INFORMACIÓN TÉCNICA

Viabilidad del compostaje de los restos de poda de palmera infestada por *Diocalandra frumenti* Fabricius, para su aplicación como abono orgánico en jardinería

Carina Ramos Cordero • Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria
Federico Laich • Hristina Hristova • Estrella Hernández Suárez

ICIA INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

Gobierno de Canarias

Cabildo de Gran Canaria

5/2018

Viabilidad del compostaje de los restos de poda de palmera infestada por *Diocalandra frumenti* Fabricius, para su aplicación como abono orgánico en jardinería

Carina Ramos Cordero[1*] • Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria[2]
Federico Laich[1] • Hristina Hristova[1*] • Estrella Hernández Suárez[1]

(1) Departamento de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. *Contratos de asistencia técnica.
(2) Servicio de Residuos. Consejería de Medio Ambiente y Emergencias. Cabildo de Gran Canaria.

ICIA INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
Gobierno de Canarias
Cabildo de Gran Canaria

Se autoriza la reproducción sin fines comerciales, de este trabajo, citándolo como:

Ramos Cordero, C.; Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria; Federico Laich; Hristina Hristova y Hernández Suárez, E. 2018**.** Viabilidad del compostaje de los restos de poda de palmera infestada por *Diocalandra frumenti* Fabricius, para su aplicación como abono orgánico en jardinería.

Colección Información técnica N°5
Autores: Carina Ramos Cordero, Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria, Federico Laich, Hristina Hristova y Estrella Hernández Suárez.
Edita: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias ICIA.
Maquetación y diseño: Fermín Correa Rodríguez
Impresión: Imprenta Bonnet S.L.
ISSN. 2605-5503
DL. TF1025-2018

ÍNDICE

1. Resumen 7

2. Introducción 8

2.1 Antecedentes y justificación 8

2.2 Proceso de compostaje en el Ecoparque Gran Canaria Sur 16

3. Objetivo 18

4. Material y métodos 18

4.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje 18

4.1.1 Objetivo 19

4.1.2 Localización del ensayo 19

4.1.3 Componentes del ensayo 19

4.1.4 Preparación de las muestras vegetales 20

4.1.5 Diseño del ensayo 20

4.1.6 Registros de temperatura y humedad relativa durante el periodo de ensayo 21

4.2 Análisis de la microbiota fúngica con especial atención a los fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*.. 22

4.2.1 Lugar de realización 22

4.2.2 Objetivo 22

4.2.3 Material evaluado 22

ÍNDICE

4.2.4 Preparacion de las muestras 24

4.2.5 Análisis de la microbiota 24

5. Resultados y discusión 25

5.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje. 25

5.2 Análisis de la microbiota total y detección de *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*. 28

5.2.1 Análisis de las muestras de compost 28

5.2.2 Análisis de las muestras de poda triturada 30

6. Conclusiones 31

6.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje 31

6.2 Ensayo de hongos fitopatógenos de la palmera: *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*. 31

7. Recomendaciones 31

8. Agradecimientos 32

9. Bibliografía 32

1. Resumen

El picudo de las cuatro manchas del cocotero (*Diocalandra frumenti*) se detectó por primera vez en Maspalomas (Gran Canaria) en 1998 sobre palmera canaria (*Phoenix canariesis*) (Salomone et al., 2000) y actualmente, está presente en todas las islas del archipiélago con excepción de la isla de El Hierro (http://www.picudorojocanarias.es).

La Orden de 29 de octubre de 2007, del Gobierno de Canarias, declara a *D. frumenti* como agente nocivo y establece las medidas fitosanitarias para su control. En el Anexo I de dicha Orden se establecen las medidas de control para la destrucción de los restos de palmeras afectadas, indicando que debe procederse al enterramiento de los restos de palmera, tratándolos previamente con un insecticida autorizado y cal viva (BOC Nº 222, de 6 de noviembre de 2007).

La medida fitosanitaria establecida en la Orden entra en conflicto con la labor que desempeña el Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria, órgano competente en la gestión de residuos según la Ley de Residuos de Canarias. Dada la elevada cantidad de poda y restos de palmera afectados por *D. frumenti* que llegan a los Ecoparques de Gran Canaria, se hace prácticamente inviable, por cuestiones de espacio y gastos asociados, cumplir con dicha medida fitosanitaria.

Los restos de poda de palmera constituyen un biorresiduo y como tal, pueden ser utilizados como fuente de materia orgánica (principalmente de carbono) en la producción de compost de alta calidad. La producción de compost, así como su aplicación en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales, es promovido por la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE n° 181, de 29 de julio de 2011).

Con la finalidad de comprobar la viabilidad del compostaje de los restos de poda de palmera infestadas por *D. frumenti* y, proponer una modificación de la Orden mencionada, en lo referente a las

medidas de control para la destrucción de los restos de palmeras afectadas por dicha plaga, se llevó a cabo un ensayo para evaluar la supervivencia de *D. frumenti* bajo condiciones de compostaje. Paralelemente, se realizó un análisis microbiológico, preliminar y exploratorio, de restos de poda triturada de palmera y del compost resultante, con el objetivo de determinar la presencia de los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*

Los resultados obtenidos demuestran que, bajo las condiciones utilizadas en este ensayo, no se recuperan individuos vivos de *D. frumenti* como consecuencia de las temperaturas alcanzadas durante la fase termófila del proceso de compostaje. Asimismo, mediante el análisis microbiológico de la muestra de compost, se observó una alta diversidad de especies fúngicas, siendo *Aspergillus* el género predominante, mientras que los fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola* no se detectaron.

Palabras clave: picudin de la palmera, picudo de las cuatro manchas del cocotero, palmera canaria, *Phoenix canariensis*, *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa*, *Thielaviopsis radicicola*, compost, Ecoparque Gran Canaria Sur.

2. Introducción, antecedentes y justificación

2.1 Antecedentes y justificación

El picudo de las cuatro manchas del cocotero, *Diocalandra frumenti* Fabricius (Coleoptera: Dryophthoridae), es un pequeño coleóptero de color negro (6-8 mm de longitud) con cuatro manchas rojizas en los élitros (Hill, 1983). Originario del sudeste asiático (Bangladesh, India, Indonesia, Tailandia,...), se cita también la presencia en Madagascar, Tanzania, Australia, Islas del Pacífico, Japón, Ecuador (EPPO, 2018), y más recientemente en las Islas Canarias (Salomone, 2000) (fig. 1 y 2).

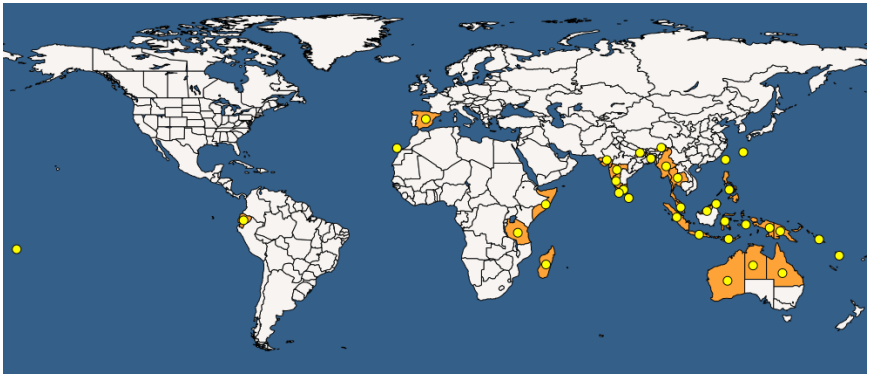

Figura 1.
Distribución mundial de *D. frumenti* (EPPO, 2018).

