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

maduración. Es una de las variedades más cultivadas en esta zona por su fácil transporte y mantenimiento pos cosecha.



Figura 11: fotografía de aguacate variedad Hass. Fuente: elaboración propia.

- Variedad Bacon: cuyo patrón pertenece a la raza híbrida mejicana que resiste de forma muy bien al frío y al viento y poco a la salinidad, es un árbol muy vigoroso y piriforme, empieza a producir fruto a partir de los 3-4 años, la época de floración del tipo B empieza en los meses de marzo a finales y abril, se cultivan en marcos de 5m x 5m o en 4 m en forma de hileras en zonas de cortavientos mientras que si se usa como polinizador se deben poner intercalados entre un 5 y 7 % con otras variedades de aguacates, los períodos de maduración del fruto corresponden a los meses de octubre hasta diciembre, el fruto es de color verde claro con piel lisa con algunos puntos blanquecinos y forma de pera cuyo peso oscila entre 250 y 400g, fruto de color violáceo o negro en su piel rugosa cuando empieza a madurar, su pulpa es de color verde amarillento con mucha fibra y de sabor apiñonado, con un contenido de materia grasa entre el 16 y 18%, fruto con hueso o semilla bastante grande.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Figura 12: imagen de un aguacate variedad Bacon. Fuente:

<https://subtropicaldeluxe.com/product/aguacate-bacon-2/>

- Variedad Fuerte: cuyo patrón pertenece a la raza híbrida mejicana que resiste de forma muy bien al frío y poco a la salinidad, es un árbol muy vigoroso con muchas ramificaciones horizontales, empieza a producir fruto a partir de los 3-4 años, la época de floración del tipo B empieza en los meses de febrero hasta marzo, se cultivan en marcos de 5m x 5m con una longevidad de producción de 15 años, los períodos de maduración del fruto corresponden a los meses de diciembre hasta final de febrero, el fruto es de color verde claro con piel lisa con algunos puntos amarillentos y forma de pera cuyo peso oscila entre 200 y 400g, fruto de color violáceo o negro en su piel rugosa cuando empieza a madurar, su pulpa es de color verde amarillento sin fibra y de sabor excelente, con un contenido de materia grasa entre el 18 y 22% y de ácido oleico entre el 24 y 26%, fruto con hueso o semilla de tamaño mediano, actualmente se ha reemplazado por la variedad Hass ya que la piel de su fruto es bastante delicada en el transporte y recolección y el rendimiento productivo del cultivo es bastante errático.



COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Figura 13: fotografía de la sección de un fruto. Fuente:

<https://www.royalplants.es/productos/frutales-tropicales/aguacates/>

- Variedad Lamb Hass: es una variedad perteneciente al patrón del Hass, tolera bastante bien los vientos y el frío y el ácaro cristalino, fruto de forma más aplanada – cuadrada con la misma textura y piel que el Hass que por eso se suele confundir mucho, hueso o semilla de tamaño mediano, tamaño del fruto y peso mayor que la variedad Hass, período de maduración del fruto corresponden con los meses de mayo y junio por eso se suele combinar con la variedad Hass.



Figura 14: fotografía de la sección de un fruto. Fuente:

<https://www.aguacatesdelavalldeesege.com/lamb-hass/>

- Variedad Gem: muy similar a la variedad Hass, árbol vigoroso y compacto de mayor calibre y productividad que hace que tengan los agricultores menos gasto en la cosecha ya que produce racimos de frutos en su interior, fruto cremoso de pulpa con sabor almendrado cuya cáscara no se pone negra al madurar, fruto con mayor contenido en materia grasa que la variedad Hass, período de maduración del fruto más tardío en unos 30 o 40 días que el Hass, forma del fruto más redondeada y ovalada que la variedad Hass, cáscara del fruto más gruesa que la variedad Hass.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Figura 15: fotografía de la sección de un fruto de la variedad Gem. Fuente: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/06/hass-maluma-y-gem-detalles-varietales-e-infografia-de-las-tres-gemas-de-las-paltas-en-el-mundo/>

- Variedad Carmen-Hass: es una nueva variante de la variedad Hass, cuyos árboles tienen mayor productividad de hasta un 20% más que el Hass, el período de maduración del fruto es más temprano que el Hass, fruto casi idéntico al Hass de color verde oscuro y forma de pera que cuando está madura la cáscara del fruto torna a color morado-negro al madurar, cáscara del fruto es mediana a gruesa, fruto de tamaño entre 140-400 gr, el hueso o semilla es mediano ya que se puede aprovechar casi el 70% de la pulpa, pulpa de es de gran calidad y de sabor a nuez.



Figura 16: fotografía de la variedad Carmen-Hass. Fuente: <https://www.aguacatesdelavalldesego.com/carmen-hass-diferente-del-hass/>

- Variedad Ettinger

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Variedad Zutano: plantados como cortavientos en patrones de 4m, pertenece a la floración tipo B, su fruto de color verde claro es de forma ovalada y cáscara lisa y brillante más delgada, el peso del fruto oscila entre los 200 y 400g, la semilla o hueso es de tamaño mediano o grandeya que se puede aprovechar casi el 65% de la pulpa, y la calidad de la pulpa es mediocre por su poco sabor y textura acuosa.



Figura 17: fotografía fruto variedad Zutano. Fuente:

<https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>

- Variedad Pinkerton: cuyo fruto tiene forma de pera y cáscara o piel gruesa y similar a la de la variedad Hass, tamaño del fruto entre 230 y 425g, el hueso o semilla es pequeño ya que se puede aprovechar la pulpa rica en sabor y de gran calidad en un 82%.



Figura 18: fotografía de la variedad Pinkerton. Fuente:

<https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>

- Variedad Reed: fruto de piel o cáscara redonda y gruesa de color verde, fruto de tamaño grande entre 270 y 680g, el hueso o semilla es bastante tamaño aunque se puede aprovechar la pulpa en un 72% por su mayor peso del fruto, la pulpa tiene

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

gran sabor a nuez y no adquiere color negro tras pelarse la cáscara o piel por eso se está cultivando mucho dado su valor comercial.



Figura 19: fotografía de la variedad Reed. Fuente:

<https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>

2- INTRODUCCIÓN

Tras la revolución industrial se han generado mayores cantidades de residuos tanto agrícolas, ganaderos, agroindustriales debido a la mayor concentración de la población cerca de los núcleos urbanos, mayores usos de los recursos naturales por el actual modelo económico capitalista basado en un modelo consumista en el que se consideran los recursos naturales inagotables, pérdidas de suelo disponible para absorber dichos residuos, producciones intensivas de ganadería y de agricultura, etc.

La creciente preocupación por el medio ambiente es un hecho global, ya que se pueden observar numerosos cambios ambientales a lo largo del auge de la revolución industrial como son el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, el aumento de la temperatura global, la extinción de especies, cambios de equilibrio en los ecosistemas, etc.

Todo esto ha promovido una tendencia global hacia una mayor preocupación por el medio ambiente, que ha culminado con diversas legislaciones tanto europeas como estatales que han puesto en marcha mecanismos legales y unas pautas de conducta que minimicen la generación de residuos ya que el medio ambiente no podrá absorber toda esa cantidad de residuos generados. De este modo se pretende cambiar el actual sistema económico hacia un modelo de economía circular basada en uso eficiente de los recursos naturales y una reducción de las materias primas utilizadas en los procesos de producción. Optimizando la energía, los residuos y los materiales orientándose hacia un modelo basado en la prevención, reutilización, reciclado, valorización y en último lugar la eliminación.

Gracias a dichas pautas se ha promovido en la gestión de residuos diversos tratamientos encaminados hacia su valorización y su reciclado. Una de estos métodos de valorización es el compostaje, el cual es aplicable tanto a agrícolas, como ganaderos o agroindustriales.

Gracias al compostaje se reduce el uso de fertilizantes inorgánicos sobre el suelo los cuales contribuyen al aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera y al consumo de energía en su producción, reducen las necesidades de riego por aumento de la capacidad de retención de agua en el suelo y generan un retorno sobre el suelo del

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

carbono extraído en él por los cultivos y la cosecha de los frutos y hortalizas (Favoino and Hogg, 2008) entre otros beneficios. Además de obtenerse un producto higiénico, libre de patógenos, y económicamente rentable (Kulcu and Yaldiz, 2007).

Como bien sabemos Andalucía dada su gran actividad agrícola (cultivos del olivar, cereales, subtropicales, hortalizas en invernaderos, etc.) genera grandes cantidades de residuos los cuales pueden ser aprovechados para obtener a través de ellos otros productos beneficiosos para la sociedad y para el medio ambiente.

Es por ello, que este estudio analiza aquellos residuos generados cercanos a esta zona como vienen a ser los restos en la producción del guacamol, los restos de poda procedentes de limpieza de parques y jardines municipales, las vinazas de la caña de azúcar y el estiércol caprino; para someterlos a un tratamiento aerobio mediante el compostaje, el cual constituye una opción muy interesante y económica hoy en día para el tratamiento de muchos residuos locales de distinta naturaleza evitando los problemas ambientales sobre el medio ambiente que provocan si se vierten incontroladamente o se aplican de manera directa.



3- CONCEPTOS PREVIOS SOBRE LOS RESIDUOS Y EL COMPOSTAJE

3.1. Definición de residuo

La definición de residuo es contemplada en diversas legislaciones estatales, puesto que este estudio se centra en aquellos residuos procedentes de la agricultura y ganadería, de la industria alimentaria y de aquellos restos vegetales originados en las labores de jardinería es conveniente conocer el significado del término residuo orgánico biodegradable.

El Real Decreto 1481/2001 de 27 de diciembre define residuo biodegradable como aquellos residuos que, en condiciones de vertido, pueden descomponerse de manera aerobia o anaerobia, tales como los residuos de los alimentos, de jardines, el papel o el cartón. El Anteproyecto de ley por el que se modifica la ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados establece el concepto de biorresiduo como aquel residuo de naturaleza orgánica que se puede descomponer de forma aeróbica o anaeróbica, de los jardines y parques; de los residuos alimentarios o de la cocina de los hogares, de los restaurantes, de los servicios de restauración colectiva y establecimientos de venta al por menos; así como aquellos residuos orgánicos procedentes de la industria del procesado de alimentos.

De manera que, los residuos procedentes del procesado de la industria alimentaria así como los residuos de hojarasca, restos de la poda de los cultivos, restos de poda del mantenimiento de jardines o parques, lodos de depuradora, residuos procedentes de la ganadería como son los purines y el estiércol, son residuos de naturaleza orgánica que pueden tratarse a través de diversos métodos produciendo un beneficio en la agricultura o una mejora en lugar de ser eliminarlos sin valorizarlos.

Gracias a la Estrategia 2020 (COM (2010) 2020) junto con la Directiva 2018/851 de 30 de mayo de 2018 por la cual es modificada la Directiva 2008/98/CE “Directiva marco de residuos”, y que deroga la antigua Directiva 2006/12/ Consejo Europeo, se establece un sistema de jerarquización en la gestión de residuos. Con el Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020, el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos PEMAR 2016-2022, el Anteproyecto de ley por el cual se modifica la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados), se recogen una serie de rutas o pautas y un marco jurídico encaminado hacia una economía basada en un uso eficiente de los recursos.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Donde el objetivo principal sea la prevención y el reciclado en las políticas de gestión de residuos, de modo que se minimice la cantidad de residuos generados, se preparen para su reutilización, su reciclaje o su valorización siendo la última opción la eliminación o depósito en vertedero de los residuos.

3.2 Clasificación de los residuos orgánicos y métodos de tratamiento:

A continuación se describen los distintos tipos de residuos orgánicos según su clasificación así como sus diversas opciones de tratamiento.

3.2.1 Residuos agrícolas

A lo largo de la historia se aplicaban los restos de los cultivos junto con los excrementos de los animales sobre los propios cultivos ya que el sistema productivo estaba orientado al autoabastecimiento, de modo que no se generaban residuos agrícolas ni ganaderos. La evolución del sistema económico, el desarrollo tecnológico agrícola para una mayor producción, el sistema de comercio exterior de productos, el auge de la agricultura intensiva con cada vez más producción y grandes áreas de cultivo han propiciado la generación de una mayor cantidad de residuos agrícolas (Blázquez, 2003).

El territorio español debido a sus condiciones climáticas y edáficas lo convierten en un país con una gran actividad agrícola de cultivos hortofrutícolas, cereales, cultivos subtropicales, olivar, etc. destinado mayoritariamente a la exportación. Seguidamente se muestran los datos de producción y de superficies cultivadas (en el año 2019) de algunos cultivos mayoritarios en España:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (toneladas)
Hortalizas	16.796	15.854.317
Frutales de fruto carnoso: aguacate	14.104	97.727
Frutales de fruto carnoso: mango	5.260	38.243
Frutales de fruto carnoso: chirimoyo	3.048	43.645
Total frutales no cítricos	1.062.991	4.922.841
Otros Cultivos leñosos	53.214	43.718
Viñedo	938.441	5.744.198
Olivar	2.601.901	6.496.972

Tabla 3: datos superficies cultivadas y producción por tipo de cultivo en España.

Fuente: estadísticas agrarias MAGRAMA.

Como bien sabemos toda esta actividad agrícola genera gran cantidad de residuos tales como:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Los restos vegetales ya sea de la poda, de la recogida de la cosecha, hojarasca, etc. que derivan del propio cultivo.
- Los envases y restos de fitosanitarios usados en la producción del cultivo.
- Los residuos con gran contenido de materia orgánica que derivan del proceso industrial de la transformación de los cultivos (restos de cosecha, fruta demasiado madura, fruta comida por la fauna, etc).
- Los residuos plásticos usado sobre todo en la agricultura intensiva en los invernaderos por ejemplo.

Existen diversos métodos de reutilización o reciclado de los residuos de modo que no sean depositados en vertederos o depositados sobre el medio ambiente sin control. Por ejemplo, los residuos procedentes de los cultivos del cereal (como son los restos de mazorcas y hojas del maíz, las hojas de la caña de azúcar, los restos de paja, el afrechillo de la primera molienda del cereal, etc.) se usan en la alimentación animal ya que el incremento de la legislación ambiental a nivel mundial ha suscitado una preocupación acerca de la eliminación o incineración en campo de los residuos buscando nuevas alternativas de reutilización de los residuos (Suttie, 2003). Un ejemplo de residuos destinados a la alimentación animal son los restos de la cosecha del cereal que permanecen en el campo y se usan como alimento para el pastoreo de ganado caprino, bovino y equino. Para la alimentación animal los residuos no deben contener trazas de contaminantes fitosanitarios que podrían pasar a los animales.

A lo largo de la historia los agricultores aplicaban sobre los cultivos una capa de material orgánico e inorgánico higroscópico mayoritariamente de origen vegetal (como son restos de paja, estiércol, restos de poda triturados, hojarasca del cultivo) con la finalidad de proteger los cultivos, mantener la humedad persistente y mejorar las condiciones de desarrollo de las plantas, y prevenir la erosión (Gil Albert Velarde, 2015). Esta técnica denominada *mulching* o *acolchado* es un método directo de reutilización o reciclado de residuos.

Además de los métodos de aplicación directa en el reciclado de los residuos agrícolas, existen otros métodos como el tratamiento físico-químico y el biológico.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

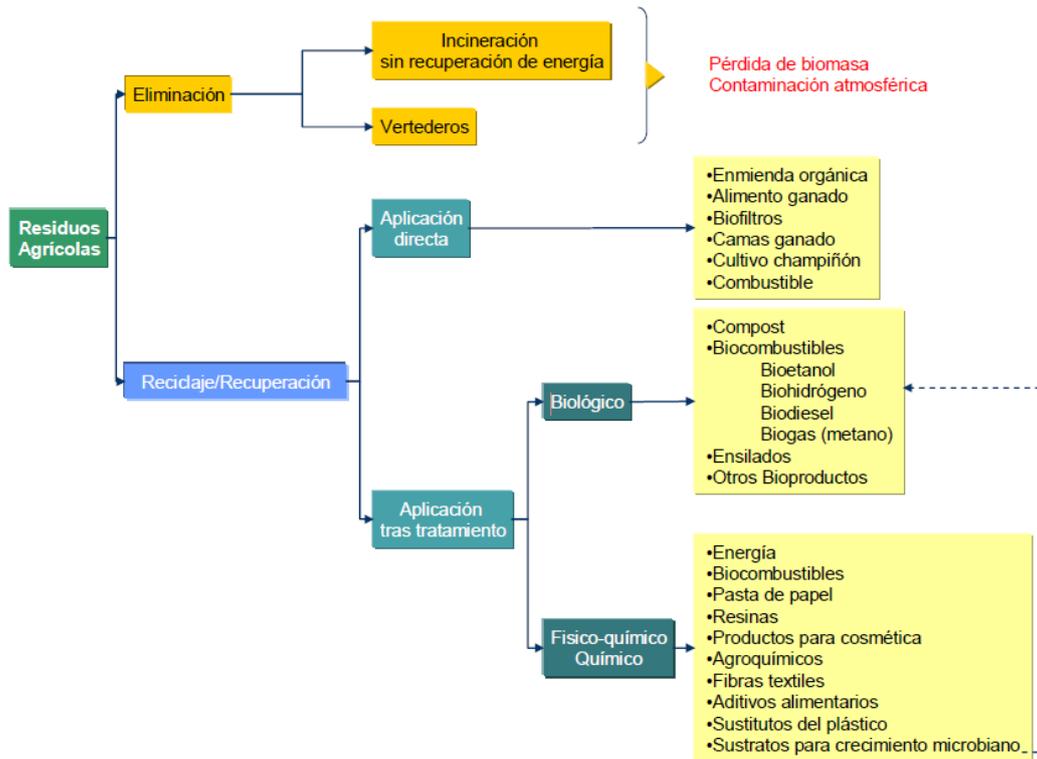


Figura 20: esquema tipos de tratamientos de los residuos agrícolas. Fuente: tratamientos de los residuos agrícolas y ganaderos (María José López López and Rafael, 2008)

Con el método de tratamiento físico-químico se elimina la fracción orgánica de los residuos agrícolas a través del calor a elevadas temperaturas (800 y 1000 °C) para obtener energía o productos útiles en la industria. Estos métodos pueden ser:

- Pirólisis (descomposición de la fracción orgánica del residuo en ausencia de oxígeno y a través de calor a 500°C generándose un biocombustible como producto y un biochar como subproducto)
- Combustión (se oxida la fracción orgánica del residuo mediante el exceso de aire generando calor que puede ser aprovechado)
- Gasificación (oxidación de la fracción orgánica en presencia de una cantidad determinada de aire, oxígeno y/o vapor de agua o en ausencia de oxígeno. mediante una fuente externa de energía generándose un gas de síntesis usado como combustible).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Para la obtención de compuestos químicos necesarios en la industria alimentaria, química, agroquímica, cosmética etc. que aplican un tratamiento químico a la fracción orgánica del residuo agrícola.

