

Universitat Politècnica de València

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Y DEL MEDIO NATURAL



Viabilidad del cultivo de *Helianthemum almeriense* Pau micorrizada con *Terfezia* sp. en la vega del río Magro (Turís, Valencia).

TRABAJO FIN DE GRADO

**TITULACIÓN: GRADO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Y DEL MEDIO NATURAL**

ALUMNO: D. CARLOS PASTOR CARSI

TUTORA: Dña. MARIA FERRIOL MOLINA

Curso Académico: 2018-2019

VALENCIA, febrero 2019

Titulo:

Viabilidad del cultivo de *Helianthemum almeriense* Pau micorrizada con *Terfezia* sp. en la vega del río Magro (Turís, Valencia).

Resumen:

El trabajo fin de grado consiste en la evaluación de la idoneidad ecológica de un cultivo novedoso en la provincia de Valencia en campos abandonados de secano con bajos requerimientos hídricos. Se trata de una plantación de *Helianthemum almeriense* micorrizado con el hongo hipogeo comestible *Terfezia clavaryi*. Este cultivo alternativo puede ayudar a paliar los problemas de despoblación rural, pérdida de biodiversidad provocada por el uso de agroquímicos y el cambio climático global. Se han evaluado los siguientes aspectos culturales para estimar la idoneidad de la producción de *Terfezia clavaryi*: parámetros climáticos del lugar, características edáficas y competencia del cultivo con especies arvenses. Finalmente se ha comprobado al cabo de tres años la supervivencia del hongo micorrizado y la producción de trufas.

Palabras clave:

Helianthemum almeriense, Cistaceae, criadilla de tierra, micorriza, *terfezia*, turmicultura, trufa del desierto.

Autor:

Alumno: D. Carlos Pastor Carsi.

Localidad y fecha:

Valencia, febrero 2019.

Tutor:

Prof. Dña. María Ferriol Molina.

Abstract:

The final degree project is focused on the evaluation of the ecological suitability of a novel crop in the province of Valencia on non-irrigated abandoned fields with low water requirements. This crop is based on the plantation of *Helianthemum almeriense* mycorrhized with the hypogeous edible fungus *Terfezia clavaryi*. This alternative crop can alleviate the problems of rural depopulation, loss of biodiversity caused by the use of agrochemicals and global climate change. Cultural aspects have been evaluated to estimate the suitability of the production of *Terfezia clavaryi*: climatic parameters, edaphic traits and crop competition with weed species. Finally, three years after plantation, the survival of the mycorrhized fungus and the production of truffles have been assessed.

Key words:

Helianthemum almeriense, Cistaceae, criadilla of soil, mycorrhiza, *Terfezia*, turmicultura, Truffle of the desert.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a mi familia, amigos y a todas aquellas personas que han confiado en mí. Especialmente a los profesores de la escuela de agrónomos que con su trabajo y dedicación han contribuido a que yo esté aquí presentado el TFG.

También quiero agradecer la oportunidad que brinda la Universidad Politécnica de Valencia a las gentes que deseen aportar algo a su sociedad. Sin estas instituciones no podríamos continuar, que sigan mejorando y aumentando la calidad humana y técnica de sus alumnos; por supuesto agradezco aquellas personas que me han puesto dificultades, dando estímulo para desarrollar mis capacidades y espero haber despejado todas sus dudas con trabajo y dedicación. A todos ellos gracias por ayudarme a valorar el esfuerzo.

Mención especial a los alumnos más cercanos que he tenido en el transcurso de la carrera y en el desarrollo del TFG: a los profesores María Ferriol Molina como tutora y a Héctor Moreno por la ayuda en los análisis de suelo.

Por último, este trabajo va dedicado a la persona que ha estado cuidando las emociones, sin eso es imposible aprender. María Diago, gracias por estar ahí.

Índice

1. JUSTIFICACIÓN	5
2. ANTECEDENTES	5
2.1. LOS HONGOS DEL GÉNERO <i>TERFEZIA</i> SP.....	5
2.2. EL CULTIVO DE LAS ESPECIES DE <i>TERFEZIA</i>	7
2.2.1. Propiedades de los hongos de <i>Terfezia</i>	7
2.2.2. Historia del cultivo.	8
2.3. ASPECTOS CULTURALES.....	10
2.3.1. La micorrización.....	10
2.3.2. Parámetros ecológicos idóneos.....	10
2.3.3. Prácticas culturales.....	10
3. OBJETIVOS.	12
4. LOCALIZACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL CULTIVO.	12
4.1. LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.	12
4.2. PUESTA A PUNTO DEL CULTIVO.	13
5. IDONEIDAD ECOLÓGICA DEL CULTIVO DE <i>TERFEZIA</i> EN TURÍS.	16
5.1. IDONEIDAD CLIMÁTICA.....	16
5.2. IDONEIDAD EDÁFICA.	17
5.2.1. Metodología de análisis de suelo.....	17
5.2.1.1. Granulometría.	18
5.2.1.2. Color.	18
5.2.1.3. pH.	19
5.2.1.4. Carbonatos.	19
5.2.1.5. Conductividad eléctrica.	20
5.2.1.6. Materia orgánica.....	20
5.2.1.7. Capacidad de campo.....	21
5.2.1.8. Contenido en nitrógeno.	22
5.2.2. Comparación estadística de los resultados de los parámetros edáficos entre las zonas con y sin arvenses.....	23
5.2.3. Resultados de los análisis de suelos.....	25
5.2.3.1. Textura.....	25
5.2.3.2. El color.	25
5.2.3.3. pH.	26
5.2.3.4. Carbonatos.	26
5.2.3.5. Conductividad eléctrica.	27