Diocalandra frumenti ha sido detectado en al menos 17 géneros de la familia Arecaceae, la mayoría de las cuales son especies de palmeras de importancia económica, cultivadas por su interés alimenticio o paisajístico. Sus huéspedes principales son el cocotero (*Cocos nucifera* L.) y la palmera canaria (*Phoenix canariensis* Chabaud) y sus híbridos. Otros huéspedes de menor incidencia son la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.), la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), nipa (*Nypa fruticans* Wurmb) y un gran número de otras palmeras ornamentales (Hill, 1983; González Núñez et al., 2002; EPPO, 2018). Por su interés botánico, científico, ecológico, cultural y paisajístico, la palmera canaria es considerada símbolo vegetal territorial del Archipiélago Canario (Ley 7/1991 de Símbolos de la Naturaleza para las Islas Canarias), y como tal está protegida por la Orden de 20 de febrero de 1991 de Protección de la Flora Vascular Silvestre de Canarias (BOC Nº 35, de 18 de marzo de 1991).

El ciclo de vida de *D. frumenti* se compone de cuatro estadios bien diferenciados: huevo, larva, pupa y adulto, con una duración desde huevo a adulto de unas 10 – 12 semanas (Hill, 1983). El principal daño que ocasiona este curculiónido es durante su estado larvario. Para alimentarse, las larvas excavan galerías de 1 – 2 mm de diámetro en tejidos sanos del tercio basal del raquis de hojas verdes, produciendo exudaciones gomosas y provocando la seca

prematura de hojas de la corona de la palmera, comenzando desde las exteriores hacia las interiores (Salomone et al., 2000) (fig. 3).

Desde su detección en Maspalomas (Gran Canaria) en 1998 sobre palmera canaria (Salomone et al., 2000), *D. frumenti* se ha ido expandiendo rápidamente a otras islas del archipiélago causando un aumento drástico en la infestación de las palmeras. Actualmente, según los muestreos realizados por el Gobierno de Canarias, se confirma la presencia de *D. frumenti* en todas las islas del archipiélago, con excepción de la isla de El Hierro (http://www.picudorojocanarias.es).

Figura 2.
Adulto de *D. frumenti* (Estévez Gil, J.R.).

Figura 3.
Alineación de palmeras afectadas por *D. frumenti* (Benito Hernández, P.).

La Orden de 29 de octubre de 2007, del Gobierno de Canarias, declara a *D. frumenti* como agente nocivo y establece las medidas fitosanitarias para su control (BOC Nº 222, de 6 de noviembre de 2007). En el Anexo I de dicha Orden se establecen las medidas de control para la destrucción de los restos de palmeras afectadas, indicando que debe procederse al enterramiento de los restos de palmera, tratándolos previamente con un insecticida autorizado y cal viva.

La medida fitosanitaria establecida en la Orden entra en conflicto con la labor que desempeña el Servicio de Residuos del Cabildo de Gran Canaria, órgano competente en la gestión de residuos según la Ley de Residuos de Canarias. Dada la elevada

cantidad de poda y restos de palmera infestados por *D. frumenti* que llegan a los Ecoparques de Gran Canaria es prácticamente inviable, por cuestiones de espacio y gastos asociados, cumplir con dicha medida fitosanitaria.

La isla de Gran Canaria cuenta con dos complejos ambientales, actualmente denominados Ecoparques: Ecoparque Gran Canaria Norte (Complejo Ambiental de Salto del Negro) y Ecoparque Gran Canaria Sur (Complejo Ambiental de Juan Grande), contando este último con una planta de compostaje con capacidad de 23.000 t/año para el tratamiento de restos vegetales y fracción orgánica (fig. 4).

Los restos de poda de palmera constituyen un biorresiduo y como tal, pueden ser utilizados como fuente de materia orgánica (principalmente de carbono) en la producción de compost de alta calidad. La producción de compost, así como su aplicación en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales, es promovido por la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE n° 181, de 29 de julio de 2011). El agregado de compost al suelo aporta materia orgánica e introduce una gran variedad de microorganismos implicados en el ciclo de diferentes nutrientes y en procesos de biocontrol de fitopatógenos. Cabe destacar el rol que cumple el compost de alta calidad en la recuperación de suelos, cuya microbiota ha sido afectada por la adición repetitiva de determinados compuestos fitosanitarios.

Durante el proceso de compostaje se lleva a cabo una compleja sucesión de comunidades microbianas que a través de reacciones principalmente bioxidativas, transforman la materia orgánica a formas más estables, similares al humus (*humus-like*), que denominamos compost maduro. La sucesión de estos microorganismos generalmente se asocia a la temperatura, donde podemos distinguir diferentes fases a medida que avanza el proceso: mesófila, termófila, termófila extrema, enfriamiento y maduración. Durante la fase termófila extrema (60-80 °C) se produce una significativa reducción de la microbiota viable, lo

que provoca a su vez una “sanitización“ del compost mediante la eliminación total o parcial de los microorganismos patógenos. La temperatura y el tiempo de exposición suelen ser los factores más importantes y simples de verificar para determinar la erradicación de patógenos durante el compostaje, no obstante, la humedad, el contenido de gases y la presencia de microorganismos antagónicos también pueden influir (Noble et al., 2009).

La causa considerada de mayor importancia para el control de patógenos es la temperatura, sin embargo, para asegurar la eliminación de patógenos es imprescindible mantener altas temperaturas durante cierto tiempo en función de la resistencia de cada organismo. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA) establece que para eliminar, o al menos mantener los patógenos por debajo de los límites de detección, se requiere mantener una temperatura de 55 °C (o mayor), durante 3 días consecutivos en el caso de sistemas de compostaje cerrados, mientras que en sistemas abiertos, pilas o trincheras, se debe mantene estas condiciones de temperatura, durante al menos 15 días consecutivos, con al menos cinco volteos (USEPA, 2003).

En la tabla 1 se muestran las condiciones orientativas de tiempo y temperatura adecuadas para erradicar la mayoría de los fitopatógenos durante el compostaje, de acuerdo a las indicaciones de las principales guías europeas.

Tabla 1.

Condiciones de tiempo – temperatura adecuadas para eliminar la mayoría de fitopatógenos durante el compostaje según algunas guías europeas (Wichuk, Tewari, y McCartney, 2011).

Organización	Temperatura	Tiempo (días)	Humedad	Observaciones
BSI[a]	≥ 65 °C	7 dnc[d]	≥ 50 %	Voltear/mezclar las pilas al menos dos veces.
EPPO[b] BioAbfV[c]	≥ 65 °C	7 dc[e]	≥ 40 %	Aplicable a pilas de volteo. Todo el material debe exponerse a estas condiciones.
	≥ 60 °C	7 dc	≥ 40 %	Aplicable a pilas cubiertas. Todo el material debe exponerse a estas condiciones.
	≥ 55 °C	14 dc	≥ 40 %	Todo el material debe exponerse a estas condiciones.

[a]BSI (British Standards Institute, 2005), [b]EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2008) y [c]BioAbfV (German Ordinance on the Utilization of Biowastes on Land used dor Agricultural, Silvicultural and Horticultural Purposes, 1998), [d]dnc (días no necesariamente consecutivos) y [e]dc (días consecutivos).

