



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-543

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Turmicultura en España, oportunidades y necesidades del sector

MORTE GÓMEZ, A.¹, ANDRINO LA FUENTE, A.¹, GUTIÉRREZ ABBAD, A.¹ y NAVARRO RÓDENAS, A.¹

¹Dpto. Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Murcia, España.

Resumen

Las turmas, criadillas, papas de tierra o más ampliamente llamadas trufas del desierto son los ascocarpos o cuerpos fructíferos de ascomicetos hipogeos de especies de distintos géneros, siendo *Terfezia* el más representativo. Estos hongos forman simbiosis micorrícica con especies de Cistáceas y esta simbiosis está bien adaptada a condiciones edáficas y climatológicas de zonas semiáridas. Desde que en 1999 se estableció el primer cultivo de plantas micorrizadas con estos hongos, la turmicultura ha hecho posible la explotación sostenible de terrenos no aptos para otros cultivos y el aumento de productividad de estos hongos de alto valor gastronómico, nutricional y ecológico. En este trabajo presentamos los resultados de producción obtenidos en una de las plantaciones y su relación con las variables climatológicas de la zona, ajustando la relación a un modelo de regresión lineal en función del acumulado de lluvias en otoño del año anterior al periodo de recolección y, en menor medida, el acumulado de lluvias durante marzo del año del periodo de recolección. La turmicultura puede ser considerada una agricultura de secano, con un aporte hídrico mínimo y una serie de practicas que lo hacen rentable y sostenible en consonancia con zonas áridas y semiáridas de nuestra biogeografía.

Palabras clave

Micorriza, trufas del desierto, turma, criadilla, *Terfezia*, ascomicetos hipogeos, cultivo, turmicultura, aprovechamiento micológico.

1. Introducción

Las trufas del desierto, turmas o criadillas de tierra, son un grupo de hongos comestibles hipogeos, aunque a veces emergentes, que pertenecen a distintos géneros dentro del Orden Pezizales en la División Ascomycota, siendo los más importantes *Terfezia*, *Picoa* y *Tirmania*. Estos hongos son frecuentes en ecosistemas áridos y semiáridos, con suelos ácidos y alcalinos, de la cuenca Mediterránea y su periodo de fructificación oscila de febrero a mayo, dependiendo mayormente de la cantidad y distribución de las precipitaciones acaecidas durante el año (Honrubia *et al.* 2007). Las trufas de desierto tienen un gran interés desde el punto de vista ecológico, por el grupo de plantas hospedantes con el que mantienen mutualismo simbiótico, generalmente especies de Cistáceas, y económico debido a su gran valor nutricional y gastronómico (Kagan-Zur *et al.* 2014a).

Las especies más conocidas en España por su consumo son *Terfezia claveryi*, de suelos alcalinos, y *T. arenaria*, de suelos ácidos. Sus precios en el mercado español son similares y oscilan entre 18 a 60 €/kg, dependiendo de la producción natural, aunque en países de Oriente Medio donde son muy apreciadas, como EAU, llegan a alcanzar precios de hasta 350 €/kg. Existen otras especies como *T. fanfani*, muy apreciada en Extremadura donde a menudo no se diferencia de *T. arenaria*, recibiendo el mismo trato culinario y *T. olbiensis*, que es menos frecuente en suelos alcalinos y por ello no se comercializa. Sin embargo, la biodiversidad de estos hongos es mucho más grande en nuestro país de lo que se pensaba donde, recientemente, se han descrito ocho especies de *Terfezia* nuevas para la Ciencia, tanto en suelos alcalinos, las especies *T. canariensis*, *T. albida*, *T. eliocrocae* y *T. grisea*, como en suelos ácidos, las especies *T. pini*, *T. pseudoleptoderma*, *T. extremadurensis* y *T. cistofila* (Bordallo *et al.* 2012, 2013, 2015). La relaciones filogenéticas basadas en la región ITS del ADNr, sus caracteres morfológicos, la asociación con determinadas plantas

hospedantes y el pH del suelo son las claves que han permitido definir a estas nuevas especies (Bordallo et al. 2015).