El método de tratamiento biológico implica la actividad de los microorganismos para degradar la fracción orgánica del residuo agrícola de manera aerobia o anaerobia. Puede dividirse en varias técnicas:

- Digestión anaerobia: los microorganismos transforman la materia orgánica del residuo en ausencia de oxígeno obteniendo un biogás cuya proporción de metano es entre el 60 u 70%, de dióxido de carbono entre un 20 y 25 % y el resto de H₂ y H₂S, y un digestato compuesto por una mezcla de N, P, K Ca etc. que puede ser usado como biofertilizante. Para evitar problemas en la digestión debido a la difícil degradación de la lignina presente en los residuos agrícolas se puede mezclar con otros residuos como los purines o lodos de depuradora, es lo que se denomina como co-digestión anaerobia.
- Fermentación alcohólica: la fracción lignocelulósica de los residuos agrícolas es fermentada por los microorganismos mediante hidrólisis química, enzimática o microbiana obteniéndose un bioalcohol.
- Compostaje: es un proceso biooxidativo (proceso biológico aeróbico) controlado en el que numerosos microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el residuo bajo unas condiciones determinadas de humedad, temperatura, pH, naturaleza de la materia orgánica, obteniéndose dióxido de carbono, agua y una materia orgánica estabilizada de gran valor fertilizante en la agricultura y libre de fitoxinas denominada compost (Zucconi and De Bertoldi, 2008). Según la ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados establece la definición de compost como aquella enmienda orgánica obtenida a partir del tratamiento biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente. Además dicha ley incluye al compostaje como un método de valorización por el reciclado o recuperación de aquellas sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes. Y promueve la impulsión de la separación selectiva de los biorresiduos generados en los hogares, el compostaje doméstico y comunitario, y

el uso del compost ambientalmente seguro en el sector agrícola, jardinería o regeneración de áreas degradadas según el artículo 24.

3.2.2. Residuos ganaderos

La actividad ganadera ya sea para cría de ganado, para producción de leche, para producción de huevos o consumo cárnico supone la producción de residuos de carácter orgánico. Los cuales a largo de la evolución han pasado a producirse en pequeña cantidad en las zonas rurales (donde se aplicaban los excrementos de los animales como fertilizantes en los cultivos ya que había suelo disponible para el cultivo y el pastoreo), a concentrarse en determinadas áreas o producirse mediante métodos intensivos debido a la industrialización y desarrollo urbano que junto con la actividad agrícola han propiciado una disminución de suelo disponible para el ganado. De modo que se concentra cada vez más estiércol el cual no es absorbido por la agricultura.

Los residuos procedentes de la actividad ganadera se pueden dividir en (Thibadeau, 1997):

- Estiércol: de aspecto sólido formado en su mayoría por las heces, restos de alimentos, restos de orina de los animales, con restos de cama (paja) y si es fangoso contiene más humedad porque hay menos restos de cama y más restos de heces y orina.
- Purines: de naturaleza líquida ya que contiene las aguas de lluvia, las aguas de lavado de las explotaciones ganaderas, las aguas de los bebederos del ganado y la parte líquida de las heces y orina.

Antiguamente estos residuos ganaderos (el estiércol) eran utilizados como abonos por su aplicación directa a los cultivos, hoy en día la generación de dichos residuos representan un problema en su gestión ya que no pueden ser aplicados directamente al suelo agrícola por falta de suelo disponible para absorber estas cantidades de exceso estiércol, y el incremento del uso de fertilizantes químicos por su bajo precio y su fácil aplicación han supuesto una competencia frente a estos residuos (Gondar Bouzada and Bernal Calderón, 2008).

Gracias a diversas directivas europeas hoy en día se ponen en marcha cada vez más mejores métodos de tratamientos de estos residuos para favorecer su valorización en

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

vez de su eliminación. A continuación, se describen los distintos métodos de tratamiento de los residuos ganaderos:

- Aplicación directa en fase sólida o diluido en agua como hemos mencionado anteriormente, para aportar materia orgánica, nitrógeno, potasio y otros minerales al suelo, de modo que se mejoran las características del suelo y se renuevan los nutrientes en él, mejora el rendimiento de los cultivos de manera económica. Las dosis recomendadas son del orden de 10000-40000 kg de estiércol fresco /ha de cultivo.

La cantidad de estiércol o purines a aplicar en el cultivo dependen del tipo de residuo ganadero que es, del tipo de cultivo al que se le aplica el abono, del tipo de suelo y sus características físico-químicas y de la época del año cuando se aplique. Porque hay que tener en cuenta qué proporción de nitrógeno está a disposición del cultivo los primeros años una vez degrada la materia orgánica así como el nitrógeno orgánico que se mineraliza durante el tiempo y las posibles pérdidas de nitrógeno como amoníaco.

Para la aplicación directa de estiércol o purines existen algunos inconvenientes como la contaminación del suelo o de los cultivos si se aplican en dosis excesivas y sin métodos de tratamientos previos ya que la movilidad de los metales pesados en el suelo está relacionada con las características del estiércol aplicado sobre él, condiciones de anoxia en el suelo por la materia orgánica no estabilizada que es degradada rápidamente por los microorganismos consumiendo todo el oxígeno, contaminación de las aguas subterráneas por la filtración de los nitratos por su exceso de nitrógeno; emisión de malos olores y por sus concentraciones de metano y transmisión de agentes patógenos como la *Salmonella* en los aerosoles dispersados en el aire.

- Tratamientos biológicos anaerobios: mediante digestores discontinuos, digestores de flujo a pistón, digestores de mezcla completa o mediante la combinación de dos digestores (un digestor de mezcla completa con un digestor de filtro anaerobio, o de lecho fluidizado o de lecho de lodos UASB) para obtener biogás (formado por 65% de metano y 35% de dióxido de carbono) que se puede utilizar como biocombustible; y un digestato rico en nitrógeno, potasio, fósforo o calcio; o el compostaje para obtener un producto estable y libre de fitoxinas y patógenos de gran valor fertilizante.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Tratamientos biológicos aerobios como el compostaje: como ya se ha descrito anteriormente el compostaje es un proceso aerobio de descomposición de la materia orgánica mediante la acción biooxidativa de los microorganismos sobre los residuos ganaderos como los purines y estiércol de manera que se obtiene un producto estable denominado compost de valor fertilizante. En caso de someter a este proceso los purines o el estiércol se debe añadir un materia con mayor contenido en carbono para equilibrar la baja relación C/N de los purines que son ricos en nitrógeno, como por ejemplo virutas de madera, cortezas de árboles, cáscara de arroz, paja, etc denominados agentes estructurantes.

Mediante esta técnica los residuos ganaderos son valorizados de modo que el suelo recupera su contenido de materia orgánica perdida en la recolecta de las cosechas de los cultivos, el arado y la erosión durante la actividad agrícola y ganadera, mejorando su estructura, sus propiedades físico-químicas, ausencia de patógenos e insectos sobre el suelo y los cultivos

- Tratamientos físico-químicos: se suelen colocar en combinación con los tratamientos biológicos, destaca la separación de fases sólido-líquido mediante la centrifugación o la filtración; la deshidratación por evaporación obteniéndose un producto sólido y estabilizado; la desodorización por aireación o fermentación anaerobia o lechos absorbentes; y la desinfección por sistemas físico-químicos, por sistemas anaerobios para que al aplicarse sobre los cultivos no contengan patógenos ni generen malos olores.

3.2.3. Residuos agroindustriales

Están formados por residuos orgánicos vegetales y animales procedentes de la industria agroalimentaria de origen vegetal (industrias de la elaboración del vino, del aceite, de la cerveza y de la transformación de vegetales como es la elaboración del guacamole o las vinazas procedentes de la fermentación de la caña de azúcar en la elaboración del ron) y animal, por los lodos de las aguas residuales, los residuos orgánicos procedentes del mantenimiento de jardines, residuos orgánicos municipales, etc.

Se pueden tratar:

- Tratamiento biológico aerobio mediante compostaje.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Tratamiento biológico anaerobio: bastante utilizado para los residuos orgánicos urbanos.
- Tratamiento anaerobio.

3.3 Parámetros del proceso de compostaje:

Durante el proceso de compostaje hay una serie de parámetros tales como el pH, la humedad, la temperatura, la aireación, la relación C/N y el tipo de microorganismos que se deben tener en cuenta y están condicionados por el tipo de materia orgánica del residuo a degradar (Madrid Díaz, 1999). Ulteriormente se describen los parámetros que influyen en el proceso de compostaje así como su rango de valores ideales para un compost de calidad.

- Temperatura: es un factor muy importante ya que al formarse la pila de compostaje empieza la actividad microbiana y un aumento de la temperatura al liberarse calor como consecuencia de la oxidación de la materia orgánica del residuo por parte de los microorganismos en presencia de oxígeno. Las especies de microorganismos operan a dos rangos de temperatura óptima para una actividad más efectiva, los microorganismos mesófilos sus rangos de temperatura oscilan entre 15 y 40 °C y los termófilos entre 40 y 70 °C. La temperatura óptima del proceso de compostaje oscila entorno los 45 y 55°C, ya que a temperaturas menores de 20°C se ralentiza la actividad microbiana y a temperaturas superiores a los 60°C sólo sobreviven algunas bacterias.

Como hemos mencionado anteriormente según la actividad microbiana condicionada por el tipo de materia prima y la temperatura de su actividad se pueden distinguir cuatro fases en el proceso de compostaje:

1. Fase mesófila cuyos rangos de temperatura de los microorganismos oscilan en torno a los 10 y 42 °C.
2. La fase termófila cuyos rangos de temperatura oscilan entre los 45 y 70°C.
3. La fase de enfriamiento ya que a partir de los 60°C sólo sobreviven algunas bacterias.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

4. La fase de maduración donde hay menos cantidad de materia orgánica que puede ser degradada y por lo tanto menor actividad por parte de los microorganismos donde se obtiene un compost maduro.

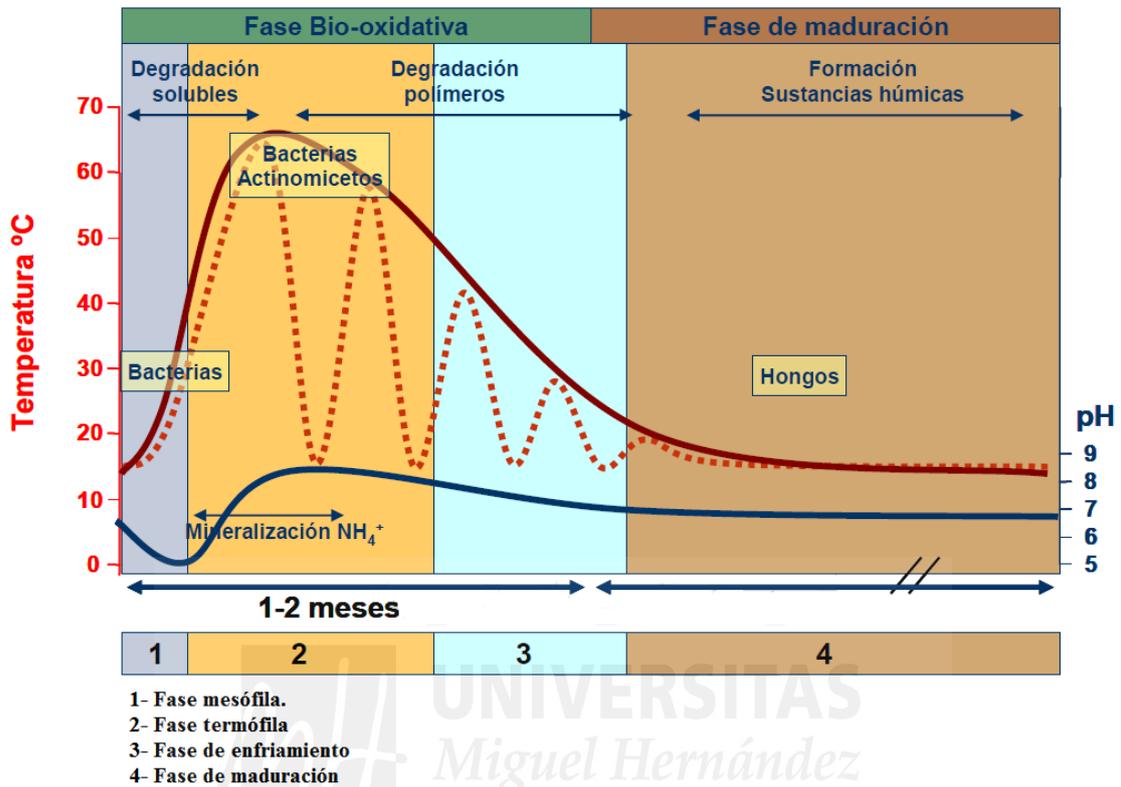


Figura 21: fases en el compostaje según la temperatura. Fuente: (Mormeneo and Moreno, 2008) y elaboración propia.

- Humedad: la humedad óptima del residuo biodegradable debe oscilar al 60%, ya que un exceso de humedad impide que el oxígeno penetre en los poros debido el exceso de agua en la pila provocando condiciones de anaerobiosis (Dios Pérez et al., 2009).

Puesto que el agua realiza el transporte de los alimentos necesarios para la actividad de los microorganismos, la humedad es otro de los parámetros muy importantes en el proceso del compostaje.

- Aireación: como ya sabemos el compostaje es un proceso aeróbico, en el que los microorganismos necesitan oxígeno para degradar la materia orgánica. Durante la biooxidación de la materia orgánica el contenido de oxígeno disminuye ya que a

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

medida que se acelera la degradación dentro de la pila de compostaje por parte de los microorganismos aeróbicos más velocidad de descomposición y más dióxido de carbono se produce. Si la pila de compostaje no está bien aireada los microorganismos aeróbicos son reemplazados por anaeróbicos, menos velocidad de descomposición y se producen malos olores por la emisión de gases como el metano (Bueno Márquez et al., 2008).

- pH: varía según las fases, en la fase mesófila disminuye el pH por la liberación de ácidos orgánicos por parte de la biooxidación microbiana, en la fase termófila el pH se vuelve más alcalino debido a los ácidos orgánicos y la producción de amoníaco en la descomposición de las proteínas, en la fase de maduración del compost el pH alcanza valores más neutros por la formación de compuestos húmicos que actúan como tampones (Bueno Márquez et al., 2008). Cuando el compost es inmaduro el pH es bajo por la presencia de anaerobiosis al liberarse los ácidos orgánicos, mientras que si el pH es demasiado elevado se pierde nitrógeno en la pila de compostaje ocasionando la muerte de los microorganismos de la pila al no tener a su disposición nitrógeno disponible para la degradación de la materia orgánica. Los valores óptimos del pH en un compost oscilan entre 7 y 8 (Suler and Finstein, 1977).
- Tamaño de las partículas: cuanto mayor superficie tenga la materia orgánica a disposición para los microorganismos más capacidad de biooxidación ejercerán estos sobre ella. Si la superficie es demasiado pequeña dificulta la difusión de oxígeno hacia el interior de la pila, menor actividad microbiana y menor espacio entre las partículas (Bueno Márquez et al., 2008). Mientras que si la superficie de la pila es demasiado grande hay pérdidas de humedad en la pila y poca actividad microbiana. Los tamaños óptimos varían según los distintos autores 1 y 5 cm (Haug, 2018), entre 2 y 5 cm (Kiehl, 1985) o entre 2,5 y 2,7 cm (Tchobanoglous et al., 1994).
- Relación C/N: es uno de los factores importantes a controlar ya que la materia orgánica que va ser degradada por los microorganismos contiene carbono y nitrógeno necesarios para la obtención de energía y para la síntesis del material celular. La relación carbono/nitrógeno óptima para un material que se va a biodegradar oscila entre 25-30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (Jhorar et al., 1991). Relaciones carbono/nitrógeno elevadas implican mayor contenido de carbono, de modo que la velocidad del proceso de biooxidación

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

disminuye por la falta de nitrógeno disponible para los microorganismos para la síntesis proteica (Bueno Márquez et al., 2008). Para corregir valores elevados de relaciones C/N en la mezcla del compostaje se suele hacer bien reduciendo la cantidad de carbono o material celulósico o añadiendo algún material con fuente de nitrógeno como son los estiércoles o subproductos de origen animal, los vegetales jóvenes o los residuos de los mataderos, o el nitrato amónico o la urea en el caso de compost de uso convencional.

Cuando la relación C/N es inferior a 20 en el material orgánico de partida que se va a biooxidar, la velocidad del proceso de biooxidación va ser mayor (Golueke and Diaz, 1987); se van a degradar los compuestos orgánicos rápidamente pero el exceso de nitrógeno de la mezcla es desprendido como amoníaco suponiendo un derroche de N por los cultivos así como un problema medioambiental de emisión de gases de efecto invernadero (Hedegaard and Krüger, 1996); y al degradarse casi todo el contenido orgánico con gran rapidez se propicia condiciones de anoxia por el agotamiento del oxígeno en la biooxidación microbiana.

En lo que respecta al compost se considera que está maduro si su relación C/N es inferior a 20 y cercano a 15.

- La materia orgánica inicial: para la obtención de un compost de calidad se debe de conocer el contenido de materia orgánica del material de partida (Kiehl, 1985). En el proceso de compostaje el contenido de materia orgánica inicial en la mezcla disminuye por la mineralización y pérdida de carbono como dióxido de carbono (Zucconi and De Bertoldi, 1987).
- Conductividad eléctrica: depende del material inicial tanto de su composición como de su naturaleza por la concentración de sales que tenga y por la cantidad de iones amonio o nitrato que se formen en el proceso de compostaje (Sánchez-Monedero et al., 2001). En el proceso de compostaje la conductividad eléctrica aumenta ya que se mineraliza la materia orgánica, puede ocurrir un descenso de la conductividad eléctrica por exceso de humedad que ocasionan un lavado de sales (Bueno Márquez et al., 2008).