Como se mencionó anteriormente, el compost se puede elaborar a partir de restos orgánicos de origen vegetal, y estos pueden estar colonizados con microorganismos fitopatógenos. Por tal motivo, el proceso de "sanitización" es fundamental para eliminar los mismos y evitar su dispersión al incorporar el compost al suelo. En este aspecto, los restos de poda de palmera no son una excepción. *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis* Mercier & Louvet es el agente causal de la fusariosis vascular típica, siendo su principal hospedador la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) aunque también se han citado en *P. dactylifera, P. reclinata, P. sylvestris* y *Washingtonia filifera*. *Ceratocystis paradoxa* (Dade) C. Moreau es un hongo muy extendido por todo el mundo que afecta principalmente a *P. dactylifera*, *P. canariensis* y *C. nucífera*. *Thielaviopsis radicicola* (Bliss) Z.W. De Beer & W.C. Allen (previamente identificada como *Thielaviopsis punctulata*) es el

agente causal de varias enfermedades asociadas a las plantas, incluida la pudrición de la raíz del tronco basal por quemadura negra y la enfermedad de la muerte súbita en *P. dactylifera*. Este patógeno transmitido por el suelo infecta las plantas a través de lesiones mecánicas y grietas de crecimiento o en épocas de alternancia de humedad en el suelo (Suleman et al., 2001). En las palmeras de Canarias este hongo es conocido también como: exudado del tallo, podredumbre del corazón, síndrome de la cabeza doblada (Rodríguez-Rodríguez y Rodríguez-Rodríguez, 2010).

No se han encontrado datos sobre los límites térmicos para la erradicación del hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis* durante el proceso de compostaje, sin embargo, estudios realizados sobre otras especies del género *Fusarium*, concretamente sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* W.C. Snyder & H.N. Hansen (marchitez vascular del tomate), revelan que esta especie se muestra tolerante a la temperatura, sobreviviendo a temperaturas de al menos 62 °C (máximo 74 °C) durante un proceso de compostaje de 21 días. La supervivencia potencial de los fitopatógenos en zonas más frías del compost, especialmente en sistemas sin volteo, no ha sido cuantificada, pero se considera un factor de riesgo importante en el compostaje de residuos vegetales (Noble y Roberts, 2004). Estudios llevados a cabo en Canadá sobre la fusariosis del cereal (*Fusarium graminearum* Schwabe) han probado que esta especie y otras especies de *Fusarium*, fueron rápidamente eliminados de los granos infectados enterrados en pilas de compostaje tras dos días a 51 °C, siendo necesario un periodo más extenso a temperaturas más bajas (Larney y Turkington, 2009). En relación con los hongos fitopatógenos de las palmeras, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*, no se han encontrado datos directos sobre límites térmicos. No obstante, ensayos de sobrevivencia realizados con *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris, causante de la podredumbre negra de raíz en cultivos hortícolas y ornamentales, indicaron que el patógeno no resiste temepraturas superiores a 56 ºC en compost y en agua (Noble y Roberts, 2004).

Con respecto al control y supervivencia de las plagas presentes en el material vegetal a compostar, la bibliografía consultada ofrece escasa información al respecto. En las pilas de compostaje aparecen especies de tres órdenes dentro de la clase Insecta: Diptera, el más abundante, seguido de Coleoptera e Hymenoptera. Dentro del orden Coleoptera destacan las familias Carabidae, Staphylinidae, Scarabeidae, Ptiliidae, Hydrophilidae y Phalacaridae (Arango Gutiérrez y Vásquez Villegas, 2004; Morales y Wolff, 2010; Rouhullah, 2016).

La temperatura es el principal factor abiótico que influye en la biología, la ecología y la dinámica poblacional de los organismos poiquilotérmicos como los insectos, por ello son vulnerables a situaciones extremas. Cada especie tiene una temperatura óptima y una temperatura por encima o por debajo de la cual no pueden sobrevivir. Los efectos de la temperatura varían en un insecto en función sus diferentes tejidos, de tal manera que su umbral de mortalidad viene determinado por el efecto que ejerce sobre el tejido más sensible del mismo (Delinger y Yocum, 1998).

La humedad ambiental también puede afectar a la supervivencia de los insectos a altas temperaturas. Se sugiere que, en condiciones de baja humedad del aire, el enfriamiento por evaporación puede disminuir la temperatura interna del organismo objetivo, lo que proporciona mayores tasas de supervivencia que en el aire húmedo (Gunn y Natley, 1936; Beckett, 2002). También se cree que el calor húmedo favorece la desnaturalización de las proteínas, mientras que el calor seco se basa principalmente en un proceso de oxidación (Dwinell, 1996).

Estudios realizados con el escarabajo huhu (*Prionoplus reticularis* White), barrenador de la madera perteneciente a la familia Cerambycidae, mostraron que tarda en morir 10 días a una temperatura de 35 °C, o tres horas a 45 °C. Ensayos realizados con troncos de madera mostraron que una temperatura central de 45 °C, mantenida durante 2,5 horas fue efectiva para matar el 100 % de las larvas de aquellos escarabajos que se encontraban a una profundidad menor de 10 cm (Dentener et al., 1999). *Rhyzopertha*

dominica (Coleoptera: Bostrychidae) y *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), plagas de granos almacenados, muestran umbrales de mortalidad de 42 a 48 °C y 45 a 53 °C, respectivamente (Beckett et al. 1998, Evans 1986), mientras que Jian et al. (2002) mostraron que los adultos de *Cryptolestes ferrugineus* (Cucujidae) fueron incapaces de alejarse de la fuente de calor en el trigo a 50 °C, con una mortalidad del 100% después de tres horas.

2.2 Proceso de compostaje en el Ecoparque Gran Canaria Sur

El proceso de compostaje llevado a cabo en el Ecoparque Gran Canaria Sur posee una duración de 42 días, con un sistema de volteo a los 21 días de iniciado el proceso de compostaje. Tras analizar 118.681 registros, tomados cada minuto desde el 17 de marzo hasta el 7 de junio de 2017 en uno de los túneles de la planta de compostaje del Ecoparque, en la fase termófila del proceso el 65 % de los registros indicaron temperaturas ≥ 55 °C, las cuales se mantuvieron en un periodo de al menos 7 días consecutivos. Pero, para asegurar la “sanitización“ del compost, determinadas guías europeas recomiendan un límite mínimo de 14 días consecutivos a una temperatura ≥ 55 °C, o incluso de 7 días, consecutivos o no, según la humedad, con registros ≥ 65 °C. De acuerdo a los datos registrados, se observa que las condiciones o recomendaciones mencionadas no se cumplen. Solamente se detectaron temperaturas ≥ 65 °C durante una brusca subida de temperatura, de unas pocas horas, registrada en la primera etapa del proceso (fig. 4). La figura 5 nos ofrece un detalle de las instalaciones del Ecoparque Gran Canaria Sur.