Las plantas simbiotas de estos hongos son mayormente especies de Cistáceas, anuales como *Tuberaria guttata*, de suelos ácidos, y perennes como *Helianthemum almeriense*, *H. violaceum* y *H. hirtum*, de suelos alcalinos, cuya simbiosis micorrícica se ha conseguido exitosamente en laboratorio (Morte et al. 1994, 2008, 2009, Morte y Andrino 2014). La simbiosis micorrícica formada entre *T. claveryi* y *H. almeriense* varía dependiendo de las condiciones de cultivo, pasando de ser una ectomicorriza con manto en condiciones *in vitro* a una colonización principalmente intracelular en condiciones de campo, algo bastante excepcional y que caracterizamos como *ectendomicorriza* (Gutiérrez et al. 2003). Además, observamos que la sequía hace que la colonización de la raíz por el hongo sea más intracelular que en condiciones de mayor riego, donde se hace más intercelular (Morte et al. 2010). Esto nos llevó a definir un *continuum* ectendomicorrícico en la simbiosis que forman las trufas de desierto con cistáceas del género *Helianthemum*, donde una misma raíz puede presentar solo colonización intracelular, solo colonización intercelular o ambas a la vez y que es la presencia de fósforo orgánico en el medio (Navarro-Ródenas et al. 2012) y la sequía (Navarro-Ródenas et al. 2013) lo que aumenta la colonización intracelular del hongo en la raíz, haciendo esta simbiosis planta-hongo más estrecha.

La producción natural de turmas en la región de Murcia es bastante errática y varía entre 50 y 170 kg/ha cuando la lluvia caída es abundante, entre 350-400 mm (Honrubia et al. 2003). Esta producción no ocurre en años con precipitaciones menores de 200 mm, que últimamente son una tendencia frecuente debido al cambio climático de los últimos años. En 1999 realizamos la primera plantación de plantas micorrizadas de *H. almeriense* con *T. claveryi* en la región de Murcia, que dio las primeras trufas a los dos años de su establecimiento, siendo la primera vez que se cultivaban trufas de desierto a nivel mundial (Honrubia et al. 2001). Más recientemente, se han obtenido resultados experimentales del cultivo de la especie *Terfezia boudieri* en Túnez (Slama et al. 2010) e Israel (Kagan-Zur, com pers.). Desde entonces, hemos realizado numerosas plantaciones no solo en Murcia, sino también en las provincias de Alicante, Almería, Jaén, Granada, Valencia, Castellón, Cuenca, Teruel, Madrid, Lanzarote y La Rioja, con la especie *T. claveryi* en *H. almeriense*, *H. violaceum* y *H. hirtum* y, más recientemente, que todavía no han producido turmas, con las especies *Picoa lefebvrei*, *Tirmania nivea* en la región de Murcia (2015) y *T. arenaria* en Extremadura (2016). Se ha comprobado que la fructificación de estos hongos en campo debe ocurrir de uno a tres años después de la plantación, dependiendo de la calidad de las plántulas micorrizadas, la idoneidad del sitio, la estación de plantación, el marco de plantación y, sobre todo, el manejo del riego y la eliminación de malas hierbas (Morte et al. 2008, 2009, 2012, Honrubia et al. 2014).

En España existen estudios previos donde se ha tratado de modelizar la producción de otras especies de hongos ectomicorrícicos. Martínez-Peña et al. (2012) presentaron un modelo de predicción para *Boletus edulis* basado en datos de un estudio de 15 años, donde pusieron en relieve la importancia de interpretar diferentes variables meteorológicas como son las precipitaciones y la temperatura para estimar la producción de carpóforos. En el caso de *Lactarius deliciosus*, Bonet et al. (2012) apuntaron que las precipitaciones de agosto a septiembre, así como la intensidad de clareo en las áreas de estudio, como factores clave en la productividad de nísalos. Del mismo modo, se han hecho diversos estudios sobre el manejo de plantaciones de trufa negra con resultados interesantes. Olivera et al. (2011) mostraron la importancia de mantener un estricto control sobre las malas hierbas en los primeros años de plantación y en un estudio posterior expusieron la importancia del manejo del riego para un correcto crecimiento y colonización de las raíces en plantaciones jóvenes de *Tuber melanosporum* con *Quercus ilex* (Olivera et al. 2014).