Antes de aplicar un compost maduro sobre el suelo donde se quiere mejorar el rendimiento agrícola o su calidad hay que determinar la propia conductividad eléctrica del suelo, para no crear un exceso de sales sobre el suelo. Lo ideal es que el compost maduro posea una conductividad eléctrica que oscile entre los 1500-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.4 Fases del proceso de compostaje:

- Fase preparatoria del material inicial: se selecciona aquellos materiales orgánicos que van a formar la pila de compostaje para lograr una correcta relación C/N en la mezcla (lo óptimo en el material de partida es una relación C/N en torno a 30 ya que es lo que necesitan los microorganismos de carbono para su actividad), un buen tamaño de partícula, una buena humedad, libres de fitoxinas, y se acondicionan (se trituran, se criban, etc para que tengan un tamaño adecuado) (Álvarez de la Puente, n.d.).
- Fase mesofílica: donde el material inicial que se va a biodegradar se encuentra a temperatura ambiente de modo que los microorganismos mesófilos (bacterias *Bacillus* y *Thermus*) se multiplican con bastante rapidez al usar los hidratos de carbono y proteínas de fácil asimilación presentes en el material inicial. Incrementándose, por lo tanto, la temperatura en la mezcla debido a la actividad microbiana (hasta los 40°C) y acidificándose o disminuyéndose el pH, como consecuencia de la formación de compuestos ácidos orgánicos.
- Fase termofílica: cuando las temperaturas son superiores a los 40°C en la mezcla empieza la actividad de los microorganismos termófilos (por parte de bacterias y hongos del grupo de los actinomicetos *Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actinomyces*) que degradan la celulosa y la lignina hasta los 70 °C debido a la gran actividad microbiana. Con las altas temperaturas alcanzadas en esta etapa del proceso de compostaje se eliminan los patógenos y parásitos presentes en la mezcla inicial.
En esta etapa los ácidos orgánicos producidos durante la fase mesofílica son degradados por la comunidad microbiana con el consecuente aumento del pH.
- Fase de enfriamiento: al haberse degradado toda la materia orgánica de la mezcla inicial vuelven a aparecer microorganismos mesófilos (bacterias y hongos *Aspergillus* y *Mucor*) dentro de la pila de compostaje que usan la lignina y celulosa residual disminuyendo la temperatura debajo de los 40 °C debido a la menor actividad microbiana, y por consiguiente disminuyen el pH de la pila.
- Fase de maduración: en esta etapa se estabiliza el compost a temperatura ambiente, empieza la humificación por parte de microorganismos como los actinomicetos que forman ácidos húmicos y disminuyen la fitotoxicidad del

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

compost al inhibir el crecimiento de bacterias y patógenos, desciende el consumo de oxígeno, aparecen otros microorganismos que finalizan el proceso de maduración del compost como son las lombrices o cochinillas. Dando lugar a un compost maduro con fines agrícolas.

3.5 Tipos de sistemas de compostaje

Son sistemas o mecanismos donde se desarrolla el proceso de compostaje para la obtención de un compost estabilizado y de calidad con valor fertilizante. Se clasifican estos sistemas en abiertos o cerrados en función de si son al aire libre o cerrado donde el proceso se da en unos reactores cerrados que requieren de una maquinaria especializada y de mayor coste económico. A continuación se describen los distintos tipos:

- a. Sistemas abiertos: se realizan al aire libre como hemos mencionado anteriormente, son métodos sencillos que no necesitan mucha envergadura ni capital económico que requieren que se separe previamente al compostaje las fracciones de materiales no biodegradables presentes en el material inicial a compostar, se aplican en áreas pequeñas o medianas donde el terreno es bastante abrupto, rural o semi-rural. Se dividen a su vez en:
 - i. Compostaje en pilas estáticas con aireación natural: el material inicial a compostar se deposita en el suelo en forma de pilas cuya base oscila entre 2,5 y 3 m (con más pendiente en épocas de lluvia o en terrenos con mayor pendiente), en este tipo de pilas la aireación se produce por difusión y movimiento natural del aire, que implican un flujo de entrada de oxígeno desde el exterior de la pila y la correspondiente liberación de dióxido de carbono desde el exterior.
Son sistemas antiguos de poco coste tanto de material como de personal, pero para obtener un buen compost necesita un año para que finalice el proceso de compostaje, mucha superficie de terreno, y al realizarse un solo volteo por año podrían darse condiciones anóxicas dentro de la pila.
 - ii. Compostaje en pilas estáticas con aireación forzada: la pila de compostaje es estática, pero el oxígeno se suministra mediante un sistema mecánico a través de tuberías perforadas asociadas a unos soplantes que garantizan el

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

flujo de aire a las pilas gracias a los ventiladores individuales asociados a dichas tuberías. El flujo de aire puede hacerse por presión positiva o por presión negativa que es más eficiente ya se absorbe el aire desde los materiales del exterior para ser distribuido después en las tuberías, y permite el tratamiento de los posibles olores presentes en el flujo de aire. En este sistema el flujo de aire se activa cuando la temperatura de la pila a compostar sobrepasa los límites de temperatura fijados, o para el mantenimiento de condiciones aeróbicas en el proceso de biooxidación de la materia orgánica si la temperatura de la pila es inferior a la fijada (Finstein et al., 1983).



Figura 22: aireación forzada en pilas de compostaje. Fuente: <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>

Este tipo de sistema puede tratar mayores cantidades de residuos, requiere tiempos de compostaje menores que las pilas estáticas de aireación natural (alrededor de seis y doce semanas se produce el proceso de compostaje en las pilas estáticas de aireación forzada frente a un año en las pilas estáticas de aireación natural) pero requieren mayor inversión en maquinaria, equipos de aireación y de personal.

- iii. Compostaje en pilas estáticas de aireación pasiva: donde el material se acumula en pilas y el flujo de oxígeno se realiza por convección térmica principalmente, de modo que el aire caliente asciende desde el interior de la pila al exterior creando un vacío que provoca la entrada de aire fresco

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

de los lados de la pila gracias a un sistema de tuberías que atraviesan el interior de la pila y abiertos al aire libre.



Figura 23: pilas estáticas de compostaje de aireación pasiva. Fuente: Sistemas de Compostaje. Junta de Andalucía.

- iv. Compostaje en pilas por volteo: requieren de una agitación o volteo periódico de los materiales de la pila de modo que penetre el oxígeno por la reconstrucción del espacio poroso facilitándose el movimiento del oxígeno por difusión y convección, y permiten la mezcla de los materiales que se van a descomponer mezclándose las capas más externas de la pila de compostaje con aquellas más internas cuya temperatura es mayor y poseen mayor actividad microbiana. Las dimensiones de la pila deben ser mayores entre 3 m de largo y 2,5 m de altura, la frecuencia del volteo depende del tipo de material inicial y de su contenido en humedad, el tiempo de estancia en esta zona suele oscilar entre 2 a 4 semanas para pasar el compost posteriormente a la fase de maduración. El volteo se puede realizar a través de una pala cargadora que voltea la pila sin pisarla ni compactarla, mediante volteadores autopropulsadas de mayor coste, mediante volteadores automáticas, volteadoras de meseta, volteadores de túnel (usadas para grandes cantidades de material inicial y el compostaje se realiza en pilas en túneles), volteadoras triangulares útiles en terrenos abruptos, etc.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

El tipo de volteo condiciona el tamaño del espacio disponible para el proceso de compostaje, la separación entre las hileras de las pilas de compostaje, y el propio tamaño de la pilas de compostaje.

Este tipo de técnica presenta un coste de maquinaria y de equipo bastante económico pero necesita mayor superficie de terreno que permita una separación entre las hileras y el volteo con la maquinaria.



Figura 24: pala cargadora. Fuente: (Álvarez de la Puente, n.d.)



Figura 25: volteadora automática. Fuente: Solera del Río, Rosario. Unidad 3, Asignatura aspectos técnicos del proceso de compostaje. Máster UMH.

- b. Sistemas cerrados: se realiza el compostaje en reactores cerrados donde el material a compostar se introduce de modo que se controla la aireación, la humedad, y demás parámetros del proceso de compostaje mecánicamente. Generalmente se usan para aquellos lugares donde el material a compostar se ubica cercano a una población grande. Son métodos mucho más costosos por el tipo de mecanismos que necesitan, poseen un sistema de aireación forzada, necesitan una fase de maduración del compost al aire libre o en naves abiertas,

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

permiten un control de los olores emitidos y de los parámetros del compostaje (humedad, temperatura, pH, etc.) de manera más eficaz. Pero necesitan menor superficie para su funcionamiento.

Pueden ser mediante reactores de dos tipos:

- i. Reactores verticales: pueden funcionar de modo continuo en el que el material inicial está en forma de una sola masa y un tiempo de residencia de 2 semanas en el reactor, o de modo discontinuo en el que el material inicial a compostar está a distintos niveles y el tiempo en el reactor es de 1 semana.

Reactores verticales continuos presentan una altura entre 4 y 10 m y hasta 3000 m³ de capacidad de volumen. Poseen un sistema de entrada del material inicial dentro de un cilindro vertical donde hay un sistema de aireación forzada en la base del reactor que permite la entrada de oxígeno, consta de un sistema de salida del material biooxidado y de un sistema de salida de gases. Pueden tener forma circular

Los reactores verticales discontinuos formado por cilindros divididos en varios niveles, en el que el material inicial se sitúa en la parte superior del cilindro y mediante volteos mecánicos y un sistema de agitación desciende a los niveles inferiores donde se recolecta el compost para pasar a la fase de maduración, y los gases emitidos.

- ii. Reactores horizontales: están formados por un cilindro horizontal que gira sobre sí mismo de forma continua o intermitentemente de modo que el volteo mezcla y agita el material en el tambor, los cilindros poseen una ligera inclinación, y el tiempo de permanencia del material inicial es de 24 a 36 horas para una correcta separación de la materia orgánica del resto de componentes de la mezcla. El material resultante es compostado posteriormente sobre pilas, la aireación se realiza mediante un sistema a contracorriente con un ventilador, y hay un sistema de entrada del material inicial y de salida del material degradado y de los gases.



Figura 26: reactor cilindro horizontal rotativo. Fuente:(Álvarez de la Puente, n.d.)

3.6. Determinación del compost maduro

El compost para ser aplicado como enmienda orgánica sobre los cultivos o para su uso como sustrato no debe contener patógenos, ni fitoxinas, y debe cumplir con unos parámetros adecuados, ya que si se aplica un compost inmaduro sobre el suelo al ser su relación C/N elevada aumentan los microorganismos que utilizan el nitrógeno del suelo para su actividad celular bloqueando de este modo el nitrógeno asimilable y descendiendo la cantidad de dicho nitrógeno para las plantas, disminuye el contenido de oxígeno del suelo favoreciendo las condiciones anóxicas en el suelo y la solubilidad de los metales pesados, y se inhibe la germinación o desarrollo de las plantas por la elevada temperatura del compost.

En resumen la madurez del compost se puede determinar bajo varios métodos en conjunto:

- a) Test físicos: son sencillo de utilizar y se basan en la ausencia de olor desagradable en el compost maduro parecido al olor que desprende la tierra mojada, el color del compost debe ser de tonos pardos a marrones oscuros, y la temperatura en la fase de maduración para asegurarse que el compost maduro no contiene patógenos ni semillas ni fitoxinas debe alcanzar los 35 y 55°C siempre y cuando se haya determinado las temperaturas óptimas en la fase mesófila y termófila.
- b) Test biológicos: mediante conteo de los microorganismos mediante técnicas de perfil de ácidos grasos de fosfolípidos, perfil de quinonas, técnicas moleculares de ácidos nucleicos; o medidas de la actividad metabólica de los microorganismos como son los test respirométricos (por ejemplo SOUR o tasa específica de

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

consumo de oxígeno que mide la tasa máxima de consumo de oxígeno en una suspensión de la muestra de compost con agua a 30°C durante 5 o 6 horas de incubación, donde el valor del compost maduro corresponde a un consumo máximo de oxígeno de 1mg de oxígeno VS h⁻¹), test DEWAR de autocalentamiento ya que la medida del consumo de oxígeno o la emisión de dióxido de carbono son de las técnicas más fiables para indicar el grado de madurez del compost porque al principio del proceso de compostaje hay mayor consumo de oxígeno por los microorganismos que degradan los residuos y disminuye a lo largo del proceso hasta el final.

- c) Medidas de la fracción húmica: el ratio ácido húmico/ácido fúlvico es un cálculo muy conocido para determinar la madurez del compost, se puede realizar mediante cromatografía circular aislando sustancias húmicas de la muestra del compost de modo que se alcanza la madurez si en la muestra del papel de filtro aparece una mancha más oscura e intensa en el centro y clara en los bordes; o mediante métodos colorimétricos.
- d) Test químico: el más conocido es el ratio C/N en la fase sólida (COT/NOT) que es una condición necesaria para establecer el grado de madurez ya que es considerable que el compost maduro tenga dicha relación menor a 20 , y en torno a 30 para la muestra inicial. Aunque puede darse el caso que un compost maduro presente una relación C/N mayor de 20 ya que parte del carbono orgánico se encuentra bajo formas de lignina o celulosas que no se degradan fácilmente por los microorganismos.

Otro método químico es la ratio C/N orgánico en fase soluble en agua, ya que durante el compostaje los compuestos solubles de la materia orgánica del residuo son asimilados por los microorganismos mientras que los compuestos insolubles son degradados mediante exoenzimas para convertirlos en solubles.

Por tanto calculando el carbono orgánico y el nitrógeno orgánico en la fase soluble en el compostaje se alcanzan valores desde los 30 hasta la estabilización del producto al degradarse el residuo alcanzando los valores entre 5 y 6 que indican la madurez del compost. O mediante el pH cuyos valores en el compost maduro oscilan entre 7 y 8; la conductividad eléctrica que se encuentra entre los valores de 1500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; o la capacidad de cambio catiónico ya que aumenta cuando el compost ha alcanzado el grado de madurez ya que proporciona información

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

sobre la capacidad de inmovilización de las sustancias fitotóxicas así como de la retención de los nutrientes.

- e) Test de fitotoxicidad: que se basan en la inhibición sobre la germinación de las semillas por los compuestos fitotóxicos presentes en el compost inmaduro.

La legislación española establece una serie de parámetros que han de cumplir aquellos abonos orgánicos como el compost. La Orden PRE/630/2011 de 23 de marzo, por la que se modifican los Anexos I, II, III, IV, V y VI del Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes, establece en su Anexo I las condiciones que deben tener los abonos orgánicos como el compost que figuran en el Grupo 6 (los cuales se pueden ver en el Anexo IV de este estudio). En lo que concierne dicha Orden, en su anexo V se establecen unos parámetros de calidad que deben adquirir aquellos productos fertilizantes elaborados con residuos orgánicos, que quedan recogidos en esta tabla:



COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

% Nitrógeno Orgánico	Mínimo un 85 % del total		
Granulometría	El 90% debe pasar por una malla de cribado de 10mm		
Límite máximo de microorganismos	<i>Salmonella</i>	Ausente en 25 g de producto	
	<i>Escherichia coli.</i>	< 1000 NMP/g producto	
Límite de concentración de metales pesados (mg/kg de materia seca)	Cadmio	Clase A	< 0,7
		Clase B	< 2
		Clase C	< 3
	Cobre	Clase A	< 70
		Clase B	< 300
		Clase C	< 400
	Níquel	Clase A	< 25
		Clase B	< 90
		Clase C	< 100
	Plomo	Clase A	< 45
		Clase B	< 150
		Clase C	< 200
	Zinc	Clase A	< 200
		Clase B	< 500
		Clase C	< 1000
	Mercurio	Clase A	< 0,4
		Clase B	< 1,5
		Clase C	< 2,5
	Cromo total	Clase A	< 70
		Clase B	< 250
		Clase C	< 300
		Clase B	
		Clase C	

Tabla 4: parámetros de calidad de los fertilizantes orgánicos según Anexo V de la Orden PRE/630/2011 de 23 de marzo, por la que se modifican los Anexos I, II, III, IV, V y VI

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

del Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes del Real Decreto
824/2005.

En este anexo de dicha orden se fijan unas limitaciones de uso:

1. Sin perjuicio de las limitaciones establecidas en el capítulo IV, los productos fertilizantes elaborados con componentes de origen orgánico se aplicaran al suelo siguiendo los códigos de buenas prácticas agrarias.

2 Los productos de la clase C no podrán aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis superiores a cinco toneladas de materia seca por ha y año. En zonas de especial protección, particularmente a efectos del cumplimiento del Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero, por el cual se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, las comunidades autónomas, modificarán en su caso, la cantidad anterior. ...”



4- OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto consiste en la aplicación de un sistema de compostaje para los residuos agrícolas, ganaderos y agroindustriales generados sobre todo en los municipios de la Costa Tropical donde predomina el cultivo de los subtropicales. Este estudio se ha centrado en el municipio de Almuñécar donde la proliferación del cultivo de subtropicales está en auge y hay empresas que manufacturan el aguacate para dar lugar al guacamole cada vez más comercializado y demandado por las empresas de ventas del sector alimentario.

Gracias a este sistema de compostaje se pretende reciclar los residuos tanto agrícolas como los residuos orgánicos procedentes de la industria alimentaria de esta zona para obtener un producto de gran valor fertilizante para los agricultores que cultivan los subtropicales en esta zona. Para ello hemos buscado y analizado aquellos residuos generados en esta zona de estudio, cuyo coste económico para su recolección y tratamiento no sean muy costosos y que presenten características físico-químicas adecuadas para su compostaje: tales como los residuos orgánicos de la industria alimentaria generados en la manufactura del guacamole generado por Frutas Los Cursos en Almuñécar, los restos de poda (procedentes de la limpieza de parques y jardines por parte del Ayuntamiento de Almuñécar), el estiércol caprino producido en pequeñas explotaciones ganaderas o por particulares ubicados en la Costa Tropical, así como la vinaza producida en la elaboración del Ron Montero con caña de azúcar en Motril . De modo que este estudio consiste en una aproximación teórica para la obtención de un compost maduro y de calidad con valor fertilizante de gran utilidad en dicha zona.

Otro objetivo de este estudio es la recopilación de la legislación vigente aplicable al proceso de elaboración del compost, junto con un recopilatorio de las medidas de seguridad ambiental a tener en cuenta durante la puesta en marcha de la planta de compostaje, así como las medidas encaminadas a la prevención de riesgos y al buen manejo de la maquinaria.

5- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Residuos locales y elección de los materiales de partida

Restos de la elaboración del guacamole:

Este residuo procedente de la industria alimentaria “Frutas Los Cursos” ubicada en la localidad de Almuñécar que fabrica guacamole elaborado con un 95% de aguacate de gran calidad. Dicho residuo se caracteriza por la presencia de huesos de aguacate y piel de aguacate ya maduro, ya que los restos de pulpa son aprovechados en su 95%. Posee un aspecto bastante pastoso, rico en materia orgánica y en grasas, pH entre 4 y 5 (Alvarez de la Puente et al., 2013). Al procesarse el guacamole con aguacates ya maduros, el contenido de humedad suele presentar valores en torno al 62 % y 60 % según el estado de madurez de los aguacates (Márquez et al., 2014), los valores de humedad en los aguacates maduros tienden a disminuir por la relación entre el desplazamiento de las moléculas de agua por parte del aumento del contenido de aceite en el fruto (Davenport and Ellis, 1959). Respecto al contenido del % materia seca conforme el fruto de aguacate es más maduro su % de materia seca aumenta, presentándose valores sobre 36 y 38% (Márquez et al., 2014).

Estiércol caprino:

Presente en muchas pequeñas explotaciones caprinas tanto en la provincia de Granada como en Málaga. En 2019 el número de cabras censadas en Andalucía en la provincia de Granada fueron 152.860 entre ellas 31.457 eran chivos, 5.010 eran machos, 35.362 hembras sin parir nunca, 63.538 hembras de ordeño y 16.773 hembras de no ordeño que han parido (según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía).

En los municipios de la Costa Tropical como Almuñécar, Salobreña, Molvízar e Ítrabo se pueden encontrar pequeñas explotaciones caprinas, y algunos particulares con ganado caprino a nivel particular con alrededor de 300 o 600 cabezas de ganado (Fuente: OCA Motril). Estos estiércoles están cerca de dichas explotaciones caprinas al aire libre por lo que su contenido en humedad ha disminuido. A continuación, se muestran las características físico-químicas del estiércol caprino-bovino (Tortosa et al., 2012):

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Humedad (%)	38,5	Fósforo (P, g/kg)	2,2
pH	8,51	Potasio (K, g/kg)	16,5
Conductividad eléctrica (dS/m)	11,33	Calcio (Ca, g/kg)	100,9
Materia orgánica (%)	45,6	Magnesio (Mg, g/kg)	18,7
Lignina (%)	21,1	Sodio (Na, g/kg)	3,9
Celulosa (%)	11,4	Azufre (S, g/kg)	3,2
Hemicelulosa (%)	11	Hierro (Fe, mg/kg)	4139
Carbono orgánico total (COT, %)	25,2	Cobre (Cu, mg/kg)	51
Nitrógeno total (NT, g/kg)	17,7	Manganeso (Mn, mg/kg)	226
Amonio (NH ₄ ⁺ , mg/kg)	889	Zinc (Zn, mg/kg)	185
Nitrato (NO ₃ ⁻ , mg/kg)	520	Plomo (Pb, mg/kg)	12
Nitrito (NO ₂ ⁻ , mg/kg)	No detectado	Cromo (Cr, mg/kg)	19
Relación C/N	14,3	Níquel (Ni, mg/kg)	25
Contenido grasa (%)	0,5	Cadmio (Cd, mg/kg)	No detectado
Carbohidratos hidrosolubles (%)	0,4		
Polifenoles hidrosolubles (%)	0,3		
Carbono hidrosoluble (COH, %)	3,5		

Tabla 5: características físico-químicas del estiércol caprino.

Al encontrarse al aire libre dicho estiércol, algunos ganaderos lo utilizan como abono para sus cultivos quedando por lo tanto mucha cantidad de estiércol como residuo sin ningún tratamiento para su valorización.

Restos de poda de jardinería municipal del Ayuntamiento de Almuñécar:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Compuestos por restos picados y triturados de hojas de palmera sin semillas, césped, adelfas, ficus y pinos en su mayoría. Los residuos de jardinería generados en la limpieza de parques y jardines por parte del Ayuntamiento del municipio de Almuñécar están compuesto por aproximadamente un 70% son restos de hojas y césped y un 30% de material leñosos (árboles como pinos, ficus, adelfas etc). En el año 2019 la cantidad de restos de poda de jardinería en la limpieza de parques y jardines en el Ayuntamiento de Almuñécar fueron de 313.720 kg.

Su relación C/N inicial podría oscilar en torno a los valores de 73,8 (Álvarez de la Puente et al., 2013), los materiales como el césped cuyo contenido en humedad es mayor tienen menor relación C/N 20,1 y un 43,22 % de C y un 2,15 % de N (Tchobanoglous et al., 1994); mientras que los materiales más leñosos como la madera de pino su relación C/N es de 723 con un % de C de 50,61 y un % de N de 0,07, las hojas de palmera y restos de poda del ficus la relación C/N es mayor (del orden de 400-700:1) (Sánchez Díaz, 2009).

Dichos residuos varían en las proporciones de cada especie según la estación del año, ya que en épocas de invierno hay más desarrollo de plantas leñosas y por tanto mayor proporción de residuo de restos de poda procedente de árboles tales como pinos, ficus, etc. habrá en la mezcla de todos los restos de poda de la limpieza de parques y jardines de dicha localidad.

Vinazas:

Procedente de la fábrica de Ron Montero situada en Motril (en la carretera N-340 Salobreña-Lobres), que fabrica ron gracias a la caña de azúcar introducida en la vega del Río Guadalfeo en la época de los musulmanes para ser exportada posteriormente por América durante el reinado de los reyes de Castilla, aunque actualmente para su elaboración importen caña de azúcar procedente de la República Dominicana por falta de stock cultivado en España.

Las vinazas son un subproducto generado en la fermentación para la producción de alcohol de la melaza de la caña de azúcar (se generan entre 10 y 15 l de vinaza por cada litro de alcohol).

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

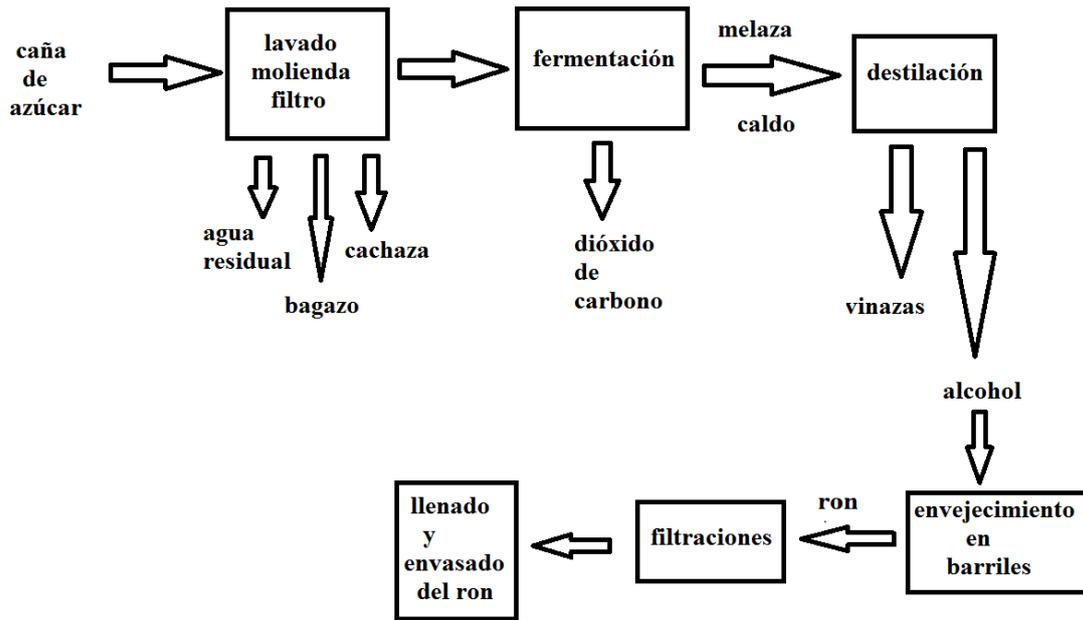


Figura 27: diagrama de la fabricación del ron con caña de azúcar. Fuente: elaboración propia

Este residuo es un material de naturaleza líquida de color marrón, compuesto por un gran contenido de compuestos orgánicos procedentes de la mezcla de jugo con la melaza de la caña de azúcar (como pueden ser los aminoácidos, proteínas, lípidos, clorofila, lignina, quinonas, ceras, etc.) de modo que pueden llegar a contener hasta 17kg MO/m³ (Melchor et al., 2008). Su relación C/N es de 12,35 por lo que no causa problemas de inmovilización de nitrógeno, un pH de carácter ácido, bajo contenido en fósforo y alto contenido de potasio, nitrógeno total. Al poseer naturaleza líquida debe ser almacenada en tanques cubiertos y bien sellados para evitar la generación de lixiviados.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

pH	4,35
Conductividad eléctrica (dS/m)	3,71
Relación C/N	12,35
DQO (g/L)	54,25
Potasio % kg/m ³	2,65
Nitrógeno total (%)	0,63
Humedad (%)	99,32
Hierro (%)	3,01
Manganeso (%)	2,01
Sodio (%)	0,28
Zinc (mg/L)	3,02
Aluminio (%)	0,001
Cobre (mg/kg)	0,52

Tabla 6: características físico-químicas de la vinaza de caña de azúcar. Fuente: (Bohórquez et al., 2014)

Este residuo al poseer mucha cantidad de materia orgánica y elevado contenido en sales solubles por su concentración de sodio, potasio y hierro puede causar problemas de salinización de los suelos (Quiroz Guerrero and Pérez Vázquez, 2013), y contaminación de los acuíferos subterráneos.

Puesto que este estudio teórico se ha basado en las características y parámetros ya establecidos de los residuos iniciales no se ha efectuado un análisis sobre los parámetros físico-químicos de los residuos iniciales. Resumiendo, los residuos

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

procedentes de los restos de poda de parques y jardines de la localidad de Almuñécar han sido seleccionados como agente estructurante de la mezcla ya que son generados en mayor cantidad que los residuos de guacamole. En lo que respecta a las vinazas al ser líquidas dificulta su manejo y gestión de modo que lo ideal es que pierdan humedad y sean mezcladas con un residuo sólido cuya relación C/N y su pH sea más elevado como viene a ser el estiércol caprino de modo que se complementen el uno al otro en sus parámetros facilitando su co-compostaje (las vinazas de la azúcar de caña son una fuente de K y disminuyen el pH alcalino del estiércol caprino, de modo que el pH sea el adecuado para el inicio del proceso de compostaje y se adquiera un compost que corrija el valor alcalino del pH los suelos del municipio de Almuñécar ricos en carbonatos por las aguas de riego).

5.2 Muestreo y elaboración de las pilas de compostaje

La selección de unos residuos iniciales con unos parámetros adecuados condicionan el equilibrio entre contenidos de carbono y nitrógeno para el correcto desarrollo del proceso de compostaje por parte de los microorganismos (Dalzell and Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991). Por este motivo es importante que se establezcan las proporciones adecuadas de cada residuo para que el proceso de compostaje se desarrolle adecuadamente en la pila a compostar.

Puesto que este estudio se ha basado en una estimación teórica de un proceso de compostaje con determinados residuos locales iniciales, su elaboración se ha basado en anteriores estudios de elaboración de compostaje con residuos similares para la estimación de las proporciones adecuadas en la mezcla a compostar.

Para una adecuada estimación de la proporción de residuos en la mezcla de manera teórica, se debe aplicar una ecuación que relaciona el contenido óptimo de C/N que debe tener la mezcla inicial (alrededor de 30) con el % de carbono y de nitrógeno, el peso seco y la humedad de los residuos de la mezcla (dicha ecuación es mostrada en el Anexo VI de este estudio).

En este estudio se ha procedido a elaborar un modelo teórico de un sistema de compostaje de residuos locales, basado en anteriores modelos de compostaje de residuos

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

de guacamole (Álvarez de la Puente et al., 2013), por ello se ha estimado unas proporciones ideales de 2:3:1 guacamole:poda:estiércol en las pilas de compostaje, de modo que por cada dos palas de guacamole que se viertan con la pala cargadora sean mezcladas tres palas del residuo de restos de poda que constituyen el agente estructurante y el generado en mayor cantidad durante todo el año. En lo que respecta la cantidad de residuo de estiércol lo ideal es una proporción de la pala previamente mezclada con vinaza, para que el contenido de humedad de la vinaza se haya disminuido con la cantidad de estiércol mezclado y no sea tan líquida la mezcla y disminuya el pH alcalino del estiércol caprino.

En lo que respecta el diseño de la construcción de las pilas de compostaje se ha estimado unas dimensiones rectangulares de 4 y 3 m de ancho por 2,5 m de altura máxima construidas con una base y muros de hormigón para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Para poder medir los parámetros del compostaje se ha de establecer un sistema de muestreo en la pila de compostaje y así poder analizar si el compost obtenido ha alcanzado los valores óptimos de un compost maduro, así como otorgar información del rendimiento de la planta de compostaje y de los posibles problemas que puedan surgir a lo largo de dicho proceso. Como hemos mencionado anteriormente este estudio es un modelo teórico para un sistema de compostaje con este tipo de residuos, dada la consistencia líquida del residuo de la vinaza se ha establecido que el sistema de volteo en la pila (el cual facilita la oxigenación de la pila y la actividad degradadora de los microorganismos) debería realizarse dos veces al mes el primer mes y luego una vez al mes para que disminuya la consistencia líquida y se asegure una buena mezcla y oxigenación en la pila. La duración de la fase de maduración para este estudio se ha estimado en 4 meses, y la fase mesófila y termófila en 5 meses (Álvarez de la Puente et al., 2013).

5.3 Resultados y conclusiones del compost obtenido

En esta tabla se ha recopilado los parámetros iniciales de los materiales de la mezcla a compostar sobre la cual se ha aplicado la anterior metodología descrita con anterioridad:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Parámetros	Restos de la elaboración del guacamole	Estiércol caprino	Restos de poda jardinería	Vinaza caña de azúcar
pH	7	8,51	6,5	4,35
% de N		17,7	8,33	
Relación C/N	74	14,3	73,8	12,35
% M.O.	95	45,6	93	15
% humedad	63	38,5	40	99,32
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,83	11,33	0,39	3,71

Tabla 7: características físico-químicas más relevantes de los materiales iniciales del estudio.

Puesto que este estudio se ha basado en una extrapolación sobre otros estudios realizados con residuos similares se podría resumir que en esta mezcla de residuos la densidad aparente debido a la actividad oxidativa microbiana aumenta según se avance en el tiempo transcurrido. El contenido de materia orgánica respecto a los % iniciales se estima que tiende a disminuir por la actividad microbiana (según otros datos con residuos similares a final del proceso de maduración se obtiene un 43 % de M.O para las proporciones restos de poda y guacamole en la mezcla de 1:2 y de un 25 % para aquellas proporciones 1:7 (Álvarez de la Puente et al., 2013).

Con este sistema de compostaje cabe esperar una ausencia de microorganismos patógenos como la *Salmonella* o la *Escherichia coli* ya que el proceso de compostaje alcanza las temperaturas necesarias en cada fase debido al gran contenido de materia orgánica de los residuos el cual es degradado por los microorganismos desprendiendo calor.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

La evolución de la temperatura como consecuencia del calor emitido durante la degradación de la materia orgánica en el proceso de compostaje cabe esperar que tengan tendencia ascendente al principio del compostaje durante su almacenamiento de los residuos, cabe esperar que se alcancen la temperatura de 70 °C de la fase termofílica y que se mantengan las temperaturas ideales de la fase termofílica más de tres meses por la cantidad de materia orgánica que posee la mezcla.

En lo que concierne la humedad, la vinaza posee elevados porcentajes de humedad (99,32%) aunque sea mezcladas en menores proporciones con los residuos de restos de poda de jardinería o de guacamole, les confieren una dificultad en su manejo debido a su elevado contenido de agua. Puesto que los límites permisibles legales para un compost maduro se establecen en torno a contenidos de humedad máxima de un 40 % es posible que en dicha muestra se sobrepase este valor y se deba proceder a un período de secado al aire libre del compost para perder humedad.

No obstante cabe esperar una tendencia descendente del porcentaje de humedad conforme avanzan el tiempo de compostaje, siempre y cuando no se apliquen grandes cantidades de vinaza que por su elevado contenido en humedad podrían generar condiciones de anoxia.

Las relaciones C/N iniciales como se puede observar son mayores en los residuos del guacamole o los restos de poda de jardinería por su mayor contenido de compuestos carbonatados que en los residuos del estiércol caprino o la vinaza. Durante el proceso de compostaje cabe esperar que la relación C/N disminuya debido el equilibrio entre las cantidades de los compuestos ricos en carbono y los compuestos ricos en nitrógeno, de modo que la proporción de la mezcla al final del proceso de compostaje debe lograr adquirir una relación C/N menor de 20 según el Anexo V del Real Decreto 824/2005 sobre fertilizantes.

La evolución del pH en el proceso de compostaje cabe esperar que se acidifique al principio del proceso de compostaje, aumente a medida que se degrada la materia orgánica y alcance un valor alcalino durante la etapa de madurez del compost. Aunque el pH de la vinaza sea bastante ácido al poseer el estiércol caprino un pH bastante alcalino se producirá un equilibrio del pH entre todos los residuos de la mezcla de modo que en la

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

mezcla inicial se pueda iniciar el proceso de compostaje al alcanzarse un pH entorno a los valores entre 5 y 6,5.

La conductividad eléctrica refleja la presencia de sales solubles en el compost maduro, por lo que si hay elevados valores de conductividad eléctrica se inhibe la germinación de semillas en el cultivo donde se aplique dicho compost. Puesto que este estudio es un modelo teórico cabría esperar que la CE se equilibre entre los % de sales entre la vinaza y el resto de residuos. Como bien sabemos la época del año en la que se realice el compostaje influirá en las cantidades de CE del compost maduro, por ejemplo si se realiza en una época en la que hay mayor precipitación el compost maduro tendrá menores cantidades de CE debido al lavado de sales por las precipitaciones.