5.2.3.6. Materia orgánica.....	27
5.2.3.7. Capacidad de campo.....	28
5.2.3.8. Nitrógeno.....	31
5.2.4. Idoneidad de los suelos de Turís para el cultivo de <i>Terfezia</i>	31
6. PRESENCIA DE LA MICORRIZA TRES AÑOS TRAS LA PLANTACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	32
7. CONCLUSIONES.	33
8. BIBLIOGRAFÍA CITADA.	33
9. ANEXOS:	37

Índice de tablas:

Tabla 1. Composición de la <i>Terfezia claveryi</i>	7
Tabla 2. Valores óptimos del suelo.....	10
Tabla 3. Comprobación de normalidad de datos mediante curtosis y F-test.....	24
Tabla 4. Test de comparación de medias entre las muestras con y sin arvenses.....	24
Tabla 5. Datos en (%) de las muestras de la distintas luces de tamiz.....	25
Tabla 6. Análisis de parámetro de color Munsell, muestra en seco y húmedo.....	26
Tabla 7. Datos de pH de muestras.....	26
Tabla 8. Datos de carbonatos en (%) de CaCO ₃ en el suelo.....	27
Tabla 9. Datos de la conductividad eléctrica de las muestras.....	27
Tabla 10. Materia orgánica.....	27
Tabla 11. Datos de la Capacidad de Campo a 1/3 atm de presión.....	28
Tabla 12. Datos de la Capacidad de Campo a 1 atm de presión.....	29
Tabla 13. Datos de la Capacidad de Campo a 3 atm de presión.....	29
Tabla 14. Datos de la Capacidad de Campo a 15 atm de presión.....	30
Tabla 15. Datos de Nitrógeno en volumen de ácido sulfúrico empleado en valoración para obtener gramos de Nitrógeno en 100g de suelo.....	31
Tabla16. Resumen de datos obtenidos del análisis del suelo.....	31

Índice de figuras:

Figura 1. Ascomas de <i>Terfezia clavery</i> y <i>Helianthemum almeriense</i> en floración en Turís.....	6
Figura 2. Estructura externa de micelio en forma de maza y estructura externa en forma de moniliforme.....	7
Figura 3. Distribución Mundial de las <i>Terfezias sp</i>	9
Figura 4. Distribución en España de las <i>Terfezias sp</i>	9
Figura 5. Aspecto del hábitat de <i>Helianthemum</i> y las <i>terfezias</i>	11
Figura 6. Situación de Turís en la Comunidad Valenciana y situación de la parcela dentro del término de Turís.....	13
Figura 7. Plano catastral de la parcela.....	13
Figura 8. Desbroce del terreno con maquinaria pesada.....	14
Figura 9. <i>Helianthemum almeriense</i> con sistema de riego, en parada estival y floración en primavera.....	14
Figura 10. Trabajo de desbrozado a mano y desbrozado con maquinaria.....	15
Figura 11. Plano de la instalación hidráulica terciaria y secundaria en la parcela de Turís.....	16
Figura 12. Diagrama bioclimático de Turís.....	17
Figura 13. Plano de zona de muestreo de suelo.....	18
Figura 14. Torre de tamices empleada de la marca Prosega	18
Figura 15. Sistema de tablas de colores Munsell.....	19
Figura 16. Medidor del pH marca MicropH.....	19
Figura 17. Calcímetro de Bernard empleado.....	20
Figura 18. Estructura empleada para agitar muestras de suelo con agua destilada. Medidor de conductividad eléctrica con conductímetro.....	20
Figura 19. Mufla empleada para secar muestras de suelo.....	21
Figura 20. Recipiente para enfriar muestras sacadas del horno o de la mufla y horno empleado para muestras de suelo.....	21
Figura 21. Placas de presión para la introducción de la placa Richard.....	22
Figura 22. Equipo digestor para el análisis de Nitrógeno y equipo destilador para el análisis de Nitrógeno.....	23

Figura 23. Resultados de las texturas en la totalidad del campo.....	25
Figura 24. Capacidad de campo de todas las muestras.....	30
Figura 25. Recolección primer hongo de <i>Terfezia claveryi</i> en la primavera 2017.....	32
Figura 26. Imágenes de estructuras en forma de maza de raíces de <i>Helianthemum</i>	32
Figura 27. Imágenes de manto rodeando a la raíz.....	33

1. JUSTIFICACIÓN

Dos de los grandes retos para la agricultura de este siglo son el cambio climático y el aumento de la población. El primero tendrá consecuencias no muy halagüeñas. Los expertos hablan de una reducción de la pluviometría, de periodos de sequía más largos y de un aumento de la temperatura para este siglo de hasta dos grados (Yeves, 2018).