Tras seguir la producción de ascocarpos de *T. claveryi* durante 10 años en la plantación establecida en 1999, donde se realizó la gestión apropiada, se observó una correlación estadística entre la cantidad de precipitaciones acaecidas durante el otoño de un año y la producción de trufas

del año siguiente (Morte et al. 2012). Este hallazgo nos ha permitido mantener la producción de trufas del desierto en años secos donde la producción natural era nula. Ahora, transcurridos 16 años desde la plantación, presentamos en este trabajo los resultados del análisis entre las variables climatológicas y la producción de turmas con el fin de obtener unas pautas que nos permitan seguir domesticando el cultivo de las turmas o turmicultura.

2. Objetivos

Los objetivos de este estudio son dos, por un lado, la identificación de parámetros climáticos que estén correlacionados con la producción (kg/Ha) de turmas en una plantación y, por otro lado, el diseño de un modelo predictivo de la producción en función de dichos parámetros, que ayude a minimizar la fluctuación interanual de la producción de turmas.

3. Metodología

En mayo de 1999 se estableció una plantación experimental con 60 plantas de *H. almeriense* micorrizadas con *T. claveryi* (Figura 1). Las plantas se micorrizaron con inóculo esporal siguiendo la metodología descrita por Morte et al. (2008). En el momento de la plantación el porcentaje de micorrización se encontraba entre 80-90%. El marco de plantación fue de 0,5 x 0,5m, dividido en 5 filas y 12 columnas con un área total de 20 m². La plantación se encuentra localizada en Zarzadilla de Totana (Lorca, Murcia) y a 11 Km de la estación agrometeorológica de La Paca, la más cercana, de donde se obtuvieron los datos históricos de los diferentes parámetros climáticos como precipitación, humedad relativa, temperatura e intensidad luminosa. El análisis del suelo de la parcela dio una textura franco-arcillosa, un pH de 8,98, conductividad eléctrica de 123 μ S/cm, y bajos niveles de nutrientes, 28,7 ppm de fósforo, 9,14 de relación C/N, 0,91 % de materia orgánica, 68,3 % de carbonatos totales y 20,9 % de caliza activa.



Figura 1. Vista de la plantación de *Helianthemum almeriense* micorrizadas con *Terfezia claveryi* en Zarzadilla de Totana (Lorca, Murcia) (izquierda). Primea fructificación de *T. claveryi* a los dos años desde la plantación (derecha)

Durante los tres primeros meses después de la plantación se aplicaron riegos de 15 L/m² cada 15 días. En agosto de 1999 se suministró un riego de 50 L/m² y en enero de 2000 otro riego con la misma cantidad de agua (50 L/m²). Durante el segundo año se aplicaron solamente dos riegos, en agosto y enero, de 50 L/m² ambos. A partir del tercer año solo se aplicaron estos mismos riegos en los años con precipitaciones anuales inferiores a 100 mm, como fueron los años 2005, 2006, 2011, 2012 y 2014, de extrema sequía en la región de Murcia. Desde el principio de la plantación se eliminaron manualmente las malas hierbas y nunca se aplicaron fertilizantes. Durante la primavera de 2001 se obtuvieron las primeras fructificaciones. Durante la temporada de fructificación (Marzo-Mayo) se realizó una búsqueda semanal de turmas. Todas las turmas fueron pesadas y el total anual se extrapola a kg/ha.

Se realizó un análisis de correlaciones de Pearson usando el paquete estadístico SPSS 16. Se realizaron comparaciones múltiples de todos los parámetros bioclimáticos frente a la producción anual de trufa de desierto calculada en kg/ha. Una vez seleccionados aquellos parámetros bioclimáticos con correlación significativa se realizó un análisis de regresión lineal para la construcción de un modelo matemático predictivo.

4. Resultados

Una vez establecida la plantación, fue necesario el transcurso de 2 años para ver las primeras fructificaciones durante la primavera de 2001 (Figuras 1 y 2). En los sucesivos años, la plantación ha incrementado de forma casi lineal su producción media acumulada (Figura 2) hasta el año 2009, donde alcanza una producción media acumulada de 319 kg/ha y se mantiene constante (± 9 kg/ha) a lo largo del resto de los años. Esta estabilidad en la media acumulada de la producción nos indica que después de 10 años de muestreo la media acumulada fluctúa menos del 3% y por lo tanto podríamos considerar que el tamaño muestral mínimo es adecuado.