El contenido de metales pesados dado que los residuos iniciales no poseen elevadas cantidades de metales pesados cabe esperar que el compost maduro cumpla con las exigencias de metales pesados definidas en el Anexo V del Real Decreto 824/2005 sobre fertilizantes.

Para la evaluación del grado de madurez del compost se ha tenido en cuenta los datos elaborados en estudios anteriores con residuos similares, en los que los test de autocalentamiento y los test de germinación mediante semillas de berro indicaron que los residuos similares alcanzaron la consideración de un compost estable (para la proporción de residuos de poda, guacamole 2:1 valores de test de autocalentamiento de 1,7 °C e índice de germinación de un 73,7 % (Álvarez de la Puente et al., 2013)). De modo que para este estudio cabe esperar un comportamiento similar en los parámetros del test de autocalentamiento e índice de germinación que evalúan el estado de madurez del compost obtenido.

En resumen, puesto que este estudio se ha basado en un modelo teórico cabe esperar que el proceso de compostaje entre restos de guacamole, restos de poda de jardinería, estiércol caprino y vinaza de la caña de azúcar alcance la fase termófila en el proceso de compostaje y se complete la etapa de maduración del compost cumpliendo con los parámetros de la metodología de análisis del proceso de compostaje. No obstante, como se pueden observar pequeños inconvenientes en lo que concierne el contenido de

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

humedad, puede que si la mezcla no cumpla con los requisitos legales de humedad para un compost maduro deba someterse a un proceso de aireación o de secado al aire libre para que elimine ese exceso de humedad.



6- LEGISLACIÓN APLICABLE

6.1. Normativa europea

• La Directiva Marco de Residuos (Directiva 2018/851, de 30 de mayo de 2018 que modifica Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre residuos) define el concepto de biorresiduo en su artículo 3 como aquel “*residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de consumo al por menor, y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos*”. De modo que los residuos de este estudio son considerados residuos biodegradables, ya que incluye en su definición los restos de poda de parques y jardines y aquellos residuos de la transformación de alimentos como son los restos de guacamole y las vinazas de caña de azúcar. Según el artículo 4 de dicha directiva: “*La siguiente jerarquía de residuos servirá de orden de prioridades en la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos: a) prevención; b) preparación para la reutilización; c) reciclado; d) otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética; y e) eliminación.*”, se establece una jerarquía de residuos en la que los estados miembros deberán fijar medidas y pautas encaminadas a ello.

Según el artículo relativo a la Protección de la salud humana y el medio ambiente “*Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para asegurar que la gestión de los residuos se realizará sin poner en peligro la salud humana y sin dañar al medio ambiente y, en particular: a) sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna y la flora; b) sin provocar incomodidades por el ruido o los olores; y c) sin atentar contra los paisajes y los lugares de especial interés.*”.

El artículo 22 de dicha directiva contempla el compostaje como método de tratamiento de residuos biodegradables “*Los Estados miembros adoptarán medidas, en la forma conveniente, y con arreglo a los artículos 4 y 13, para impulsar: a) la recogida separada de biorresiduos con vistas al compostaje y la digestión de los mismos; b) el tratamiento de biorresiduos, de tal manera que se logre un alto grado de protección del medio ambiente; c) el uso de materiales ambientalmente seguros producidos a partir de biorresiduos.*”.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- El Reglamento de Agricultura Ecológica (Reglamento (CE) n° 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos que contempla el reciclado de los residuos y subproductos de origen vegetal y animal para mejorar los nutrientes del suelo. El Artículo 5 establece los Principios específicos aplicables en materia agraria “*el reciclaje de los desechos y los subproductos de origen vegetal y animal como recursos para la producción agrícola y ganadera*”. De modo que se incluye el uso del estiércol y restos de poda como aporte de materia orgánica al suelo.
- La Decisión 2011/753/UE, de 18 de noviembre de 2011, por la que se establecen normas y métodos de cálculo para la verificación del cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 11, apartado 2, de la Directiva 2008/98/CE.
- El Reglamento (CE) núm. 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (UE) 142/2011 de la Comisión Europea constituyen el marco legal de la Unión Europea por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y sus productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) núm. 1774/2002. El reglamento 1069/2009 (CE) clasifica los subproductos animales en tres categorías en función de su nivel de riesgo para la salud humana y animal, y establece para cada categoría las condiciones de uso y de eliminación según el artículo 8,9 y 10. Dicho Reglamento contempla la definición de estiércol y de abono orgánico como:

“estiércol: todo excremento u orina de animales de granja distintos de los peces de piscicultura, con o sin lecho.”

“abonos orgánicos y enmiendas del suelo: materiales de origen animal utilizados juntos o por separado para mantener o mejorar la nutrición de las plantas y las propiedades fisicoquímicas y la actividad biológica de los suelos; pueden incluir estiércol, guano no mineralizado, contenidos del tubo digestivo, compost y residuos de fermentación.”

Artículo 9: *“Material de la categoría 2 incluirá los subproductos animales siguientes:
a) el estiércol, el guano no mineralizado y el contenido del tubo digestivo.”*

Artículo 13: *“Eliminación y uso de material de la categoría 2:*

e) se compostará o se transformará en biogás:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- i. *tras su procesamiento por esterilización a presión y el marcado permanente del material resultante.*
- ii. *en el caso del estiércol, el tubo digestivo y su contenido, la leche, los productos a base de leche, el calostro, los huevos y los ovoproductos, si la autoridad competente considera que no presentan ningún riesgo de propagación de ninguna enfermedad transmisible grave, con o sin procesamiento previo.*

f) se aplicará a la tierra sin procesamiento previo, en el caso del estiércol, del contenido del tubo digestivo separado del tubo digestivo, de la leche, de los productos a base de leche y del calostro, si la autoridad competente considera que no presentan ningún riesgo de propagación de ninguna enfermedad transmisible grave.”

- El Reglamento (UE) núm. 142/2011 de la Comisión, de 25 de febrero del 2011 (Reglamento de aplicación del Reglamento SANDACH) se establece las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) núm. 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales. El artículo 10 relativo a las condiciones sobre la transformación de subproductos animales y productos derivados en biogás y compost establece:

1. Los explotadores garantizarán que los establecimientos y plantas a su cargo cumplen las condiciones siguientes sobre la transformación de subproductos animales y productos derivados en biogás y compost que se definen en el anexo V:

- a) *las condiciones aplicables a las plantas de biogás y compostaje definidas en el capítulo I.*

- b) *las condiciones de higiene aplicables a las plantas de biogás y compostaje definidas en el capítulo II.*

- c) *los parámetros de transformación estándar definidos en la sección 1 del capítulo III.*

- d) *las normas sobre residuos de fermentación y compost definidos en la sección 3 del capítulo III.*

2. La autoridad competente únicamente autorizará plantas de biogás y compostaje que cumplan las condiciones definidas en el anexo V: 3. La autoridad competente podrá autorizar el uso de parámetros alternativos de transformación para plantas de

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

biogás y compostaje si se cumplen los requisitos definidos en la sección 2 del capítulo III del anexo V.”

- El Libro Verde sobre la Gestión de los Biorresiduos de la Unión Europea (diciembre de 2008): “ *Considerando que el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante el compostaje permite el reciclado de productos biodegradables y compostables que ya están cubiertos por una iniciativa comunitaria (la Iniciativa en favor de los mercados líderes)”* así como “*Subrayando la necesidad de definir normas de calidad a escala de la UE para la gestión de los biorresiduos y para el compost; considerando que la regulación de los parámetros de calidad del compost, incluyendo un enfoque integrado que asegure la trazabilidad, la calidad y la seguridad en su uso, permitirá la confianza del consumidor en este producto; abogando por una clasificación del compost en función de su calidad, en la medida en que el uso de compost no tendrá ningún efecto perjudicial para el suelo y las aguas subterráneas, y en particular para los productos agrícolas procedentes de ese suelo.”*. Sobre el que se incluye el compostaje como una forma de reciclado de la materia orgánica, y subrayando la necesidad de una normativa relativa al proceso de compostaje para asegurar su calidad.
- Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91. En el artículo 5 se establecen los principios específicos aplicables en materia agraria.
- Decisión nº 406/2009/CE sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020.

6.2. Legislación estatal

- El Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano (Real Decreto de SANDACH) y las disposiciones específicas de aplicación en España del Reglamento (CE) núm. 1069/2009 y del Reglamento (UE) núm. 142/2011. Dicho Decreto, define las competencias entre los departamentos de la Administración General del Estado (AGE) y las comunidades autónomas (CCAA) en

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

relación con los SANDACH, y crea la Comisión Nacional de Subproductos de origen Animal No Destinados Al Consumo Humano como órgano colegiado interministerial y multidisciplinar (para un adecuado seguimiento de los SANDACH). En su artículo 9 se establecen las condiciones aplicables a la producción de compost, en el artículo 10 las condiciones aplicables a los residuos de digestión obtenidos en la producción de biogás y al compost y en el artículo 11. Aplicación a las tierras, sin procesamiento previo, de determinados materiales de categorías 2 y 3.

- El Decreto 15/2010, de 9 de febrero, de distribución de funciones en materia de subproductos animales no destinados al consumo humano.
- En Anteproyecto de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. En su artículo 3 se contempla la definición de compost, de residuo, biorresiduo, valorización, tratamiento y gestión de residuos entre otros; en su artículo 8 se establece el orden de la jerarquía de residuos (“a) *Prevención*; b) *Preparación para la reutilización*; c) *Reciclado*; d) *Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética*; y e) *Eliminación*.”); en el artículo 24 relativo a los biorresiduos se establecen las medidas relativas a la impulsión del compostaje; en su Anexo XII figuran las obligaciones de información de las empresas de tratamiento de residuos contenidas en el artículo 41
- Plan estatal marco de gestión de residuos, PEMAR 2016-2022.
- Real Decreto 1481/2001 de 27 de diciembre, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.

En el artículo 18 se establece las materias orgánicas biodegradables:

- 1- Para elaborar productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6 del anexo I, solo está permitida la utilización de materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, incluidas expresamente en la lista de residuos orgánicos biodegradables del anexo IV.*
- 2- Las materias primas de origen animal utilizadas en la elaboración de productos fertilizantes deberán cumplir los requisitos previstos en el Reglamento (CE) n.º 1774/2002, y las correspondientes disposiciones que lo desarrollen o modifiquen.*

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- 3- *Los productos fertilizantes constituidos, total o parcialmente, por residuos orgánicos biodegradables deberán cumplir, además, los requisitos que se definen en el anexo V.*

El Anexo I de dicho Real Decreto, el cual es modificado por la Orden PRE/630/2011, de 23 de marzo, por la que se modifican los Anexos I, II, III, IV, V y VI del Real Decreto 824/2005 de 8 de julio, sobre productos fertilizantes. Establece las consideraciones del Grupo 6 en el que figura el compost como enmienda orgánica donde figura el contenido mínimo en nutrientes que deben garantizarse (el cual es mostrado en el Anexo IV de este estudio).

- Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.
- Real Decreto 1039/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo.
- Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. Donde quedan reflejadas las definiciones de abono, estiércol, sustrato, etc en el artículo 2 y el artículo 18 contempla aquellas materias orgánicas biodegradables.

Mientras que el artículo 19 establece el nivel máximo de microorganismos:

1. *Los productos que contengan materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, no podrán superar los valores máximos de microorganismos incluidos en el anexo VI.*
2. *Los productos que contengan materias primas de origen vegetal deberán encontrarse exentos de los organismos nocivos citados en el Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros. Esto sin perjuicio de las disposiciones específicas del citado Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, con respecto a la introducción y tránsito de productos vegetales.*

En el artículo 20 se establecen el nivel máximo de metales pesados:

1. *Los sustratos no podrán superar el contenido en metales pesados que corresponde a las clases A o B del anexo VI. 2*

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

2. Aquellos sustratos que puedan ser utilizables en el cultivo de plantas para consumo humano no superarán los contenidos en metales pesados de la clase A, indicada en el anexo VI, sin perjuicio del cumplimiento de lo establecido en el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

En el Anexo I de dicho Real Decreto se establecen la clasificación de los productos orgánicos como sustratos de cultivo, en los cuales figura el compost (este anexo es mostrado en el Anexo V de este estudio). En el anexo III se establecen los métodos de análisis de los sustratos de cultivo, en el anexo IV se marcan los márgenes de tolerancia, en el Anexo V los códigos CER de los residuos biodegradables, en el Anexo VI los límites máximos de microorganismos y metales pesados en los sustratos de cultivo.

“Los valores máximos de microorganismos:

En los sustratos de cultivo de origen orgánico, se acreditará que no superen los siguientes niveles máximos de microorganismos:

Salmonella: ausente en 25 g de producto elaborado.

Listeria monocytogenes: ausente en 1 g de materia bruta (únicamente para cultivos de producción que se consuma en crudo).

Escherichia coli: inferior a 1000 número más probable (NMP) por gramos de producto elaborado.

Enterococcaceae: entre 10^4 y 10^5 número más probable (NMP) por gramos de producto elaborado.

Clostridium perfringens: entre 10^2 y 10^3 número más probable (NMP) por gramos de producto elaborado.

Y que no superen los siguientes niveles máximos de metales pesados:

“Se garantizará que en todos los sustratos no se superen los contenidos de metales pesados indicado en el siguiente cuadro, según sea su clase A o B:”

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

<i>Metal pesado</i>	<i>Límites de concentración mg/kg de materia seca</i>	
	<i>Clase A</i>	<i>Clase B</i>
<i>Cadmio</i>	0,7	2
<i>Cobre</i>	70	300
<i>Níquel</i>	25	90
<i>Plomo</i>	45	150
<i>zinc</i>	200	500
<i>mercurio</i>	0,4	1,5
<i>Cromo total</i>	70	250
<i>Cromo (VI)</i>	0,5	0,5

Tabla 8: límites máximos de metales pesados en los sustratos de cultivo según Anexo VI del Real Decreto 865/2010.

- La orden PRE/630/2011, de 23 de marzo, por la que se modifican los Anexos I, II, III, IV, V y VI del Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.

De modo que es modificado el anexo V sobre los criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos:

- En el punto 5 sobre los Límites máximo de metales pesado, la tabla es sustituida por la siguiente:

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	No detectable según el método oficial	No detectable según el método oficial	No detectable según el método oficial

Figura 28: límites máximos de metales pesados según las 3 clases de compost.

De modo que se establece tres clases de compost A, B y C de mayor a menor calidad respectivamente, según el contenido de metales pesados.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Real Decreto 980/2017, de 10 de noviembre, por el que se modifican los Reales Decretos 1075/2014, 1076/2014, 1077/2014 y 1078/2014, todos ellos de 19 de diciembre, dictados para la aplicación en España de la Política Agrícola Común.
- El Real Decreto 50/2018, de 2 de febrero, por el que se desarrollan las normas de control de subproductos animales no destinados al consumo humano y de sanidad animal, en la práctica cinegética de caza mayor en el que se contempla el compostaje como opción de tratamiento.
- El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

6.3. Legislación de la comunidad autónoma de Andalucía.

- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- El Decreto Ley 2/2020, de 9 de marzo, de Mejora y Simplificación de la Regulación para el Fomento de la Actividad Productiva en Andalucía por el que se modifica en materia de autorizaciones ambientales la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía.

En el anexo I de dicho Real Decreto en la Categoría 11, apartado 11.9 establece los siguientes cambios respecto a la Ley 7/2007: Instalaciones de gestión de residuos no incluidas en las categorías anteriores: Puntos limpios. Estaciones de transferencia de residuos sin tratamiento. Almacenamiento y/o clasificación, sin tratamiento, de residuos no peligrosos. Preparación para la reutilización en el interior de una nave en suelo urbano o urbanizable de uso industrial. Plantas de compostaje con capacidad de tratamiento no superior a 5.000 toneladas anuales y de almacenamiento inferior a 100 toneladas.

7- MEDIDAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE CADA ETAPA, SOBRE LA SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD DURANTE EL COMPOSTAJE

En este apartado se va a proceder a describir las medidas de seguridad ambiental a tener en cuenta durante la construcción y funcionamiento de la planta de compostaje de forma que dicha actividad no suponga daños medio ambientales, así como un breve resumen de aquellas medidas de seguridad laboral y de higiene.

Como bien sabemos la puesta en marcha de una planta de compostaje requiere de un procedimiento administrativo previo de prevención sobre el medio ambiente. Puesto que la puesta en marcha de una planta de compostaje viene recogida en el Anexo I de la Ley 7/1994 de Protección Ambiental de Andalucía, antes de su funcionamiento y construcción se debe llevar a cabo el trámite administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental. Gracias a esta evaluación se identificarán los posibles impactos significativos del proyecto sobre el entorno para la elaboración de medidas preventivas y protectoras que puedan evitar o reducir dichos impactos sobre el medio).

El funcionamiento de las plantas de compostaje emite emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, el cual es uno de sus principales impactos medioambientales. La emisión de estos gases suele tener olores desagradables por su elevada concentración de amoníaco y baja concentración de oxígeno, es irrespirable y posee temperaturas superiores a los 40°C ya que son emitidos sobre todo en la fase de fermentación y maduración del compost.

En lo que respecta la construcción y puesta en marcha de la planta de compostaje, se va a proceder a la descripción detallada de las medidas o consideraciones ambientales a tener en cuenta antes de la construcción y puesta en marcha de la planta de compostaje, y que son consideradas en la elaboración del estudio de impacto ambiental.

7.1. Ubicación de la planta de compostaje

El primer apartado a considerar es la correcta ubicación de la planta de compostaje para evitar posibles daños medioambientales ya que como bien sabemos las

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

plantas de compostaje sus principales impactos van asociados a las emisiones a la atmósfera y a la contaminación de aguas subterráneas o superficiales y al suelo.