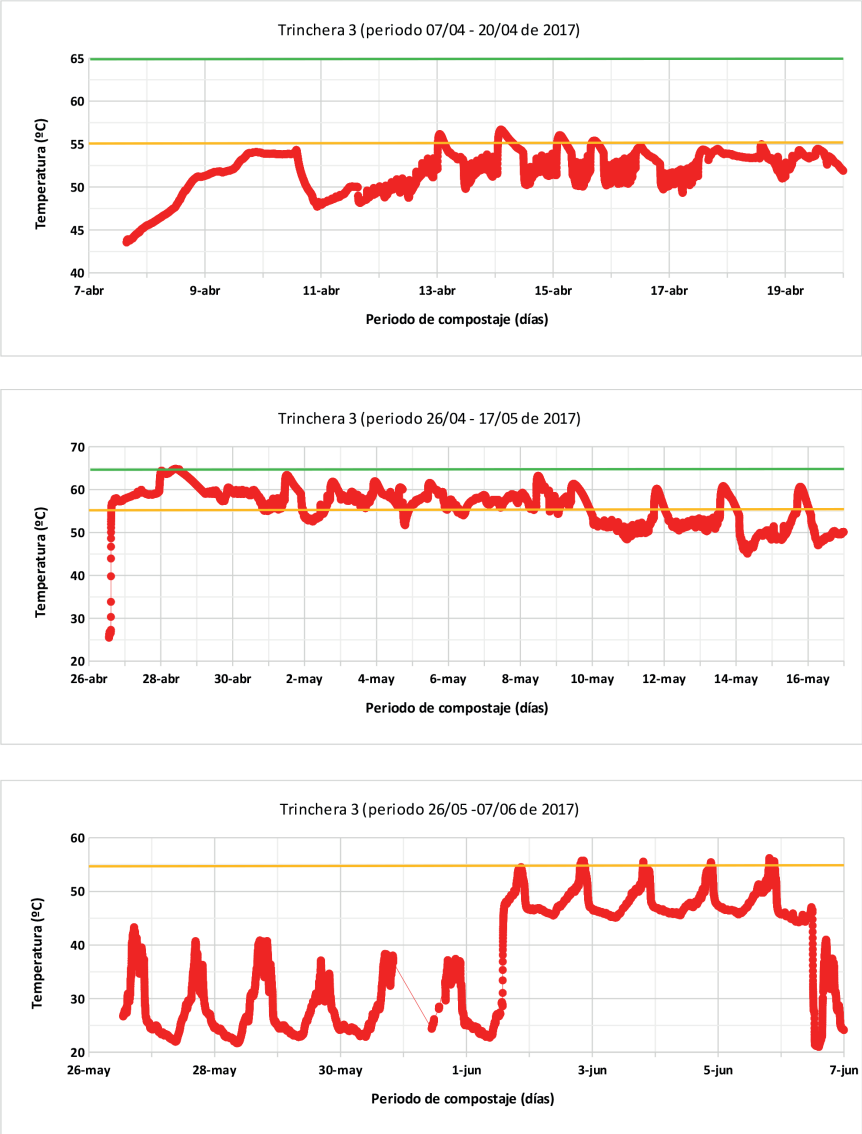

Figura 4.
Registros de temperatura detectados durante el periodo 17/03/2017 al 07/06/2017 en uno de los túneles del Ecoparque Gran Canaria Sur.

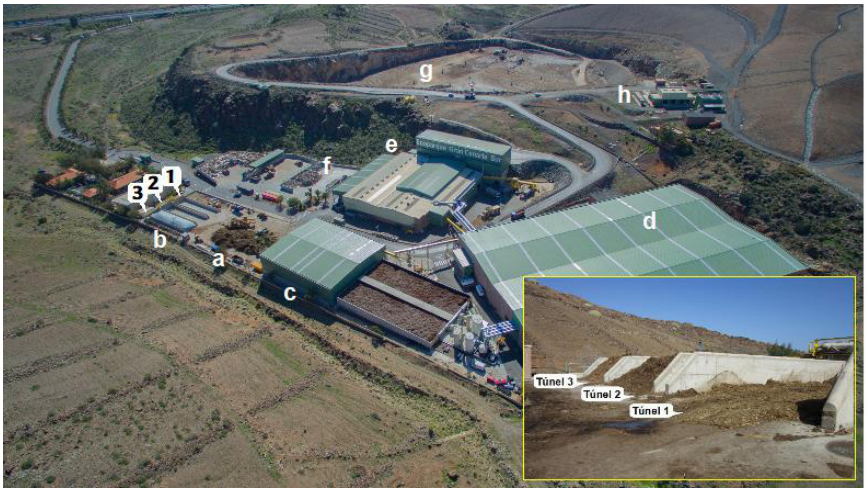

Figura 5.
Instalaciones del Ecoparque Gran Canaria Sur: **a)** Acopio de la fracción vegetal, **b)** Compostaje de la fracción vegetal, **c)** Almacén, bioestabilizado y compost, **d)** Bioestabilización, **e)** Planta de selección y clasificación de la Fracción Resto, **f)** Parque de subproductos y tratamiento de voluminosos, **g)** Celda de vertido, **h)** Planta de desgasificación y valoración energética.

3. Objetivo

Comprobar la viabilidad del compostaje de los restos de poda de palmera infestadas por el agente nocivo *Diocalandra frumenti* y los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola* para su utilizacion en jardinería, y evaluar la inocuidad del compost resultante con el fin de proponer una modificación de la Orden de 29 de octubre de 2007 (BOC Nº 222, de 6 de noviembre de 2007), en lo referente a las medidas de control para la destrucción de los restos de palmeras afectadas por dicha plaga.

4. Material y métodos

4.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje.

4.1.1 Objetivo

Evaluar la supervivencia de *D. frumenti* tras el proceso de compostaje de restos de poda de palmera infestadas.

4.1.2 Localización del ensayo

La fase de montaje del material vegetal se realizó en el laboratorio de Entomología del Departamento de Protección Vegetal del ICIA, y el ensayo bajo condiciones de compostaje se llevó a cabo en el Ecoparque Gran Canaria Sur (Juan Grande, T.M. San Bartolomé de Tirajana, Gran Canaria).

El Ecoparque cuenta con tres túneles, cada uno de ellos de 6,5 m de ancho por 30 m de largo, provistos de una lona impermeable a la lluvia, pero permeable al aire y con aireación forzada para el mantenimiento de las condiciones aeróbicas (fig. 5).

4.1.3 Componentes del ensayo

Para el montaje del ensayo se diseñaron los recipientes que albergaban las muestras vegetales infestadas con *D. frumenti*, los contenedores que permitían distribuir los recipientes en altura y la estructura que soportaba los contenedores ocupando las posiciones baja, media y alta, tal y como puede verse en la figura 6c. La ventilación de cada recipiente se logró mediante 2 orificios de 2,5 cm de diámetro cubierto con malla metálica inoxidable de 120 mesh (fig. 6).

Figura 6.
Prototipo de **a)** recipiente y **b)** contenedor y **c)** detalle de la estructura con los contenedores ocupando las posiciones baja, media y alta.

4.1.4 Preparación de las muestras vegetales

Se realizaron diversas pruebas previas al ensayo para determinar la idoneidad del material vegetal a ensayar (tábalas de palmera *vs.* caña de azúcar), resultando las tábalas de palmera el material elegido por su resistencia a la desecación. El material vegetal fue suministrado por la empresa Gestión del Medio Rural de Canarias S.A.U.

Para los estadios de larva y pupa se usaron cuñas de tábala de palmera infestadas por *D. frumenti* con galerías recientes, en el caso de los adultos, se usaron cuñas sañas sin síntomas de plaga o enfermedad a las que se les realizó una galería central, se introdujeron cinco adultos de *D. frumenti* mediante pincel y se cerró la galería con un tapón hecho con la propia tábala de palmera; por último, los cortes se sellaron con pasta cicatrizante para reducir la desecación del material durante el periodo de ensayo (fig. 7).