Esta plantación ha producido turmas todos los años desde 2001, incluidos 2005 (0,6 kg/ha) y 2006 (1,6 kg/ha) de gran sequía en la región de Murcia, excepto en 2014 con una media de precipitación de 98 mm, en el año hidrológico 01/10/2013-30/09/2014, que provocó que, por primera vez en 15 años de cultivo, no se produjeran o no llegasen a alcanzar un tamaño suficiente para ser detectadas visualmente, turmas de *T. claveryi*.

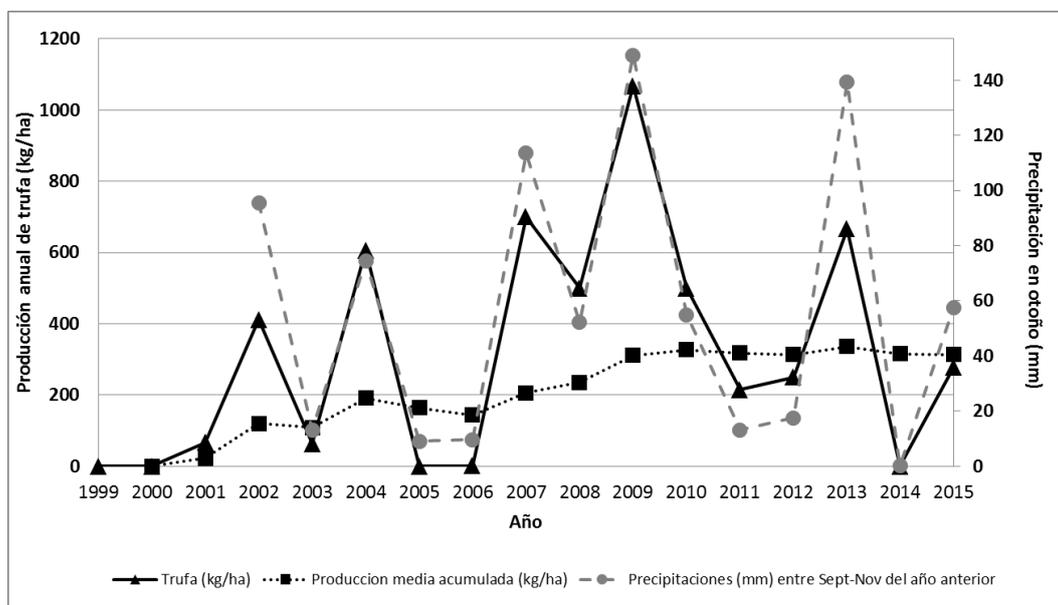


Figura 2. Variación de la producción anual de turmas (*T. claveryi*) desde 2001 a 2015 expresada en kg/ha, producción media acumulada y las precipitaciones acaecidas entre septiembre y los primeros 15 días de noviembre del año anterior al periodo de recolección.

De entre todos los parámetros bioclimáticos estudiados, aquellos que mostraron una mayor y más clara correlación con la producción de turmas a lo largo de los 14 años de estudio en la plantación fue el acumulado de lluvias entre septiembre y los primeros 15 días de noviembre del año anterior al periodo de recolección, con un coeficiente de Pearson de 0,926 y un valor $p < 0,001$. El siguiente parámetro climático que mostró correlación fue el acumulado de lluvias durante marzo del año del periodo de recolección, con un coeficiente de Pearson de 0,643 y un valor $p < 0,05$. Para visualizar estos coeficientes de forma gráfica, se representó la evolución de la producción de turmas de los distintos años junto con las precipitaciones acumuladas durante el mes de septiembre hasta la primera quincena de noviembre (Figura 2), observándose que ambas líneas se comportan igual, existiendo casi yuxtaposición entre ambas. Cuando la representación se realizó con las lluvias acumuladas de marzo (Figura 3), aunque se pudo observar un patrón de comportamiento muy similar entre los kg/ha de trufas y la lluvias no se obtuvo una correlación tan fuerte como en el caso de las lluvias otoñales.