Para ello se debe tener en cuenta una serie de aspectos tales como: evitar que se generen malos olores o ruidos a los núcleos de población cercanos (debe haber una distancia mínima de 500 m de la planta de compostaje a los núcleos de población) es recomendable un estudio previo de emisión de olores en el que se tengan en cuenta la dirección de los vientos, los datos meteorológicos y un mapa de isodoras; evitar que la ubicación de la planta de compostaje tenga cerca cauces de ríos o zonas inundables ya que según el Real Decreto 1/2001 por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas no se podrán ocupar los terrenos que lindan con las márgenes de los cauces naturales estando sujetos a una zona de servidumbre de 5 metros; evitar la existencia cerca de capas freáticas superficiales para evitar posibles filtraciones a las aguas subterráneas de nitratos y amonio producidos sobre todo en mayores cantidades durante la fase de maduración; que la morfología del terreno no sea complicada como por ejemplo terrenos con mucha pendiente. A continuación, en la siguiente tabla figuran otras distancias de seguridad ambiental no mencionadas anteriormente, las cuales también han de tenerse en cuenta a la hora de ubicar el correcto emplazamiento de la planta respecto de las zonas sensibles de contaminación:

Área sensible	Distancia de separación mínima en metros
Residencias o parques empresariales	15-30
Pozos privados u otras fuentes de agua potables, humedales o aguas superficiales como ríos, lagos, etc.	60-150
Aguas subterráneas	7
Capa freática	0,6-1,5
Lecho de roca	0,6-1,5

Tabla 9: distancia de seguridad ambiental en la construcción de una planta de compostaje. Fuente: (Rynk et al., 1992)

Según la información descrita anteriormente en este estudio en el primer apartado “Descripción del entorno” se puede considerar que un correcto emplazamiento

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

para esta planta de compostaje aireada mediante un sistema de volteo mecánico podría ser en la vega de Almuñécar o bien detrás de donde se encuentra ubicada la estación depuradora de aguas residuales de Almuñécar ya que en ambos sitios no hay núcleos de población cercanos, hay una red viaria capaz en buen estado capaz de soportar el tráfico de camiones generado durante el proceso de compostaje para el vertido de residuos y retirado del compost, los vientos no transportan los olores a los núcleos de población cercanos y no hay peligro de contaminación de los acuíferos Río Verde y Río Seco.

7.2. Recepción de los materiales

Implica la llegada de los residuos de naturaleza sólida o líquida a la planta de compostaje para su descarga al punto de almacenamiento o su traslado a una zona intermedia hasta ser depositados en la zona de tratamiento. En esta etapa son cuantificadas las cantidades de residuos que llegan mediante un registro de entradas y salidas de residuos (documentando para su trazabilidad las cantidades, la hora de llegada, el productor del residuo, etc.).

Este estudio ha contemplado residuos de distinta naturaleza como bien se ha descrito en otros apartados. De modo que en lo que respecta los residuos procedentes de los restos de poda de limpieza de parques y jardines municipales, para su correcto mezclado con los demás residuos es necesario que sean previamente triturados ya que constituyen el agente estructurante de la mezcla (esta fase a veces es realizada después de la fase de recepción de los materiales mediante una fase denominada pre-tratamiento o mezcla, o en conjunto con la fase de recepción de los materiales). Por lo tanto, la fase de triturado del agente estructurante se puede realizar en este lugar mediante una trituradora o picadora de alimentación manual o automática, de este modo al disminuirse el tamaño de este residuo se facilitará su mezclado y la acción por parte de los microorganismos sobre la materia orgánica (el valor ideal de tamaño se sitúa en torno a 7,6 cm porque si es inferior a esta medida se dificulta el flujo de entrada de oxígeno en la mezcla (Sánchez Díaz, 2009)).

Considerando la composición de las distintas fracciones que conforman el residuo de los restos de poda: material leñoso procedente de la poda de palmeras sin semilla, de pinos, de ficus (en un 30%) y de residuos de restos de hoja y de césped (en un

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

70%). Se procederá a su almacenamiento por separado siempre y cuando hayan sido triturados previamente.

El residuo de la vinaza al poseer naturaleza líquida dificulta su almacenamiento y vertido, con lo cual se deberá almacenar en fosas apropiadas y selladas con hormigón hidrófugo, o en cubas verticales de fibra de vidrio o de acero galvanizado.

Cabe mencionar que la capacidad máxima que una planta de compostaje puede aceptar de residuos líquidos es el 10 % de su capacidad de tratamiento. Aquellas plantas que operen con residuos líquidos deberán disponer de una cantidad suficiente de fracción vegetal o materiales orgánicos absorbentes para evitar la generación de lixiviados, el almacenamiento de dichos residuos líquidos deberá ser en depósitos específicos bajo ningún concepto en balsas o depósitos de lixiviados o de aguas pluviales.

El diseño de esta fase de almacenamiento para evitar posibles impactos como son la generación de olores; filtraciones que puedan contaminar las aguas subterráneas; emisiones de partículas a la atmósfera durante su vertido; condiciones meteorológicas adversas que aceleren el proceso de descomposición microbiana sobre aquellas fracciones de residuos de alta degradabilidad (como son los restos de hojas y césped, el estiércol o los residuos de la producción de guacamole), etc. Es recomendable que se preste atención a la construcción de la solera donde se vayan a depositar los residuos y a la construcción de una nave abierta para el almacenamiento de los residuos de alta degradabilidad antes de que sean mezclados con aquella fracción de residuos de baja degradabilidad.

La solera donde se han de depositar los residuos deberá estar pavimentada con hormigón con una pendiente entre 2 y 4 % de manera que se evite el encharcamiento de los residuos y la excesiva generación de lixiviados, y rodeada de unas canaletas perimetrales para la recogida de los posibles efluentes de las pilas o de las aguas pluviales. El suelo donde circule el tránsito de los camiones que realicen el transporte de los residuos deberá ser firme y endurecido (compactado hasta un grado del 95%), deberá haber espacio para que las palas cargadoras puedan empujar los residuos sobre las paredes o la solera donde se almacenen. Se puede optar a un almacenamiento en naves abiertas para almacenar aquellos residuos de restos de poda y de guacamole para evitar su rápida degradación y la emisión de partículas a la atmósfera.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Figura 29: ejemplo de nave abierta de almacenamiento de residuos. Fuente: Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

La cuantificación de los registros de entrada de los residuos mediante una báscula será obligatoria si las cantidades de los residuos de estiércol tratado son superiores a 6.000 toneladas/año, y si las cantidades de residuos de poda de baja y alta degradabilidad son superiores a 1000 toneladas/año.

El tiempo de almacenamiento de los residuos variará en función de si son fácilmente degradables (como los residuos de poda con fracciones de hojas y césped, los residuos de producción del guacamole y el estiércol), o si son difícilmente biodegradables (como la fracción leñosa de los residuos de poja de parques y jardines). En todo caso el almacenamiento no podrá ser superior a 90 días para los residuos de baja biodegradabilidad, mientras que para aquellos de alta biodegradabilidad no podrá ser superior a 3 días siempre y cuando más de un 80 % de su peso sean residuos de alta biodegradabilidad previamente estabilizados.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL



Figura 30: ejemplo de báscula de pesado de un camión de residuos, y almacenamiento de residuos mediante bloques de hormigón bajo previo triturado.

Fuente: Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

7.3 Fase de descomposición

Como ya sabemos en esta etapa tendrá lugar la descomposición biológica de la fracción orgánica de los residuos por parte de los microorganismos con una liberación de energía la cual hace que aumente la temperatura de la pila de compostaje, observándose una disminución inicial del pH por la formación de ácidos orgánicos. De modo que en esta fase se reducen las cantidades en peso y volumen de los residuos que conforman la pila de compostaje y se obtiene una estabilización parcial del proceso de compostaje y una higienización gracias a la actividad degradadora de los microorganismos condicionada por las adecuadas fracciones iniciales de los residuos a

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

compostar de modo que se den los valores óptimos iniciales de pH, relación C/N y humedad en la pila de compostaje.

El sistema de compostaje elegido en este estudio como se ha mencionado en los apartados anteriores es mediante pilas de compostaje con volteo mecánico para su oxigenación.

Las principales medidas de seguridad ambiental a tener en cuenta en la fase donde mayores emisiones de gases de efecto invernadero se emiten a la atmósfera son entre otras:

- La construcción de una solera pavimentada mediante hormigón armado hidrófugo para evitar posibles filtraciones de lixiviados al suelo y a las aguas subterráneas, con una pendiente adecuada para la recogida de lixiviados (pendiente entre 2 y 4 %).
- La solera deberá estar rodeada por un sistema de canaletas perimetrales que recogerán los lixiviados procedentes de las pilas hasta la balsa o depósito de almacenamiento.
- La ubicación de las pilas de compostaje deberán estar paralelas a la pendiente del terreno con el objetivo de minimizar la acumulación de lixiviados en las pilas de compostaje.
- El mezclado de residuos de origen vegetal con los residuos de origen animal deberán ser siempre sobre solera pavimentada por la posible contaminación de patógenos y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por los mayores contenidos en nitrógeno de los residuos de origen animal.
- Como medida para reducir el impacto provocado por la emisión de partículas a la atmósfera, la generación de ruidos, las posibles condiciones meteorológicas adversas, cabe la posibilidad de que las pilas sean construidas y aireadas bajo una nave abierta o cubierta, (en este estudio se ha considerado mejor opción las naves abiertas que son más económicas). En dicha nave se deberá reservar un carril en el centro de la solera hormigonada para el tránsito de las palas cargadoras de modo que puedan realizar el mezclado y el volteo en las pilas.

En lo que concierne la construcción de las pilas de compostaje, antes de su construcción es necesario el cálculo previo de su dimensionamiento, para ello se ha de

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

conocer o estimar la cantidad y el volumen de residuos que son generados en la fase de descomposición, las reagrupación de materiales o de residuos, la capacidad de carga del material por unidad de superficie, la duración del proceso y los espacios necesarios para su puesta en funcionamiento.

De modo que, conociendo la superficie necesaria para la construcción de esta fase, se podrá estimar el número de pilas necesarias en esta fase. La construcción de estas pilas se llevará a cabo mediante las proporciones de residuos a compostar (en nuestro estudio dichas proporciones se ha estimado en los valores 2:3:1 las cuales supondrían un 33,3 % de guacamole, un 50 % de restos de poda de parques y jardines y un 16,6 % de estiércol caprino % en volumen, junto con la dosis de vinaza a aplicar para corregir el pH del estiércol caprino para que se inicie el proceso de compostaje). Dichas pilas poseerán unas dimensiones rectangulares de 4 y 3 m de ancho, su altura máxima no podrá ser superior a 2,5 m y con una separación lateral entre pila y pila entre 3 y 4 m, construidas sobre la solera previamente hormigonada y con muros laterales y una red de canaletas de recogida de lixiviados.

En lo que concierne a la cantidad de proporciones de residuos a aplicar para confeccionar la pila de compostaje, ésta se realizarán mediante una maquinaria sencilla como son las palas cargadoras, las cuales se desplazarán entre la fase de recepción de materiales y la fase de descomposición para incorporar los materiales a la pila de compostaje (por ello deben situarse los dos etapas cercanas las unas con las otras en distancia).



Figura 31. Pala cargadora. Fuente: Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_wb_ES.pdf

Las pilas formadas anteriormente deberán ser volteadas periódicamente para la incorporación de oxígeno a la mezcla, el número de volteos necesarios dependerá de la cantidad de residuos sobre el cual se diseñe el tipo de compostaje, de las fracciones de residuos altamente biodegradables y poco biodegradables que conformarán la mezcla inicial a compostar, entre otros aspectos relevantes.

No obstante, la mezcla a compostar deberá ser humedecida cada cierto tiempo, ya que si los materiales iniciales no presentan la humedad adecuada no se va a iniciar correctamente el proceso de compostaje. En nuestro caso como este estudio incorpora un residuo de tipo líquido que corresponde a la vinaza de la caña de azúcar con elevado contenido en humedad, se podrá aprovechar el volteo para el aporte de vinaza en las cantidades oportunas sobre la pila a compostar. De este modo se corregiría la humedad entre la mezcla de los residuos más secos (aquellos con menor contenido en humedad como es el estiércol y los restos de poda) con la vinaza. Hay otras opciones de incorporación de líquidos para la corrección de la humedad en las pilas a compostar como vienen a ser: el uso de aguas limpias y el uso de aguas pluviales sucias siempre que hayan sido gestionadas aparte de los lixiviados.

Otros parámetros antes de la fase inicial del compostaje como la humedad o el pH pueden ser modificados mediante el uso de materiales complementarios a la mezcla tales como los que se muestran a continuación:

Algunos ejemplos de materiales complementarios, los parámetros sobre los que actúan y el sentido de su actuación

MATERIAL	Residuo	Porosidad Estructura	Relación C/N	pH	Humedad	Materia orgánica fácilmente biodegradable
Agua	No	No	No	No	↑	No
Lixiviado del mismo proceso	Sí	No	No	No	↑	↑ (poco)
Lodo de papelera	Sí	No	↑	No	↓	No
Poso de café	Sí	No	↑	No	No	↑
Paja	No	↑	↑	No	↓	↑
Purín	Sí	No	↓	No	↑	↑ (poco)
Urea	No	No	↓	↑	No	No
Sulfato ferroso	No	No	No	↓	No	No
Carbonato cálcico o cal	No	No	No	↑	Sí (cal)	No

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Tabla 10: Material destinado a compostaje. Fuente: Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña
http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

Durante la fase de descomposición es recomendable que se disponga de un pequeño laboratorio para el análisis de los parámetros del proceso de compostaje y la corrección de las cantidades o aporte de material complementario a la mezcla de la pila a compostar para que la mezcla inicial posea las condiciones óptimas para el desarrollo del compostaje:

Característica	Rango razonable	Rango preferido
Relación carbono:nitrógeno	20-40	25-30
Contenido en humedad	40-65%	50-60%
pH	5,5-9	6,5-8,5

Figura 32: rangos óptimos del material inicial a compostar. Fuente: (Rynk et al., 1992).

Según el tipo de residuos tratados será necesario un laboratorio para el análisis de los parámetros de compostaje o no.

Material destinados a compostar	Capacidad de tratamiento		
	< 1000 tn/año	-6000 año	> 6000 tn/año
Fracción vegetal	Recomendable	obligatorio	Obligatorio
Estiércol	Recomendable	Recomendable	Obligatorio
Resto de residuos de baja y alta biodegradabilidad	exento	Obligatorio	obligatorio

Tabla 11: relación entre la capacidad de tratamiento de las plantas de compostaje y la necesidad de un laboratorio de análisis de los parámetros de compostaje. Fuente: Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña

7.4. Fase de maduración

Durante la etapa de maduración se va a generar un compost estable similar al humus, por lo que en esta etapa la temperatura tiende a disminuir asemejándose a los valores de la temperatura ambiente. La duración de la etapa de maduración oscila entre 6 o 7 meses junto con la fase de descomposición en casos de residuos de baja degradabilidad, mientras que si son residuos de alta degradabilidad la duración mínima de esta etapa es de 6 semanas.

La ubicación de esta etapa de maduración es conveniente para evitar la emisión de partículas a la atmósfera que se encuentre ubicada cercana a la fase de descomposición o de compostaje donde se encuentran las pilas. El transporte del material compostado en las pilas hacia la zona de maduración se prevee que lo realice la maquinaria, que en este estudio van a ser las palas cargadoras por su bajo coste económico y fácil manejo.

Puesto que esta fase junto con la fase de descomposición emite gases a la atmosfera por el proceso de la fermentación, es conveniente que se encuentre ubicadas cerca la una de la otra y bajo techo para que se pueda instalar un sistema de tratamiento de gases emitidos a la atmósfera mediante lavadores de gases o biofiltro conectados en serie. Gracias a los lavadores de gases se podrá eliminar las partículas de polvo durante el proceso de compostaje emitido a la atmósfera, se podrá capturar el amoníaco, y con los biofiltros se podrá evitar los malos olores de los gases emitidos y la reducción de los contaminantes.

Será recomendable la realización una vez al año de la medición de los gases de salida según la norma UNE-EN13725.

7.5 Fase de post-tratamiento

En esta etapa se pueden llevar a cabo una serie de operaciones posteriores a la maduración para poder reciclar algunas cantidades del agente estructurante, para poder

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

separar algunas fracciones gruesas en el compost maduro, para mejorar las características físicas del estructurante, para obtener un compost maduro de una granulometría más fina, y para poder comercializar ese compost o bien mezclarlo con otros con abonos minerales, arenas, tierras vegetales.

A continuación se muestran según el Real Decreto 824/2005 de fertilizantes las condiciones que deben reunir los tipos de compost resultantes en la fase de maduración del proceso de compostaje:

TIPO DE PRODUCTO	COMPONENTES ESENCIALES	INFORMACIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DE LOS NUTRIENTES. OTROS REQUISITOS
Enmienda orgánica. Compost	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila) en condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables recogidos separadamente	Materia orgánica total: 35 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 20 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos) El 90 % de las partículas deben pasar por una malla de 25 mm
Enmienda orgánica. Compost vegetal	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila), exclusivamente de hojas, hierba cortada y restos vegetales o de poda , en condiciones controladas	Materia orgánica total: 40 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 15 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos)
Enmienda orgánica. Compost de estiércol	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila), exclusivamente de estiércol , en condiciones controladas	Materia orgánica total: 35 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 20 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos)

Figura 33: condiciones que deben reunir los tipos de compost resultantes en la fase de maduración. Fuente: Real Decreto 824/2005 y Guía práctica para el diseño de plantas de compostaje por la Agencia de Residuos de Cataluña

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

Una de las acciones características de esta etapa es el cribado del compost maduro resultante porque así se obtiene un compost más fino y de mayor calidad sin contaminantes y sin impurezas, se evita el desgaste de la maquinaria utilizada en su envasado y transporte, y permite un ahorro económico por la recuperación del material estructurante. Durante este cribado se presentan también algunos inconvenientes tales

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

como: dificultad en el manejo de los materiales resultantes que poseerán un % de humedad superior que al final de la maduración lo que minimiza la problemática de emisión de partículas de polvo pero que pueden causar atascos en las cribas si son generados en exceso, y presencia de material o de residuo no estabilizado adherido al material estructurante recuperado o los impropios separados.

La elección de los correctos equipos de cribado ya sea estático, inclinado, rotativo, vibrante, etc. estará condicionado por los siguientes factores:

- Capacidad de trabajo adecuada según los volúmenes que se manipulan.
- Facilidad para cambiar la luz de la criba.
- Eficacia con residuos de distintas humedades.
- Facilidad en la limpieza los equipos.
- Capacidad de acoplo de sistemas pasivos o activos, de retención o eliminación de polvo.

Este estudio por lo tanto para cumplir con los objetivos marcados por la Orden PRE/630/2011 DE 23 DE MARZO, por la que se modifica el Anexo V del Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes constará de una línea de cribado para que el 90 % del material pase por una malla de cribado de 10 mm y no contenga *Salmonella* ni *Escherichia coli*.