Figura 7.
Infestación forzada de tábalas de palmera con adultos de *D. frumenti*: **a)** selección de adultos y colocación en la galería mediante pincel, **b)** cierre de galería y **d)** sellado de los cortes de la tábala mediante pasta cicatrizante.

4.1.5 Diseño del ensayo

El ensayo consistió en dos tratamientos (altura y profundidad) y tres repeticiones, correspondientes a cada uno de los túneles ensayados. En cada túnel se colocó un contenedor a tres alturas diferentes (alto, medio y bajo) y a tres profundidades a lo largo del perfil longitudinal del túnel (inicio, medio y final) (fig. 8). Paralelamente a las estructuras instaladas en cada túnel, se colocaron testigos en los pasillos divisorios de los túneles y en

laboratorio, conservados a temperatura ambiente, con el objetivo de comparar la supervivencia de *D. frumenti* en ambos materiales vegetales, una vez finalizado el proceso de compostaje.

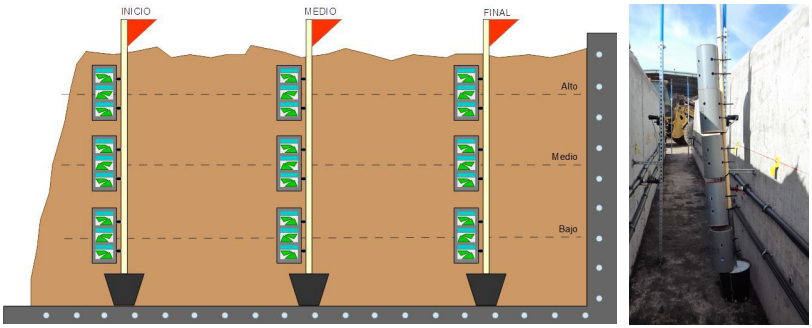

Figura 8.
a) Esquema del perfil longitudinal de un túnel y distribución de los contenedores en altura y profundidad, **b)** testigos conservados a temperatura ambiente.

Se realizó la lectura del material una vez concluido el proceso de compostaje, evitando así alterar el proceso típico llevado a cabo en el Ecoparque. En la tabla 2 figuran las fechas de montaje de cada una de las repeticiones (túnel), así como la fecha de finalización del proceso de compostaje y recogida de muestra para su lectura en laboratorio.

Tabla 2.
Fechas de montaje y lecturas en cada túnel ensayado.

Repetición	Montaje	Lectura real	Proceso de compostaje
Túnel 1	08/11/17	26/12/17	48 días
Túnel 2	04/12/17	18/01/18	45 días
Túnel 3	21/11/17	08/01/18	48 días

4.1.6 Registros de temperatura y humedad relativa durante el periodo de ensayo

Como puede observarse en la figura 9, durante el periodo de ensayo se registraron temperaturas y humedades relativas habituales para la época del año y localización donde se llevó a cabo el ensayo, con una temperatura máxima, mínima y media de

28.84, 14.91 y 25.35 °C, respectivamente. En cuanto a la humedad relativa máxima, mínima y media durante el periodo de ensayo fue de 99.7, 10.82 y 88.8 %, respectivamente.

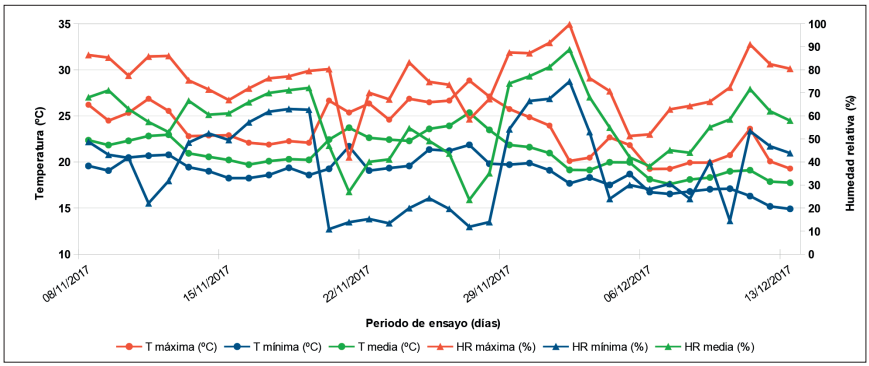

Figura 9.
Registros de temperatura y humedad relativa mínina, máxima y media durante el periodo de ensayo.

4.2 Análisis de la microbiota fúngica con especial atención a los fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*.

4.2.1 Lugar de realización

El análisis microbiológico se realizó en el área de Micología del Departamento de Protección Vegetal del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, mientras que la elaboración del compost se llevó a cabo en el Ecoparque Gran Canaria Sur.

4.2.2 Objetivo

Evaluar las características microbiológicas y la existencia de determinados fitopatógenos en restos de poda de palmera y material compostado

4.2.3 Material evaluado

Considerando la importancia de realizar una correcta "sanitización" durante el proceso de compostaje para evitar la dispersión posterior de potenciales fitopatógenos de importancia en palmeras, se realizó un análisis preliminar y exploratorio del material utilizado en el Ecoparque Gran Canaria Sur.

Se analizaron dos tipos de muestras; 1) poda de palmera triturada (sin compostar), 2) compost (etapa final). El primer tipo de muestra se analizó para conocer el inóculo inicial de los fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicícola*. Mientras que la muestra de compost fue analizada para determinar el inoculo de los patógenos una vez realizado el proceso de compostaje.

El compost fue elaborado a partir de digestato de lodos (resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas) y poda triturada, entre otros componentes. El digestato de lodos contiene componentes muy valiosos, como materia orgánica y fitonutrientes, y componentes problemáticos, como metales pesados, contaminantes orgánicos y potenciales patógenos.

Las muestras de poda triturada se recolectaron en el parque de subproductos y tratamiento de voluminosos del Ecoparque, con anterioridad a la elaboración de la mezcla a compostar. Mientras que las muestras de compost se tomaron una vez concluido el proceso de compostaje (fig. 10). El muestreo se realizó al azar, obteniéndose entre 15-20 submuestras, las cuales fueron mezcladas y homogeneizadas hasta obtener finalmente una muestra compuesta de aproximadamente 2 kg. Esta muestra se conservó en bolsa plástica en nevera para evitar la pérdida de humedad y modificaciones microbiológicas durante el traslado al laboratorio.

Figura 10.
Muestra de compost (izq.) y de poda triturada (dcha.).

4.2.4 Preparación de las muestras

Una vez recibida la muestra de compost en el laboratorio, ésta se colocó en bandejas de plástico sobre papel de filtro y se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 h para eliminar el exceso de humedad. Posteriormente, el compost se homogeneizó y se tamizó. En el caso de la muestra de poda triturada, se seleccionaron trozos de palmera de aproximadamente 1 cm. Estos fueron desinfectados en superficie con NaClO (0,1 %) durante 1 minuto y etanol (70 %) durante 30 segundos, y posteriormente se lavaron con agua destilada estéril.

4.2.5 Anális de la microbiota

El análisis de las muestras de compost se realizó mediante la técnica de dilución y siembra en placa de Petri. Las diluciones se realizaron en solución diluyente isotónica 1/10 hasta 10^{-6}. A partir de cada una de las diluciones, se sembraron por duplicado 0,1 ml en superficie por cada placa de Petri, con los siguientes medios de cultivo: a) PDA (agar-papa-dextrosa), b) DRBC (Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol Agar) y c) medio Komada. Los medios PDA y DRBC se utilizaron para analizar la microbiota fúngica total, mientras que el medio Komada se utilizó para el análisis de *Fusarium.*

En el caso de la muestra de poda triturada, la siembra se realizó depositando en cada placa de Petri, entre 4 y 6 trozos (de 1 cm de longitud) de palmera triturada sobre la superficie de los medios de cultivo PDA, DRBC o Komada (fig. 11).