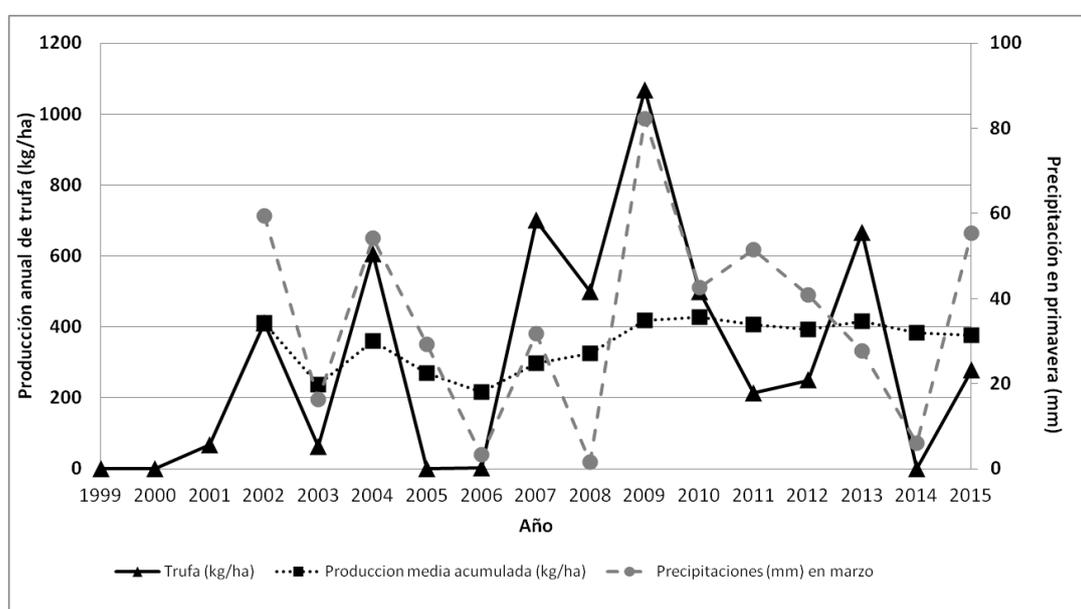


Figura 3. Variación de la producción anual de turmas (*T. claveryi*) desde 2001 a 2015 expresada en kg/ha, producción media acumulada y las precipitaciones acaecidas durante marzo del año del periodo de recolección.

Para la construcción de un modelo matemático que nos posibilitara la predicción de la producción en función de los anteriores parámetros climáticos se analizó, mediante regresión lineal, la dependencia entre las variables independientes climáticas y la variable dependiente de producción de trufas. Se optó por un modelo de regresión lineal pues, después de haber analizado otros como el cuadrático o sigmoide, el modelo de regresión lineal era el que mejor R^2 ajustada presentaba y por lo tanto más variabilidad del sistema era explicada por el modelo. Se utilizó un protocolo de paso a paso en las dos variables de precipitación (otoñales y primaverales). El modelo que mejor R^2 ajustada presentó fue un modelo de regresión lineal múltiple donde $\text{kg/ha} = \text{PrecOt} \cdot 5,11 + \text{PrecPri} \cdot 2,83$ (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de los parámetros de los modelos matemáticos de predicción ensayados. PO: precipitaciones otoñales (mes de septiembre hasta la primera quincena de noviembre), PP: precipitaciones primaverales (marzo).

| Modelo | R ² ajust | Sig | Coefficientes | valores | Sig |
|-------------|----------------------|--------|---------------|---------|--------|
| y=POa+b | 0,846 | <0,001 | Constante | 27,7 | 0,6 |
| | | | PO | 5,82 | <0,001 |
| y=PPa+b | 0,364 | 0,013 | Constante | 51,84 | 0,688 |
| | | | PP | 8,59 | 0,013 |
| y=POa+PPb+c | 0,870 | <0,001 | Constante | -33,7 | 0,57 |
| | | | PO | 5,11 | <0,001 |
| | | | PP | 2,83 | 0,09 |

Teniendo en cuenta esta ecuación lineal, en función de la precipitación media en un área determinada, se podría calcular la producción potencial anual (Tabla 2). Por ejemplo, para una región hipotética con unas medias de precipitación otoñal de 60 mm y una precipitación primaveral de 45 mm la producción potencial media anual de trufas sería de 433 kg/ha.