Otras medidas aplicadas al compost una vez maduro para la eliminación de patógenos o sustancias fitotóxicas derivadas de los residuos iniciales son mediante el tratamiento con calor, tratamiento mediante gases, etc las cuales encarecen considerablemente el sistema de compostaje y no se consideran aquí.

En resumen el cribado es un gran foco de emisión de partículas de polvo a la atmósfera, con la finalidad de evitar dicha contaminación se puede contemplar que el cribado se realice mediante una línea de cribado en una nave cerrada de modo que el viento no facilite la dispersión de dichas partículas de compost.

Cabe mencionar unas consideraciones ambientales generales a la hora del diseño de esta etapa para todas las plantas de compostaje:

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- La balsa de almacenamiento deberá recoger las aguas de escorrentía procedentes de las zonas de post-tratamiento y de aquellos viales que les sirvan que no estén cubiertos, porque son consideradas aguas pluviales sucias.
- Si se recupera el agente estructurante se deberá disponer obligatoriamente de un espacio de reserva donde se acumule aquella fracción del recirculado generado durante una semana de procesamiento.
- La construcción de esta etapa deberá ser mediante solera de hormigón bajo pendiente adecuada para recoger las aguas pluviales sucias, y poseer una red de conducción hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente.
- La escorrentía generada en las zonas de almacenamiento temporal de la recuperación del agente estructurante son catalogadas como lixiviado y se deberán conducir hasta la balsa de almacenamiento correspondiente de los lixiviados.
- Durante el cribado se pueden generar materiales cuya granulometría es fina y que son fácilmente arrastrados por el viento, de modo que deberán aplicarse medidas correctoras como: instalar barreras físicas como muros, mallas de plástico, pantallas vegetales, etc.
- Para unas correctas condiciones de higiene y salud laboral se instalarán sistemas pasivos y activos contra la emisión de partículas de polvo durante el cribado y reciclado del agente estructurante.

7.6 Almacenamiento del compost maduro

En esta etapa se almacenará el compost tras su post-tratamiento hasta su salida de la instalación. Puede darse el caso que no sea necesario someter el compost a algún post-tratamiento y por lo tanto su almacenamiento se lleve a cabo en el mismo lugar donde se realiza la maduración del producto (esto es aplicable en los sistemas de compostaje de lodos o de estiércol sobre todo). Otro aspecto que cabe tener en cuenta es el hecho de que los productos almacenados suelen ser bastante secos y la mayoría tienen una granulometría muy fina.

En lo que concierne a la duración del almacenamiento para aquellos compost maduros destinados a usos agrícolas deberán ser suficientes para acopiar la producción de mínimo 2 meses; para aquellos compost frescos aptos para la agricultura será de dos

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

semanas ya que no pueden ser almacenados durante un periodo de tiempo más largo por los posibles malos olores generados. Por ello, las plantas de compostaje deberán coordinarse con otras instalaciones para completar su maduración en aquellos periodos en los que no hay suficiente demanda agrícola. Para aquellos compost no aptos para usos agrícolas su capacidad de almacenamiento será de dos semanas.

Respecto al diseño de esta etapa no hace falta que sea bajo cubierto porque el compost que es almacenado en esta etapa ya se considera como estabilizado y no hay generación de malos olores; la solera del almacén podrá ser de tierra compactada siempre y cuando no afecte a la calidad de los productos almacenados; en caso de que no sean almacenados los productos resultantes deberán ponerse en marcha medidas correctoras como barreras físicas o evitar el movimiento del material cuando haga viento ya que los productos almacenados poseen granulometría fina y son secos siendo fácilmente desplazados por el viento. Será conveniente que sea múltiple o compartimentado si se almacenarán distintos productos para asegurar su calidad y trazabilidad. Su construcción deberá ser mediante una solera con pendiente adecuada para la recogida de aguas pluviales desaguadas y las de la red de conducción hasta la balsa de almacenamiento correspondiente. Tendrán consideración de aguas pluviales sucias aquellas aguas de las precipitaciones que caiga sobre las zonas de almacenamiento se están descubiertas y deberán ser conducidas hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente. Durante su diseño y funcionamiento se deberá evitar que se creen atmosferas explosivas por la concentración de polvo.

7.7. Balsa de lixiviados

Tendrán condición de lixiviados aquellas aguas de la lluvia que caigan sobre las zonas de pre-tratamiento si están descubiertas, las aguas del lavado de camiones, las aguas pluviales que son recogidas en las zonas de almacenamiento temporal tras la recuperación del agente estructurante recuperado, y los excedentes de los biofiltros. Todos ellos se deberán recoger y almacenar de modo que sean tratados por la propia depuradora de la planta o que sean transportados a instalaciones externas autorizadas para su tratamiento.

Mientras que tendrán consideración de aguas pluviales sucias aquellas que proceden de las distintas zonas de la planta de compostaje que están descubiertas y que

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

no son consideradas como lixiviados (se incluyen las aguas de esorrentía de las zonas de post-tratamiento descubiertas; aquellas procedentes de las zonas de recepción, trituración y almacenamiento; y las procedentes de las etapas de descomposición, maduración y post-tratamiento de las fracciones vegetales con características para su empleo como agentes estructurantes). En lo que concierne su gestión cabe destacar que es similar a la de los lixiviados, no obstante podrán ser utilizadas para el riego si han sido recogidas separadamente en estos casos: durante las etapas de descomposición o de maduración, si no huelen mal tras provenir del biofiltro, si no pueden ser consumidas en el riego deberán ser exportadas a un gestor autorizado o usarse para el riego de suelos agrícolas.

Tanto para los lixiviados como para las aguas sucias es recomendable su almacenamiento en balsas o depósitos habilitados para ello de manera conjunta o separada, aquellos cerrados son mejores para el almacenamiento de lixiviados por el control efectivo en la emisión de malos olores gracias a un sistema de aspiración de gases interno y su tratamiento posterior, mientras que los sistemas abiertos como balsas pueden almacenar lixiviados de malos olores si se instalan equipos de aireación superficial sobre los lixiviados o se cubren mediante una cúpula que aspira los gases hasta una red de tratamiento o mediante plantas acuáticas depuradoras. El diseño de las balsas de almacenamiento de lixiviados de las aguas sucias deberá contar con una arqueta decantadora con reja, de un vallado perimetral de 2 m de altura mínima con puerta de acceso cerrada con llave para aquellos depósitos de poca altura (menos de 2 m partir del nivel del suelo), un sistema de seguridad mediante cuerda anudada, salvavidas, etc. para aquellos depósitos descubiertos, un sistema que impida la entrada libre o fácil para aquellos depósitos cerrados, de un aliviadero hacia el cauce público para los depósitos o balsas de aguas pluviales limpias, un aliviadero limitador de caudal a la entrada de las balsas de aguas pluviales sucias para episodios de lluvia de alta intensidad mediante el cual sean retenidos las fracciones gruesas.

7.8 Sistema de tratamiento de gases

Destinadas a tratar aquellos gases generados durante algunas de las etapas del proceso de compostaje, mediante un sistema de recogida o tratamiento de estos gases antes de que lleguen a las instalaciones bajo cubierta o al exterior ocasionando problemas

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

en la salud laboral, medioambientales o de molestia a los núcleos de población cercanos. El sistema de tratamiento elegido vendrá determinado por las características físico-químicas de los propios gases ya que hay relación entre sus características con el tipo de residuo a tratar en el compostaje y las condiciones en las que se desarrolle dicho proceso, el caudal y la concentración de los gases, el espacio disponible para su tratamiento, las necesidades de agua, el consumo eléctrico y de otros combustibles, el tiempo de arranque, el mantenimiento, la subgeneración de productos por el propio sistema de tratamiento de gases, etc.

Los principales métodos aplicados para el tratamiento de gases son el biofiltro percolador, el biofiltro, los lavadores secos y húmedos, la oxidación térmica, la modificación de olores y la condensación.

En este estudio se podría instalar un lavador de gases, un biofiltro en la nave abierta o cerrada durante la etapa de descomposición, así como un filtro de mangas en la nave de pre-mezcla donde se procede al triturado de los restos de poda que emiten partículas de polvo que afectan a la salud de los trabajadores.

7.9. Sistema de eliminación de polvo

Destinados a evitar daños en la salud de los trabajadores y en la seguridad, destacan medidas aplicadas a la minimización de la generación de polvo durante el proceso de compostaje tales como el control de la humedad en los diferentes productos y procesos, el uso de equipos carenados, protecciones contra el viento, la aspiración y recogida del aire mediante ciclones o filtros de mangas en la fase de cribado o post-tratamiento o pre-mezcla.

7.10. Sistema contra incendios

Ya que durante las etapas del propio proceso de compostaje se alcanzan elevadas temperaturas debe haber obligatoriamente un sistema que minimice los efectos de los incendios en caso de que se produzca así como medidas preventivas contra incendios.

7.11. Estación meteorológica

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Deberá haber una estación meteorológica automática en la que se registren datos de temperatura, humedad relativa, dirección del viento, velocidad del viento, presión y lluvia si la planta de compostaje posee una capacidad de tratamiento de estiércol superior a 6000 tn/año o si la capacidad de tratamiento de la planta de compostaje de restos de baja y alta degradabilidad son mayores de 1000 tn/año.

7.12. Medidas de seguridad

Debe haber en las instalaciones una zona de seguridad perimetral en toda la instalación, así como una valla perimetral que delimite toda la instalación, una zona diferenciada entre las entradas de residuos orgánicos y la zona de almacenamiento y salida del compost, unas zonas de limpieza y desinfección de vehículos, una zona de almacenamiento de los residuos generados, un sistema de recogida y gestión de lixiviados, aguas sucias y pluviales, sistemas y medidas que minimicen la generación de malos olores y polvo, sistemas de control de los parámetros del proceso de compostaje (sondas de temperatura, oxígeno, etc.).

Cabe destacar las siguientes medidas de seguridad e higiene laboral:

- Procedimientos de trabajo adecuados.
- Reducción del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
- Medidas de protección colectiva y sino de protección individual.
- Vigilar la salud de los trabajadores.
- Vacunación de los trabajadores expuestos a agentes biológicos.
- Los trabajadores no podrán comer, beber o fumar en las zonas de trabajo; deberán evitar tocarse los ojos, nariz o boca con los dedos; deberán lavarse las manos antes de comer o fumar; deberán llevar ropa y calzado de trabajo adecuado; deberán llevar protección de la cabeza mediante gorro para evitar la deposición de partículas de polvo.
- Deberán tener zonas de aseo apropiadas y adecuadas para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Prohibición de llevarse la ropa y el calzado de trabajo a su domicilio para evitar posibles contaminaciones por agentes biológicos y deberán guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Deberán usar guantes impermeables en operaciones que impliquen la manipulación de residuos y operaciones de limpieza y mascarillas autofiltrantes apropiadas contra bioaerosoles junto con gafas ajustadas.



8- CONCLUSIONES

Tras haberse estudiado los distintos tipos de residuos generados en la zona, se presentan diversas opciones de métodos de tratamientos desde los tratamientos aerobios hasta los tratamientos anaerobios.

Dada la naturaleza líquida del residuo de la vinaza y por sus características físico-químicas es tratada in-situ la mayoría de las veces mediante un sistema de tratamiento anaerobio, y las fracciones de los restos de poda de los residuos de limpieza de parques y jardines municipales son la mayoría de las veces mezclados con otros residuos vegetales de poda, restos de cultivo, destríos en la producción de frutos para ser tratados en una sola planta donde se aplica un método de tratamiento aerobio.

A través de este estudio se pretende dar un valor a dichos residuos mediante un sistema de compostaje, el cual ofrece desde el plano agrícola un compost de calidad que pueda ser usado por los agricultores de esta zona como fertilizante o como abono ecológico en los cultivos de subtropicales; ofrecería creaciones de puestos de trabajo en dicha zona desde un plano social; sería económico de ejecutar desde el punto de vista económico; y desde un punto de vista medio ambiental supondría una fuente de fijación de carbono en los suelos y una disminución de los gases de efecto invernadero; en lo que concierne la edafología de los suelos de la zona corregiría el pH alcalino del suelo sin la necesidad de aplicar sulfato de hierro y ahorrando gastos en el uso de fertilizantes alcalinizantes y ayuda al suelo a almacenar agua y reducir los costes de irrigación (los cuales son considerables en esta zona debido a la poca disponibilidad de agua).

9- BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez de la Puente, J., Guirado, E., J.M., H., Hormaza, J., López, R., González Fernández, J.J., Z., G., 2013. Reciclaje de residuos de la producción de guacamole mediante compostaje. VII Congr. Iber. Agroingeniería Cienc. Hortic.
- Álvarez de la Puente, J.M., n.d. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de Agricultura y pesca. Junta de Andalucía.
- Andreo Navarro, B., Benavente Herrera, J., Calvache Quesada, M.L., Carrasco Cantos, F., Castillo Martín, A., Cruz San Julián, J.J., García Aróstegui, J.L., Gisbert Gallego, J., Jorrete Zaguire, S., Liñán Baena, C., Molina Sánchez, L., Pérez Ramos, I., Pulido Bosch, A., Sánchez Díaz, L., Sánchez Martos, F., Vadillo Pérez, I., Vallejos Izquierdo, A., 2005. Itinerario hidrogelológico por el litoral mediterráneo andaluz. Editorial Universidad de Granada, Granada.
- Blázquez, M.A., 2003. Los Residuos Urbanos y Asimilables, Capítulo XV. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Bohórquez, A., Puentes, J., Flores, J.C.M., 2014. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. Cienc. Tecnol. Agropecu. 15, 73–81.
- Brinton, William, Evans, M., Droffner, R., Brinton, Will, 1995. A standardized Dewar test for evaluation of compost self-heating. Biocycle 36.
- Bueno Márquez, P., Díaz Blanco, M.J., Cabrera, F., 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje, in: El proceso de compostaje.
- Calvache Quesada, M.L., 2002. Capítulo: Acuíferos detríticos de la costa de Granada, in: Instituto Geológico y Minero de España (Ed.), Libro homenaje a Manuel del Valle Cardenete: aportaciones al conocimiento de los acuíferos andaluces. López Geta, Juan Antonio.
- Calvache Quesada, M.L., Pulido Bosch, A., 1996. Condicionantes sobre la intrusión marina en acuíferos detríticos de la costa sur mediterránea, in: Instituto Tecnológico Geominero de España (Ed.), IV Simposio Sobre El Agua En Andalucía. p. 600.
- Dalzell, H.W., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte y ambientes tropicales y subtropicales. FAO, Roma.
- Davenport, J.B., Ellis, S.C., 1959. Chemical Changes During Growth and Storage of the Avocado Fruit. Aust. J. Biol. Sci. 12, 445–454.
<https://doi.org/10.1071/bi9590445>
- Dios Pérez, M., Rosal Raya, A., Arcos Mora, M. de los A., 2009. Estudio del compostaje de residuos sólidos urbanos en sistemas de alta eficiencia. Universidad Internacional de Andalucía.
- Elías Castillo, F., Ruiz Beltrán, L., 1977. Agroclimatología de España, Cuaderno I.N.I.A., n° 7. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1977.
- FAO, 2014. World reference base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Rome.
- Favoino, E., Hogg, D., 2008. The potential role of compost in reducing greenhouse gases. Waste Manag. Res. 26, 61–69.
<https://doi.org/10.1177/0734242X08088584>
- Fernández Ondoño, E., Martín Peinado, F., Sierra Aragón, M., Martínez Garzón, F.J., Ortega Bernaldo de Quirós, E., Ortiz Bernad, I., Sevilla Perea, A., Lorite

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Moreno, J., 2015. XXX REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO: CUADERNO DE CAMPO. GODEL IMPRESIONES DIGITALES SL.
- Fernández rubio, R., Benavente, J., 1986. Proceso de salinización-desalinización en el acuífero costero del río Verde (Almuñécar, Granada), in: II Simp. Sobre el Agua en Andalucía. pp. 303–314.
- Finstein, M., Miller, F., MacGregor, S., Psarinos, K., 1983. Composting ecosystema management for waste treatment. *Biol. Technology* I, 347–353.
- Galea Camacho, Z., 2013. PROYECTO FINAL DE CARRERA ENSAYO DE PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS DE GUACAMOLE, PODA Y GALLINAZA.
- Gil Albert Velarde, F., 2015. Operaciones básicas para el mantenimiento de jardines, parques y zonas verdes. Ediciones Paraninfo S.A.
- Golueke, C.G., Diaz, L.F., 1987. Composting and the limiting factor principle. *BioCycle USA* 28, 22–25.
- Gondar Bouzada, D.M., Bernal Calderón, M. del P., 2008. Producción y gestión de los residuos orgánicos, in: *Compostaje*. Mundi-Prensa, p. 570.
- Haug, R., 2018. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Routledge.
- Hedegaard, M., Krüger, I., 1996. Composting of agricultural wastes in Denmark in respect of potential, industrial process technology and environmental considerations, in: *The Science of Composting*. Blackie Academic & Professional, London, pp. 691–697.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía (Eds.), 1988. *Atlas hidrológico de Andalucía*.
- Jhorar, B.S., Phogat, V., Malik, E., 1991. Factores que afectan al proceso de compostaje, in: *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, pp. 95–109.
- Kiehl, E.J., 1985. *Fertilizantes orgánicos*. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo.
- Kulcu, R., Yaldiz, O., 2007. Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Bioresour. Technol.* 98, 2700–2704.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.025>
- Madrid Díaz, F., 1999. Caracterización y utilización del compost de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarrasa (Huelva). Universidad de Sevilla, planta de Villarrasa (Huelva).
- María José López López, Rafael, 2008. Residuos agrícolas, en *Compostaje*. Mundi Prensa Libros.
- Márquez, C.J., Yepes, D.P., Sanchez, L., Osorio, J.A., 2014. Cambios físico-químicos del aguacate (persea americana mill. Cv. “hass”) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrar.* 19, 32–47.
- Melchor, G.I.H., García, S.S., López, D.J.P., 2008. VINAZA Y COMPOSTA DE CACHAZA COMO FUENTE DE NUTRIENTES EN CAÑA DE AZÚCAR EN UN GLEYSOL MÓLICO DE CHIAPAS, MÉXICO 33, 7.
- Mormeneo, S., Moreno, J., 2008. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje, in: *Compostaje*. Mundi Prensa Libros, Madrid, pp. 111–140.
- Patel, J.R., Yossa, I., Macarasin, D., Millner, P., 2015. Physical Covering for Control of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in Static and Windrow Composting Processes. *Appl. Environ. Microbiol.* 81, 2063–2074.
<https://doi.org/10.1128/AEM.04002-14>