Figura 11.
Muestras de poda triturada.

Una vez realizada las siembras correspondientes en los diferentes medios de cultivos, las placas fueron incubadas a 25 °C durante al menos 7 días o hasta el desarrollo adecuado de las colonias.

La identificación se realizó mediante análisis macroscópico de las colonias y micromorfológico de las estructuras fúngicas, utilizando diferentes claves taxonómicas y publicaciones actualizadas en función de la especie analizada.

5. Resultados y discusión

5.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje.

La tabla 4 muestra los porcentajes de supervivencia de adultos de *D. frumenti* obtenidos en los túneles durante el proceso de compostaje, en función de la posición y altura que ocupaban los diferentes contenedores dentro de la trinchera. Tal y como puede verse en la tabla, en ningún túnel se recuperaron individuos vivos de *D. frumenti* en ninguna de las tres posiciones ensayadas (inicio, medio y final), ni en las tres alturas ensayadas por posición (alto, medio y bajo), tras el periodo de compostaje.

Tabla 4.
Porcentaje de supervivencia de adultos de *D. frumenti* en función de la posición y la altura dentro de cada túnel, bajo condiciones de compostaje.

Posición	Altura	% de supervivencia de adultos de *D. frumenti* (N= número de individuos ensayados)		
		Túnel 1	Túnel 2	Túnel 3
Inicio	alto	0 (N=10)	0 (N=10)	0 (N=10)
	medio	0 (N=10)	0 (N=10)	0 (N=9)
	bajo	0 (N=12)	0 (N=10)	0 (N=10)
Medio	alto	0 (N=12)	0 (N=10)	0 (N=5)
	medio	0 (N=11)	0 (N=10)	0 (N=10)
	bajo	0 (N=11)	0 (N=10)	0 (N=10)
Bajo	alto	0 (N=10)	0 (N=10)	0 (N=9)
	medio	0 (N=9)	0 (N=10)	0 (N=9)
	bajo	0 (N=12)	0 (N=10)	0 (N=9)
	Total:	**0 (N=97)**	**0 (N=90)**	**0 (N=81)**

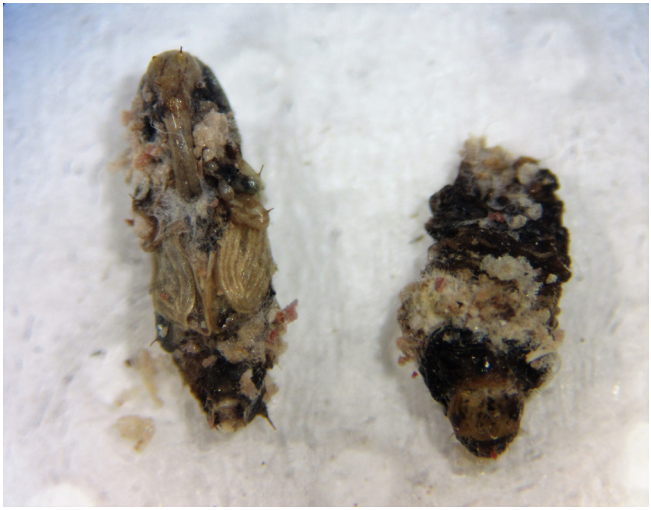

Figura 12.
Aspecto de larvas y pupas de *D. frumenti* tras el periodo de compostaje.

La tabla 5 muestra los porcentajes de supervivencia de adultos de *D. frumenti* obtenidos en los testigos de campo y de laboratorio, asociados a cada túnel de compostaje. Se observa que la supervivencia del material vegetal expuesto a las condiciones climáticas de la zona es menor que la supervivencia del material conservado en laboratorio a temperatura ambiente, debido a la alta desecación del material vegetal en campo, lo que produjo una alta mortalidad de *D. frumenti*. El hecho de recuperar individuos vivos de *D. frumenti* en los testigos de campo y de laboratorio, valida la metodología del ensayo.

Tabla 5.
Porcentaje de supervivencia de adultos de *D. frumenti* obtenidos en los testigos de campo y de laboratorio, asociados a cada túnel de compostaje.

Testigos	% de supervivencia de adultos de *D. frumenti* (N= número de individuos ensayados)		
	Túnel 1	Túnel 2	Túnel 3
Campo	20,69 (N=58)	40 (N=20)	0 (N=55)
Laboratorio	52 (N=25)	62 (N=50)	92,31 (N=51)

En la tabla 6 se recogen los registros de temperatura alcanzados durante el periodo de compostaje de cada túnel ensayado. Se observa que en el túnel 1 el proceso de compostaje duró 48 días, alcanzándose temperaturas superiores a 55 °C el día 05/12/2017 durante 2 h y 43 min, con un máximo de 66,72 °C; los días 14 y 15/12/2017 durante 18 h y 53 min, manteniendo el máximo de 66,72 °C; y durante el día 26/12/2017 durante 5 h y 20 min, con un máximo de 62,51 °C. En el túnel 2 el proceso tuvo una duración de 45 días alcanzando temperaturas superiores a 55 °C del 27/12/2017 al 30/12/2017 durante 50 horas y 57 min, con un máximo de 65,52 °C; y los días 29 y 30/01/2018, durante 24 h y 49 min, con un máximo de temperatura de 82,37 °C. En el túnel 3 el proceso de compostaje duró 48 días, registrándose temperaturas superiores a 55 °C del 05 al 06/01/2018 durante 25 h y 34 min, con un máximo de 68,87 °C.

Tabla 6.
Registros de temperatura alcanzados durante el periodo de compostaje, en cada túnel ensayado.

Repeti-ción	Proceso de compostaje			T > 55 °C		
	Inicio	Fin	Duraci-ón	Periodo	Duración	T máx (°C)
Túnel 1	08/11/17	26/12/17	48 días	05/12/17	2 h 43 min	66,72
				14/12 - 15/12	18 h 53 min	66,72
				26/12/17	5 h 20 min	62,51
Túnel 2	04/12/17	18/01/18	45 días	27/12 - 30/12	50 h 57 min	65,52
				29/01 – 30/01	24 h 49 min	82,37
Túnel 3	21/11/17	08/01/18	48 días	05/01 – 06/01	25 h 34 min	68,87

Luego las temperaturas registradas durante el proceso de compostaje en el que hemos hecho el ensayo, no cumplen las condiciones que recomiendan las guías europeas consultadas (BSI, EPPO, BioAbfV y USEPA) para eliminar la mayoría de los fitopatógenos. A pesar de esto, para *D. frumenti* los resultados de nuestro ensayo indican que fueron suficientes ya que la supervivencia

obtenida fue nula. Nuestras observaciones coinciden con las obtenidas en otros ensayos en los que se valora el compostaje como medida de higienización frente a plagas: Keen et al. (2002) en el control de la filoxera de la vid (*Daktulosphaira vitifolii* Fitch (Hemiptera: Phylloxeridae)) durante un proceso de compostaje abierto; Shrestha et al. (2013) en el control del escarabajo que afecta a los granos de trigo *Cryptolestes ferrungineus* S. (Coleoptera: Laemophloeidae), demostrando que el estado larvario de este coleóptero es más resistente al calentamiento que los adultos, no obstante, obtuvieron una mortalidad completa de las larvas a 55 – 60 °C.