Tabla 2. Producción potencial de trufa del desierto en función de la ecuación lineal $Kg/Ha = PrecOt \cdot 5,11 + PrecPri \cdot 2,83$.

| Precipitación Sept-Nov (mm) | Precipitación Marzo (mm) | Producción potencial anual de trufas (kg/ha) |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| 60 | 45 | 433 |
| 75 | 56 | 541 |
| 90 | 67 | 649 |
| 105 | 78 | 757 |

5. Discusión

Las turmas o trufas del desierto, como su nombre indica, son hongos frecuentes en ecosistemas áridos y semiáridos aunque no por ello dejan de depender del agua para completar su ciclo biológico. Se ha demostrado que el micelio de estos hongos, en cultivo *in vitro*, tolera un estrés hídrico moderado (Navarro-Ródenas et al. 2011) y que la asociación micorrícica que forman con las plantas de algunas cistáceas está bien adaptada al déficit hídrico característico de las condiciones semiáridas donde se encuentra, regulando sus parámetros hídricos (Morte et al. 2000, 2010, Khagan-Zur et al. 2014b) y la expresión fina de algunos genes de acuaporinas fúngicas y de la planta (Navarro-Ródenas et al. 2013). Los resultados de este estudio confirman que los parámetros climáticos más importantes en la formación de turmas o fructificación de estos hongos son principalmente las lluvias de otoño (septiembre-noviembre) y en menor medida de las de primavera (marzo) y en consecuencia su dependencia de la disponibilidad hídrica. Otro estudio realizado en áreas naturales de producción de trufas de desierto confirma la relación positiva entre la productividad y las precipitaciones otoñales (Bradai et al. 2015).

Morte et al. (2012) propusieron seis medidas para mantener una buena producción de turmas en cultivo que consistían en usar plantas micorrizadas de buena calidad (alta micorrización), establecer la plantación en primavera, mantener un potencial hídrico en el suelo entre -50 MPa (durante la fructificación) y -120 MPa (durante el verano) mediante el riego apropiado, teniendo en cuenta las lluvias de otoño previo, eliminar malas hierbas de la plantación, nunca antes y durante la fructificación, un marco de plantación estrecho y no fertilizar el terreno. Los resultados del presente trabajo apoyan los obtenidos por Morte et al (2012) en cuanto a la necesidad del aporte hídrico en otoño y primavera, en función de las lluvias acaecidas, y se establece por primera vez un modelo para la producción potencial de la trufa de desierto teniendo en cuenta esos parámetros.

Cabe destacar que el coeficiente que acompaña al valor de la precipitación otoñal es casi el doble que el coeficiente que acompaña a la precipitación primaveral. Aunque se hace necesaria la

interacción de ambas precipitaciones, las acaecidas en el otoño parecen ser más importantes y determinantes que las primaverales.

Este modelo nos aporta la primera herramienta para la gestión de este novedoso cultivo posibilitando la elección de la zona en función de la producción potencial según los históricos de lluvia o el cálculo de la aportación de riego requerida. Este modelo predice una producción anual media de 500 kg/ha (10.000 €/ha) con aportaciones hídricas no muy superiores a 75 mm en otoño y 55 mm en primavera (150 mm/año). Por lo tanto, la turmicultura, podría ser considerada una agricultura de secano de ambientes semiáridos (pluviometrías anuales entre 250 y 500 mm), donde se requeriría un aporte hídrico mínimo, que se ajuste al modelo de regresión lineal, para poder mantener una producción anual de turmas que permita establecer un mercado y mantener una exportación estacional.

Está claro que la sequía prolongada y extrema inhibe la fructificación de estos hongos, lo que nos hace preguntarnos qué está pasando con el micelio de *T. claveryi* en suelo y qué cantidad de micelio en suelo es necesaria para inducir la formación de ascocarpos o qué escenario nos espera para el futuro en el contexto del cambio climático. Por lo tanto, se hacen necesarios futuros estudios para cuantificar biomasa fúngica en suelo, con técnicas moleculares, y poderlos relacionar con los parámetros climatológicos e hídricos del suelo y la planta y su grado de micorrización.