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

- Quiroz Guerrero, I., Pérez Vázquez, A., 2013. Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4, 1069–1075.
- Rivas Martínez, S., Valle Tendero, F., Asensi, A., Díez Garretas, B., Molero Mesa, J., 2003. Biogeographical synthesis of Andalusia (Southern Spain). *Journal of biogeography* 24, 915–928. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1997.00149.x>
- Rivas-Martínez, S., 1996. *global_bioclimatics_2* 29.
- Rivas-Martínez, S., Goday, S.R., 1971. Vegetación potencial de la provincia de Granada (Trabajo). *Bot. Complut.* 4, 3–3.
- Rodríguez Escudero, Á.D., 2017. El tratamiento de un espacio en recomposición por las políticas públicas: el litoral granadino y su antepaís.
- Rynk, R., Kamp, M., Willson, G., Singley, M., Richard, T., Kolega, J., Gouin, F., Laliberty, L., Kay, D., Murphy, D., Hoitink, H., Brinton, W., 1992. *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES).
- Sánchez Díaz, I., 2009. ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS VEGETALES EN GETAFE.
- Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C., Bernal, M.P., 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresour. Technol.* 78, 301–308. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00031-1](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00031-1)
- Soil Structure & Carbon Storage, n.d.
- Suler, D.J., Finstein, M.S., 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, Continuously Thermophilic Composting of Solid Waste 1. *Appl. Environ. Microbiol.* 33, 345–350.
- Suttie, J.M., 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles, Producción y protección vegetal. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, Roma.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1994. *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill.
- Thibadeau, S., 1997. Fumier solido où liquide: quelle est la différence? *Soil/Fumier* 18, 32–35.
- Tortosa, G., Albuquerque, J.A., Ait-Baddi, G., Cegarra, J., 2012. The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”). *J. Clean. Prod.* 26, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.008>
- Valle Tendero, F., Navarro Reyes, F.B., Jiménez Morales, M.N., Algarra, J.A., Arrojo, E., Asensi, A., Cabello Píñar, J., Cano, E., Cañadas Sánchez, E., Cueto, M., Dana, E., De Simón, E., Díez, B., García, A., Giménez, B., Gómez, F., Linares, J.E., Lorite, J., Melendo, M., Montoya, M. del C., Mota Poveda, J.Fr., Peñas, J., Salazar, C., Torres Cordero, J.A., 2004. Bioclimatología y Biogeografía, in: *Datos Botánicos Aplicados a La Gestión Del Medio Natural Andaluz I*. Junta de Andalucía., Consejería de Medio Ambiente. Sevilla, p. 353.
- Zucconi, F., De Bertoldi, M., 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje., in: *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, pp. 95–109.
- Zucconi, F., De Bertoldi, M., 1987. Specifications for solid waste compost. *Biocycle* 28, 56–31.

WEBGRAFÍA

[REDIAM https://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR](https://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR)

<https://subtropicaldeluxe.com/product/aguacate-bacon-2/>

<https://www.royalplants.es/productos/frutales-tropicales/aguacates/>

<https://www.aguacatesdelavalldesego.com/lamb-hass/>

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/06/hass-maluma-y-gem-detalles-varietales-e-infografia-de-las-tres-gemas-de-las-paltas-en-el-mundo/>

<https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>

<https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>

<https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollosostenible/servicios/estadistica-cartografia/anuarios.html>

<http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>

<http://residuos-dipgra.es/>

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZXwNsS3gAZx4URbITjE5VysDtHDXRds8sT_KiD76MIg/pubhtml

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_E_S.pdf

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>

LEGISLACIÓN

Directiva 2018/851, de 30 de mayo de 2018 que modifica la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre residuos.

El Reglamento de Agricultura Ecológica (Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos.

REGLAMENTO (CE) 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) 1774/2002 (Reglamento sobre subproductos animales).

El Reglamento (UE) 142/2011 de la Comisión Europea de 25 de febrero de 2011 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma.

Libro Verde sobre la Gestión de los Biorresiduos de la Unión Europea (diciembre de 2008)

La Decisión 406/2009/CE del Parlamento y del Consejo Europeo de 23 de abril de 2009 sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020.

Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91.

Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.

Anteproyecto de la ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

La Orden PRE/630/2011 DE 23 DE MARZO, por la que se modifica el Anexo I, II, III, IV, V y VI del Real Decreto 824/2005, de 8 de Julio, sobre productos fertilizantes.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes

Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.

Real Decreto 1039/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo.

Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo.

Real Decreto 980/2017, de 10 de noviembre, por el que se modifican los Reales Decretos 1075/2014, 1076/2014, 1077/2014 y 1078/2014, todos ellos de 19 de diciembre, dictados para la aplicación en España de la Política Agrícola Común.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.

LEY 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

Decreto - Ley 2/2020, de 9 de marzo, de Mejora y Simplificación de la Regulación para el Fomento de la Actividad Productiva en Andalucía.

NORMAS

UNE-EN 13725:2004. Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.

ABREVIACIONES Y SIMBOLOGÍA UTILIZADA

MO materia orgánica

CE conductividad eléctrica

°C grados centígrados

ml mililitros

kg kilogramos

g gramos

h horas

Rpm revoluciones por minuto

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA
ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

MS materia seca

H humedad

NaOH hidróxido de sodio

H₂SO₄ ácido sulfúrico

mg miligramos

N nitrógeno

L litros

NOT nitrógeno orgánico total

COT carbono orgánico total

Cm centímetro

uS microSiemens

Ds decisiemens



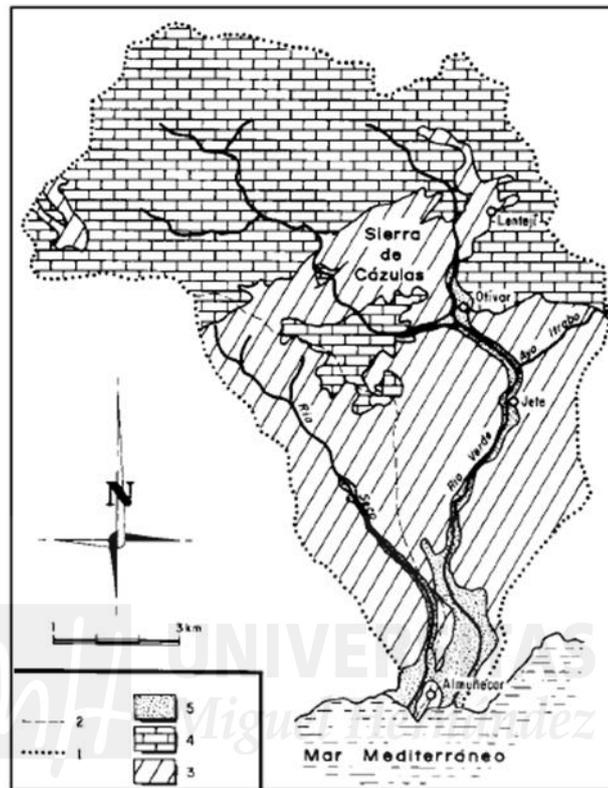
UNIVERSITAS
Miguel Hernández

10- ANEXOS



ANEXO I

Los materiales geológicos del acuífero de Almuñécar.



Leyenda geológica del acuífero del río Verde

1. Límite de cuenca de los dos ríos.
2. Línea de separación entre las cuencas del río Verde y río Seco.
3. Metaperlitas.
4. Carbonatos.
- 5.

Figura 4: mapa de los materiales geológicos de los acuíferos de la zona de estudio. Fuente: (Calvache Quesada, 2002).

**ANEXO II: PROPIEDADES DE ALGUNOS PERFILES DE SUELOS
REGOSOLES EÚTRICOS**

Perfil edáfico de un Regosol Eútrico en Almuñécar

Situación del perfil del suelo	Hor	C.O. (%)	N. (%)	C/N	Ca ⁺⁺ meq/100g	Mg ⁺⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	K ⁺ meq/100g	pH		P ₂ O ₅ meq/100g	K ₂ O meq/100g	CaCO ₃ (%)
									H ₂ O	CIK			
NE Cortijo el Trapiche	A	1,48	0,131	0,131	1,25	0,43	0,10	0,20	7,1	6,8	6,9	9,4	-
	B _{xy}	0,96	0,123	0,123	0,75	0,21	0,05	0,05	7,1	6,9	5,1	2,4	-
Cerro La Capellania	A1	0,06	0,063	11,1	Sat	3,00	0,22	0,19	7,0	6,1	4,6	8,9	0,6
Camino Jete e Irabo	C	0,30	-	-	Sat	2,83	0,30	0,15	7,1	6,7	3,2	7,0	0,4
	AI	0,71	0,041	17,3	Sat	5,17	0,10	0,05	7,2	5,4	5,5	2,36	-
	C	-	-	-	Sat	5,38	0,05	0,01	7,0	5,3	5,7	0,48	-

Fuente: elaboración propia y Proyecto LUCDEMME Mapa de suelos Motril-1055.

Perfil edáfico de un Regosol Eútrico en Almuñécar

ANEXO III PROPIEDADES DE ALGUNOS PERFILES DE SUELOS REGOSILES CALCÁRICOS

Perfil edáfico de un Regosol Calcárico en Almuñécar

Situación del perfil del suelo	Hor	C.O. (%)	N. (%)	C/N	Ca ⁺⁺ meq/100g	Mg ⁺⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	K ⁺ meq/100g	pH		P ₂ O ₅ meq/100g	K ₂ O meq/100g	CaCO ₃ (%)
									H ₂ O	CIK			
Camino entre La Herradura y Maro	A	1,39	0,149	9,4	Sat	1,50	0,05	0,22	8,3	7,0	15,4	10,5	4,7

Fuente: elaboración propia y Proyecto LUCDEMME Mapa de suelos Motril-1055.

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

ANEXO IV DE LA Orden PRE/630/2011 de 23 de marzo, por la que se modifica EL ANEXO IV del Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes

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
01	Enmienda orgánica húmica	Producto de origen animal o vegetal, o por tratamiento de heurandía, lignito o turba, con un contenido mínimo en materia orgánica parcialmente humificada	Materia orgánica total, 25% - Extrato húmico total (ácidos húmicos + ácidos úlvicos), 5% - Ácidos húmicos, 3% - Humedad máxima, 40%	- pH - Conductividad eléctrica - Relación CN - Humedad mínima y máxima - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3	- Materia orgánica total - C orgánico - Ácidos húmicos - Nitrogeno orgánico (si supera el 1%) - P ₂ O ₅ total (si supera el 1%) - K ₂ O total (si supera el 1%)
02	Enmienda orgánica Compost	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), de materiales orgánicos biodegradables del Anexo IV, bajo condiciones controladas	Materia orgánica total, 35% - Humedad máxima, 40% - CN < 20 Las piedras y grasas eventualmente presentes, de diámetro superior a 5 mm, no superarán el 5%. Las impurezas (metales, vidrios y plásticos) eventualmente presentes de diámetro superior a 2 mm, no superarán el 3%. El 90% de las partículas pasarán por la malla de 25 mm	- pH - Conductividad eléctrica - Relación CN - Humedad mínima y máxima - 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
03	Enmienda orgánica Compost vegetal	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), exclusivamente de hojas, hierba cortada y restos vegetales o de poda, bajo condiciones controladas	Materia orgánica total, 40% - Humedad máxima, 40% - CN < 15 No podrá contener impurezas ni metales de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos	- pH - Conductividad eléctrica - Relación CN - Humedad mínima y máxima - 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
04	Enmienda orgánica Compost de estiércol	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), exclusivamente de estiércol, bajo condiciones controladas	Materia orgánica total, 35% - Humedad máxima, 40% - CN < 20 No podrá contener impurezas ni metales de ningún tipo tales como: piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos	- pH - Conductividad eléctrica - Relación CN - Humedad mínima y máxima - 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

o/e: BOE-A-2011-5401



COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

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
1	2	3	4	5	6
06	Esmenda orgánica Turba de musgo (Tipo Sphagnum)	Producto orgánico procedente de turberas altas, formadas principalmente por musgos del género Sphagnum	Materia orgánica total: 90% (s.m.s.)	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - Materia orgánica total (s.m.s.) - N total (si supera el 1%) - Granulometría
07	Esmenda orgánica Turba herbácea	Producto orgánico procedente de tuberías bajas, formadas principalmente por especies herbáceas (Carex, Phragmites, etc.)	Materia orgánica total: 45% (s.m.s.)	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - Materia orgánica total (s.m.s.) - N total (si supera el 1%) - Granulometría
08	Alpenujo desecado	Producto procedente de almazaras con un proceso posterior de secado para reducir su fibrosidad	Materia orgánica total: 25%	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - C orgánico - N total y N orgánico (si superan el 1%) - Otras formas de N (si superan el 1%) - P₂O₅ total (si supera el 1%) - K₂O total (si supera el 1%) - Ácidos húmicos - Granulometría
09	Compost de alpenujo	Producto obtenido por descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica procedente del alpenujo, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas	Materia orgánica total: 45%	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - C orgánico - N total y N orgánico (si superan el 1%) - Otras formas de N (si superan el 1%) - P₂O₅ total (si supera el 1%) - K₂O total (si supera el 1%) - Ácidos húmicos - Granulometría

cre: BOE-A-2011-5401

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

ANEXO V CORRESPONDIENTE AL REAL DECRETO 865/2010

ANEXO I DEL Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo:

Clasificación de productos. Grupo 1: Productos orgánicos como sustratos de cultivo o componentes de sustratos de cultivo.

N.º	Denominación del tipo de producto	Descripción	Especificaciones	Declaraciones obligatorias	Declaraciones opcionales
1.1	Compost.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase térmica), de materiales orgánicos biodegradables del Anexo V, bajo condiciones controladas.	Materia orgánica sobre materia seca >20% (f/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Principales componentes (más del 10 % (V/V)) ordenados en orden decreciente de porcentaje. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE. ■ pH. ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.2	Compost de restos del cultivo de hongos.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase térmica), de restos del sustrato del cultivo de setas o champiñón, bajo condiciones controladas.	Materia orgánica sobre materia seca >20% (f/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Principales componentes (más del 10 % (V/V)) ordenados en orden decreciente de porcentaje. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE. ■ pH. ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.3	Compost de estiércol.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase térmica), de estiércol con o sin adición de materiales vegetales, bajo condiciones controladas.	Materia orgánica sobre materia seca >20% (f/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Principales componentes (más del 10 % (V/V)) ordenados en orden decreciente de porcentaje. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE. ■ pH. ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Nombre de la(s) especie(s) animal(es). Si procede de aves indicar "palinazal". ■ Granulometría.
1.4	Compost vegetal.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase térmica), exclusivamente de restos de poda, hojas, hierba cortada y restos vegetales, bajo condiciones controladas.	Materia orgánica sobre materia seca >40% (f/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Componentes principales (>10% vol.) ordenados en orden decreciente de porcentaje. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE. ■ pH. ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.5	Cortaza de pino envuelta.	Producto procedente de cortaza de pinos de diferentes especies envuelta después de su obtención.	Materia orgánica sobre materia seca >40% (f/m). Tiempo de envejecimiento 36 meses.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo de envejecimiento (meses o años). ■ Si ha sido tratada, especificar tratamiento. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE. ■ pH. ■ Cantidad en volumen. ■ Granulometría. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total.

Grupo 1. Productos orgánicos como sustratos de cultivo o componentes de sustratos de cultivo

ANEXO I
Clasificación de productos

COMPOSTAJE DE RESTOS DE PODA, RESTOS DE AGUACATE DE LA ELABORACIÓN DEL GUACAMOLE Y OTROS RESIDUOS DE LA COSTA TROPICAL

N.º de producto	Denominación del tipo de producto	Descripción	Especificaciones	Declaraciones obligatorias	Declaraciones opcionales
1	2	3	4	5	6
1.6	Corteza de pino compactada.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), bajo condiciones controladas, formado exclusivamente por corteza procedente de pinos de diferentes especies.	Materia orgánica sobre materia seca >30% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. ■ Granulometría. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total.
1.7	Corteza de pino estabilizada por aire caliente.	Producto procedente de la corteza de pino de diferentes especies, higienizada y estabilizada, obtenido mediante un proceso industrial de estabilización por aire caliente.	Materia orgánica sobre materia seca >50% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Temperatura de estabilización. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. ■ Granulometría. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.8	Fibra o corteza de coco.	Producto procedente de corteza de coco.	Materia orgánica sobre materia seca >80% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Especificar si es corteza troceada, fibra, polvo o sus mezclas. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.9	Fibra de madera.	Producto obtenido por procedimiento mecánico con o sin vapor, a partir de maderas no tratadas químicamente.	Materia orgánica sobre materia seca >80% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.10	Turba de Sphagnum.	Material orgánico procedente de turberas altas, formadas principalmente por musgos del género Sphagnum.	Materia orgánica sobre materia seca >90% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Densidad aparente seca. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grado de descomposición. ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Contracción. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.
1.11	Turba herbácea.	Material orgánico procedente de turberas bajas, formadas por especies herbáceas (Carex, Phragmites, etc.).	Materia orgánica sobre materia seca >45% (m/m).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grado de descomposición. ■ Densidad aparente seca. ■ Materia orgánica sobre materia seca. ■ Conductividad eléctrica, CE ■ pH ■ Cantidad en volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Volumen de aire. ■ Volumen de agua a 1,5 y 10 Kpa. ■ Materia seca. ■ Contracción. ■ Espado poroso total. ■ Granulometría.

ANEXO VI

Ecuación de ajuste de la relación C/N y de las cantidades de los residuos de la mezcla a compostar

$$R = \frac{W_1[C_1 \times (100 - M_1)] + W_2[C_2 \times (100 - M_2)] + W_3[C_3 \times (100 - M_3)] + \dots}{W_1[N_1 \times (100 - M_1)] + W_2[N_2 \times (100 - M_2)] + W_3[N_3 \times (100 - M_3)] + \dots}$$

Donde:

R: Relación C/N de la mezcla (30)

W_n: masa del material **n** (peso seco)

C_n: carbono (%) del material **n**

N_n: nitrógeno (%) del material **n**

M_n: humedad (%) del material **n**