El proceso de compostaje llevado a cabo en el Ecoparque Gran Canaria Sur es muy variable ya que está sujeto a muchos condicionantes, por ello, en el proceso de compostaje llevado a cabo durante este ensayo se alcanzaron temperaturas ≥ 55 °C durante la fase termófila del proceso, pero no se mantuvieron durante un periodo de al menos siete días consecutivos; sin embargo, estas condiciones si se dieron en el proceso de compostaje llevado a cabo del 17 de marzo al 7 de junio de 2017 en los mismos túneles.

5.2 Análisis de la microbiota total y detección de *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*.

5.2.1 Análisis de la muestra de compost

El análisis mediante dilución en placa de Petri con los medios de cultivo PDA y DRBC permitió cuantificar la biota fúngica total a través del recuento de las unidades formadoras de colonias por gramo (ufc/g) de compost, detectándose una concentración media de 5.3 x 10^5 ufc/g. La biodiversidad fúngica observada puede considerarse dentro de los parámetros normales para este tipo de compost, observándose un claro predominio de especies del género *Aspergillus*, principalmente pertenecientes a las secciones Fumigati, Nidulantes y Versicolores. El género *Penicillium* fue el segundo en importancia y en diversidad de especies, y en el medio

DRBC se observaron colonias de levaduras (no identificadas) en menor concentración.

En ninguno de los medios analizados se detectaron colonias de *Fusarium, Ceratocystis* y *Thielaviopsis*. No obstante, cabe aclarar que mediante el método empleado en este trabajo (dilución en placa) no es posible detectar una baja población de estas especies. El motivo de esta limitación técnica se debe a la alta población fúngica saprófita existente en el compost (*Aspergillus* y *Penicillium*), que obliga a realizar diluciones altas (10^{-4}) para obtener colonias aisladas. Por tal motivo, es conveniente repetir dichos análisis utilizando métodos moleculares que permitan la detección de los patógenos mencionados con mayor sensibilidad.

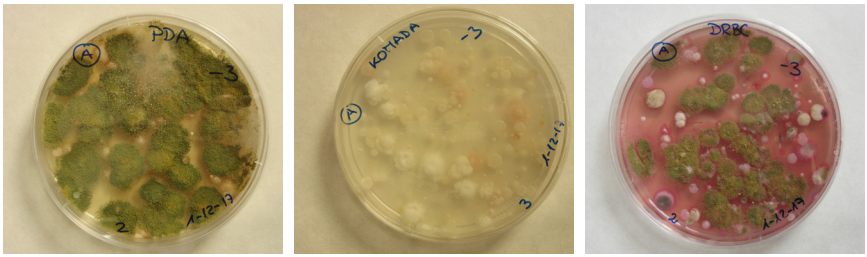

Figura 13.
Desarrollo de las colonias fúngicas en los medios: PDA, KOMADA y DRBC (de izquierda a derecha), después de 7 días de incubación a 25 °C.

Noble y Roberts (2004), a través de un trabajo de revisión bibliográfica sobre la erradicación de fitopatógenos y nematodos durante el compostaje, analizan los efectos de combinar temperatura y tiempo, y otros factores desinfectantes durante el compostaje. En este trabajo, los autores mencionados indican que 52 de 64 fitopatógenos analizados, fueron reducidos por debajo de los límites de detección de los test utilizados, mediante la aplicación de temperaturas de 64 a 70 °C durante 21 días. Periodos más cortos y/o temperaturas más bajas podrían también ser suficientes para la erradicación de los mismos, pero mencionan la necesidad de realizar ensayos más específicos para los sistemas de

compostaje. No obstante, algunos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (responsable de la marchitez vascular del tomate), que difiere de la marchitez vascular de las palmeras a nivel de subespecie (*F. oxysporum f. sp. canariensis*), fue más tolerante a la temperatura, sobreviviendo a temperaturas mayores a 62 °C (máximo 74 °C) durante un proceso de compostaje de 21 días. Asimismo, se debe tener en cuenta que la supervivencia potencial de los fitopatógenos en zonas más frías del compost, especialmente en sistemas sin volteo, no ha sido cuantificada y debe considerarse un factor de riesgo importante en el compostaje de residuos vegetales.

5.2.2 Análisis de las muestras de poda triturada

El análisis de las muestras de trozos de palmera triturada sembradas sobre los medios PDA, DRBC y Komada, permitió observar diferentes especies fúngicas saprófitas correspondientes a la biota habitual ambiental. Sin embargo, no se detectaron trozos de restos de palmera con los fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis, Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*.

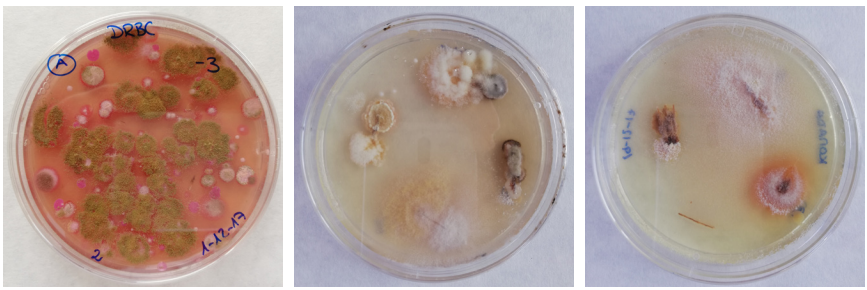

Figura 14.
Desarrollo de las colonias fúngicas en los medios: DRBC, PDA y KOMADA (de izquierda a derecha), después de 7 días de incubación a 25 °C.

6. Conclusiones

6.1 Ensayo de supervivencia de *Diocalandra frumenti* bajo condiciones de compostaje.

Los resultados obtenidos en los tres túneles ensayados muestran que no se recuperaron individuos vivos de *D. frumenti* en ninguna de las tres posiciones ensayadas (inicio, medio y final), ni en las tres alturas ensayadas por posición (alto, medio y bajo), bajo las condiciones de compostaje del Ecoparque Gran Canaria Sur; aunque si se recuperaron individuos vivos en los controles. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores que valoraron el compostaje como medida de higienización frente a otras plagas.

6.2 Ensayo de hongos fitopatógenos de la palmera: *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis, *Ceratocystis paradoxa* y *Thielaviopsis radicicola*.

No se detectaron los fitopatógenos mencionados en ningunas de las muestras analizadas (trozos de palmera triturada y compost). En las muestras de compost el género predominante fue *Aspergillus*, predominando especies correspondientes a las secciones Fumigati y Nidulantes.

7. Recomendaciones

El proceso de compostaje llevado a cabo en el Ecoparque Gran Canaria Sur está sujeto a muchos condicionantes, entre ellos, la dependencia de terceros en el suministro de los componentes de la receta del compost, las averías y demás imprevistos que surgen en este tipo de procesos. Si a esto añadimos la dificultad que conlleva realizar ensayos con insectos, sensibles a los cambios bruscos de temperatura y humedad, así como a la propia manipulación durante la fase de montaje de los ensayos; se deduce que los resultados obtenidos son preliminares, y por ello, se recomienda su repetición para así contrastar los mismos.

Se propone realizar un análisis microbiológico de una muestra de poda triturada, recolectada justo antes de la mezcla con el digestato de lodos en el proceso de carga de una trinchera. Esos restos de poda entrarán en el proceso de compostaje, tomando muestra para su análisis microbiológico del producto final, el compost. Esto permitirá una mejor interpretación de los resultados si se detecta la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis en el material antes de compostar.