6. Conclusiones

La turmicultura puede ser considerada una agricultura de secano, con un aporte hídrico mínimo en ecosistemas semiáridos, en función de un modelo de regresión lineal donde influye el acumulado de lluvias entre septiembre y los primeros 15 días de noviembre del año anterior al periodo de recolección y, en menor medida, el acumulado de lluvias durante marzo del año del periodo de recolección.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos 19484/PI/14 (FEDER y Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, España) y CGL2016-78946-R (FEDER-MINECO, España).

8. Bibliografía

BONET, J.A.; DE-MIGUEL, S.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; PUKKALA, T.; PALAHÍ, M.; 2012. Immediate Effect of Thinning on the Yield of *Lactarius Group deliciosus* in *Pinus pinaster* Forests in Northeastern Spain. *Forest Ecology and Management* 265: 211 – 17

BORDALLO, J.J.; RODRÍGUEZ, A.; HONRUBIA, M.; MORTE A; 2012. *Terfezia canariensis* sp. nov., una nueva especie de trufa encontrada en las Islas Canarias. *Cantarella* 56: 1 – 8

BORDALLO, J.J.; RODRÍGUEZ, A.; MUÑOZ-MOHEDANO, J.M.; SUZ, L.M.; HONRUBIA, M.; MORTE, A.; 2013. Five new *Terfezia* species from the Iberian Peninsula. *Mycotaxon* 124: 189 – 208

BORDALLO, J.J.; RODRÍGUEZ, A.; KOUNAS, V.; CAMELLO, F.; HONRUBIA, M.; MORTE, A.; 2015. Two new *Terfezia* species from Southern Europe. *Phytotaxa* 230 (3): 239 – 249

BRADARI, L.; BISSATU, S.; CHENCHOUNI, H.; AMRANI, K.; 2015. Effects of climate on the productivity of desert truffles beneath hyper-arid conditions. *Int. J. Biometeorol.* 59: 907 – 915

GUTIÉRREZ, A.; MORTE, A.; HONRUBIA, M.; 2003. Morphological characterization of the mycorrhiza formed by *Helianthemum almeriense* Pau with *Terfezia claveryi* Chatin and *Picoa lefebvrei* (Pat.) Maire. *Mycorrhiza* 13: 299 – 307

HONRUBIA, M.; GUTIÉRREZ, A.; MORTE, A.; 2001. Desert truffle plantations from South-East Spain. 3-ICOM. Adelaida, Australia

HONRUBIA, M.; MORTE, A.; GUTIÉRREZ, A.; GONZÁLEZ, F.; DIESTE, C.; 2003. Las Turmas o Trufas de Desierto. En: ESTEVE-SELMA M.A.; LLORÉIS-PASCUAL, M.; MARTÍNEZ-GALLUR, C. (eds): Los Recursos Naturales de la Región de Murcia. Un Análisis Interdisciplinar. Pp 277–279. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia

HONRUBIA, M.; MORTE, A.; GUTIÉRREZ, A.; 2007. Las Terfezias. Un cultivo para el desarrollo rural en regiones áridas y semi-áridas. En: REYNA, S. (coord.): Truficultura, Fundamentos y Técnicas. Pp 365-397. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid

HONRUBIA, M.; ANDRINO, A.; MORTE, A.; 2014. Domestication: Preparation and maintenance of plots. En: KAGAN-ZUR, V., ROTH-BEJERANO, N.; SITRIT, Y.; MORTE, A. (eds.): Desert Truffles. Soil Biology, vol 38. Chapter 22, pp. 367 – 387. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg

KAGAN-ZUR, V., ROTH-BEJERANO, N.; SITRIT, Y.; MORTE, A.; 2014a. Desert Truffles. Phylogeny, Physiology, Distribution and Domestication. Soil Biology, Volume 38. 397 pp. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg

KAGAN-ZUR, V., TURGEMAN, T.; ROTH-BEJERANO, N.; MORTE, A.; SITRIT, Y.; 2014b. Benefits conferred on plants. En: KAGAN-ZUR, V., ROTH-BEJERANO, N.; SITRIT, Y.; MORTE, A. (eds.): Desert Truffles. Soil Biology, vol 38. Chapter 7, pp. 93 – 104. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg

MARTÍNEZ-PEÑA, F.; DE-MIGUEL, S.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; ORTEGA-MARTÍNEZ, P.; ALDEA, J.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; 2012. Yield Models for Ectomycorrhizal Mushrooms in *Pinus sylvestris* Forests with Special Focus on *Boletus Edulis* and *Lactarius Group deliciosus*. *Forest Ecology and Management* 282: 63–69

MORTE, A.; CANO, A.; HONRUBIA, M.; TORRES, P.; 1994. *In vitro* mycorrhization of micropropagated *Helianthemum almeriense* plantlets with *Terfezia claveryi* (desert truffle). *Agricultural Science in Finland* 3: 309 – 314

MORTE, A.; GUTIÉRREZ, A.; HONRUBIA, M.; 2008. Biotechnology and cultivation of desert truffles. En: VARMA, A. (ed.): Mycorrhiza: Biology, Genetics, Novel Endophytes and Biotechnology. Third edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

MORTE, A.; ZAMORA, M.; GUTIÉRREZ, A.; HONRUBIA, M.; 2009. Desert truffle cultivation in semiarid Mediterranean areas. En: . V. GIANINAZZI-PEARSON, V.; AZCÓN, C. (eds.): Mycorrhizas: functional processes and ecological impact. Chapter 15. Pp 221–234. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

MORTE, A.; NAVARRO-RÓDENAS, A.; NICOLÁS, E.; 2010. Physiological parameters of desert truffle mycorrhizal *Helianthemum almeriense* plants cultivated in orchards under water deficit conditions. *Symbiosis* 52: 133 – 139

MORTE, A.; ANDRINO, A.; HONRUBIA, M.; NAVARRO-RÓDENAS, A.; 2012. *Terfezia* cultivation in arid and semiarid soils. En: ZAMBONELLI, A.; BONITO, G.M. (eds.): Edible Ectomycorrhizal Mushrooms. *Soil Biology*, vol 34. pp 241–263. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg

MORTE, A.; ANDRINO, A.; 2014. *Domestication: Preparation of mycorrhizal seedlings*. En: KAGAN-ZUR, V., ROTH-BEJERANO, N.; SITRIT, Y.; MORTE, A. (eds.): Desert Truffles. *Soil Biology*, vol 38. Chapter 21, pp. 343–365. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg.

NAVARRO-RÓDENAS, A.; LOZANO-CARRILLO, M.C.; PÉREZ-GILABERT, M.; MORTE, A.; 2011. Effect of water stress on in vitro mycelium cultures of two mycorrhizal desert truffles. *Mycorrhiza* 21: 247 – 253

NAVARRO-RÓDENAS, A.; PÉREZ-GILABERT, M.; TORRENTE, P.; MORTE, A.; 2012. The role of phosphorus in the *ectendomycorrhiza continuum* of desert truffle mycorrhizal plants. *Mycorrhiza* 22: 565 – 575

NAVARRO-RÓDENAS, A.; BÁRZANA, G.; NICOLÁS, E.; CARRA, A.; SCHUBERT, A.; MORTE, A.; 2013. Expression analysis of aquaporins from desert truffle mycorrhizal symbiosis reveals a fine-tuned regulation under drought. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 26 (9): 1068 – 1078

OLIVERA, A.; FISCHER, C.R.; BONET, J.A.; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; OLIACH, D.; COLINAS, C.; 2011. Weed management and irrigation are key treatments in emerging black truffle (*Tuber melanosporum*) cultivation. *New Forests* 42 (2): 227– 239

OLIVERA, A.; BONET, J.A.; OLIACH, D.; COLINAS, C.; 2014. Time and Dose of Irrigation Impact *Tuber melanosporum* Ectomycorrhiza Proliferation and Growth of *Quercus ilex* Seedling Hosts in Young Black Truffle Orchards. *Mycorrhiza* 24 (S1): 73–78.

SLAMA, A.; FORTAS, Z.; BOUDABOUS, A.; NEFFATI, M.; 2010. Cultivation of an edible desert truffle (*Terfezia boudieri* Chatin). *African Journal of Microbiology Research* 4:2350-2356