La forma más fiable de demostrar si el proceso de compostaje del material vegetal, procedente de la poda de palmeras con posible infección por los hongos fitopatógenos, da lugar a un compost libre de enfermedad es realizar un ensayo similar al descrito en la actividad 4 de este informe. El diseño del ensayo consistiría en inocular en laboratorio tábalas de palmera sanas con una cepa del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis y, colocar estas tábalas en la trinchera a compostar siguiendo el patrón de distribución en distancias y alturas, descrito en la actividad 3. Con este ensayo podemos detectar o no, la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. canariensis a partir de un material inicial con una densidad de inóculo del patógeno cuantificada.

8. Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración prestada por el Ecoparque Gran Canaria Sur, la empresa Gestión del Medio Rural de Canarias S.A.U. y la Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias.

9. Bibliografía

Arango, G.P., y Villegas, E.M.V. 2004. Los coleópteros y el compost. *Revista Lasallista de Investigación*, *1*(1), 93-95.

Beckett, S.J. 2002. Towards more effective heat disinfestation from a biological perspective. In Credland, P.F., Armitage, D.M., Bell, C.H., Cogan, P.M., y E. Highley (ed). Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference

on Stored Product Protection, York. CABI Publishing. pp 796-802.

Beckett, S.J., Morton, R. y Darby, J.A. 1998. The mortality of Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) and Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae) at moderate temperatures. J. of Stored Products Res. 34(4): 363-376.

Denlinger, D.L. y Yocum, G.D. 1998. Physiology of heat sensitivity. En: Hallman, G.J. and D.L. Denlinger (eds.) Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management, pp 7 – 53. Boulder CO: Westview.

Dentener, P.R., Lewthwaite, S.E., Rogers, D.J., Miller, M. y Connolly, P.G. 1999. Mortality of huhu (*Prionoplus reticularis*) subjected to heat and controlled atmosphere treatments. NZ J. of For. Sci. 29(3): 473-483. En: Gordon Hosking. 2007. Temperature Mortality Thresholds for Insects. Disponible en: <http://www.nzfoa.org.nz/images/stories/pdfs/content/researchgeneral/output_41031.pdf>.

Dwinell, L.D. 1996. Using heat to decontaminate softwood chips, lumber, and logs. Pages 91-97 in Importing wood products; pest risks to domestic industries. Portland, Oregon, March 4-6. En: Gordon Hosking. 2007. Temperature Mortality Thresholds for Insects. Disponible en: <http://www.nzfoa.org.nz/images/stories/pdfs/content/researchgeneral/output_41031.pdf>.

EPPO. 2018. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Diocalandra frumenti* (DIOCFR). PQR - EPPO database on quarantine pests. http:// www.eppo.int (consultado el 11 de marzo de 2018).

Evans, D.E. 1986. The influence of rate of heating on the mortality of Rhyzopertha dominica. Jour. Stored Products Research. 23: 73-77. En: Gordon Hosking. 2007. Temperature Mortality Thresholds for Insects. Disponible en: <http://www.nzfoa.org.nz/images/stories/pdfs/content/researchgeneral/output_41031.pdf>.

González Núñez, M., Álvarez, A.J., Salomone, F., Carnero, A., Del Estal, P. y Durán, J.E. 2002. *Diocalandra frumenti* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae), nueva plaga de palmeras introducida en Gran Canaria. Primeros estudios de su biología y cría en laboratorio. Boletín Sanidad Vegetal, 28(3), 347-355.

Gunn, D.L. y Natley, F.B. 1936. The temperature and humidity relations of the cockroach. IV thermal death point. Jour. of Exp. biology. 13; 28-34. En: Gordon Hosking. 2007. Temperature Mortality Thresholds for Insects. Disponible en: <http://www.nzfoa.org.nz/images/stories/

pdfs/content/researchgeneral/output_41031.pdf>.

Hill, D.S. 1983. *Diocalandra frumenti*. En: Agricultural insect pests of the tropics and their control, 2nd ed. Cambridge University Press: Cambridge, England (UK): 478-479.

Jian, F., Jayas, D.S., White, N.D. and Muir, W.E. 2002. Temperature and geotaxis preference by Cryptolestes ferrugineus adults in response to 5ºC/m temperature gradients at optimum and hot temperatures in stored wheat and their mortality at high temperature. Environmental Entomology 31(5): 816-826.

Keen, B.P., Bishop, A.L., Gibson, T.S., Spohr, L.P. Y Wong, P.T. 2002. Phylloxera mortality and temperature profiles in compost. Australian Journal of Grape and Wine Research 8, 56–61.

Komada, H. 1975. Development of a Selective Medium for Quantitative Isolation of Fusarium oxysporum from Natural Soil. Review of Plant Protection Research, 8: 114-125.

Larney, F.J. y Turkington, T.K. 2009. Fate of Fusarium graminearum and other Fusarium species during composting of beef cattle feedlot manure. Compost science and utilization, 17(4): 247-256.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Boletín Oficial del Estado N° 181, de 29 de julio de 2011.

MAPAMA, 2017. Valorización y reciclaje material. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-compostaje.aspx>.

Morales, G.E., y Wolff, M. 2010. Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source. *Revista Brasileira de Entomologia*, *54*(4), 645-653.

Noble, R. y Roberts, S.J. 2004. Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review. Plant Pathology, 53, 548–568.

Orden de 20 de febrero de 1991 de Protección de la Flora Vascular Silvestre de Canarias. Boletín Oficial de Canarias 1991/035 de lunes 18 de marzo de 1991. Disponible en: <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/1991/035/boc-1991-035-001.pdf>.

ORDEN de 29 de octubre de 2007, por la que se declara la existencia de las plagas producidas por los agentes nocivos Rhynchophorus Ferrugineus (Olivier) y Diocalandra Frumenti (Fabricius) y se

establecen las medidas fitosanitarias para su erradicación y control. BOC N° 222, martes 6 de noviembre de 2007.

RD 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. BOE N° 223, de 15 de septiembre de 2012.

Rodríguez Rodríguez, J.M. y Rodríguez Rodríguez, R. 2010. La palmera Canaria, plagas y enfermedades. Cabildo de Gran Canaria. 100 pp.

Salomone Suárez, F., Carnero Hernández, A., González Hernández, A. y Marrero Ferrer, M. 2000. Presencia en la zona paleártica de *Diocalandra frumenti* Fabricius (Coleóptera, Curculionidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, *24*(1-2), 263-264.

Shrestha, B., Yu, D. y Baik, O-D. 2013. Elimination of Cryptolestes ferrungineus S. in wheat by radio frequency dielectric heating at different moisture contents. Progress In Electromagnetics Research, Vol. 139, 517–538.

Suleman, P., Al-Musallam, A. y Menezes, C.A. 2001. The effect of solute potential and water stress on black scorch caused by *Chalara paradoxa* and *Chalara radicicola* on date palms. Plant Disease 85: 80–83.

USEPA, 2003. United States Environmental Protection Agency Report on the Environmental. Disponible en: <https://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/eroe/recordisplay.cfm?deid=56830>.

Warcup, J.H. 1950. The soil plate method for insolation of fungi from soil. Nature (London), 166: 117-118.

Wichuk, K., Tewari, Jalpa P. y McCartney, D. 2011. Plant Pathogen Eradication During Composting: A Literature Review. Compost Science & Utilization; Autumn 2011; 19, 4; Natural Science Collection pg. 244