En algunos países los agricultores han empezado a plantar variedades que antes eran imposibles, como la vid en el Sur de Inglaterra, los frutales subtropicales en España, o el cultivo de hongos de zona desérticas en el sur de Europa, en Italia y España.

Respecto al aumento de la población se estima que llegaremos a 10.000 millones de personas para el año 2050. Según la FAO, esta crisis mundial necesita otra revolución verde. Durante el siglo XX, el hombre incrementó la producción agrícola y ganadera con más tecnología en maquinaria agrícola y en fertilizantes procedentes de los hidrocarburos, lo que dio lugar al nacimiento de la industria agroquímica con los pesticidas, herbicidas y fungicidas de síntesis aumentado la superficie cultivada en un 30 %. Hoy por hoy, a punto de finalizar la segunda década del siglo XXI, no se puede recurrir a la misma estrategia expansiva: los recursos están esquilados, contaminados y el espacio para la agricultura es limitado (Yeves, 2018).

Este trabajo quiere aportar un grano de arena en la introducción de un cultivo con poca demanda hídrica e insumos. Aunque no lo parezca, el producto no es nuevo: la terfezia se conoce desde hace mucho tiempo, siendo en los países árabes donde se desarrolla la producción y se le da un valor místico. Con este TFG, que parte por iniciativa propia, se pretende evaluar la idoneidad de las áreas interiores secas de la Comunidad Valenciana para el cultivo de *Helianthemum almeriense* Pau micorrizada con el hongo *Terfezia clavertyi* Chatin en un contexto de cambio climático.

Según la bibliografía consultada, se ha comprobado el vacío existente en cuanto al conocimiento de las posibilidades de producción agrícola exitosa de las turmas en la Comunidad Valenciana. Nuestro territorio, debido a sus características geológicas, edáficas y climatológicas, podría ser apto para esta nueva forma de explotación, con un gran valor añadido y con características propias alejadas de la trufa convencional (*Tuber melanosporum* Vittad.).

2. ANTECEDENTES

2.1. LOS HONGOS DEL GÉNERO *TERFEZIA* SP.

Las especies del género *Terfezia*, comúnmente denominadaS "terfezia", "trufa del desierto" u "hongo de pastizal", son hongos ascomycetes hipogeos, asociados generalmente a las raíces de especies del género *Helianthemum* (familia *Cistaceae*) (Reyna, 2012).

Su nombre proviene del árabe “terfez”, que es el que utilizan en el norte de África para denominar a todas las “trufas del desierto” (Feeny, 2002). La terfezia se diferencia de las trufas más comunes (*Tuber melanosporum* y *T. aestivum* Vittad.), que cuando maduran emergen y forman unas grietas en el terreno delatando su presencia, no necesitando el trabajo de perros, jabalíes o moscas para encontrarlas. La asociación micorrízica la forman con cistáceas de los géneros *Helianthemum*, *Xolantha* y *Cistus*, muy comunes en el Mediterráneo. El periodo de fructificación oscila de febrero a mayo, aunque algunas variedades se pueden recoger en otoño (TRUFAMANIA, 2008). Las especies más comunes de hongos de terfezias que se pueden producir y comercializar según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (R.D. 30/2009) son *T. claveryi* y *T. arenaria* (Moris) Trappe. y *T. fanfani* Mattirollo. De éstas *T. arenaria* y *T. fanfani* crecen en suelos ácidos y *T. claveryi* en suelos básicos.

La especie utilizada en el presente TFG es *Terfezia claveryi*, un hongo de maduración primaveral que crece en terrenos básicos, asociada a las raíces de *Helianthemum* spp. (figura 1). Se encuentra ampliamente distribuida por la mitad oriental de la Península Ibérica y va desde el nivel del mar hasta los 1100 metros. El hongo forma con la planta en estado natural una endomicorriza, en laboratorio una ectomicorriza y en vivero una ectendomicorriza (un glosario de estos términos botánicos puede ser consultado en el anex

o 1). Esta riqueza estructural puede indicar una coevolución entre los dos organismos profunda y duradera, ya que son capaces de reestructurar su estrategia nutricional en función de las condiciones externas; lo que le proporciona una gran versatilidad en ocupar muchos tipos de ambientes y suelos diferentes (Reyna, 2012).

En nuestro territorio, forma simbiosis con *Helianthemum almeriense*, endemismo ibérico disperso por el SE peninsular, que se desarrolla en los matorrales termófilos aclarados, como tomillares, espartales abiertos y lugares incultos, sobre suelos pedregosos o arenosos y secos (figura 1) (Martin, 2015).



Figura 1. De izq. a dcha. Ascomas de *Terfezia claveryi* (TRUFAMANIA, 2008). *Helianthemum almeriense* en floración en Turís (Elaboración propia 2018).

El producto cosechado es la trufa o turma o ascoma. En *T. claveryi* el ascoma posee un diámetro de 3–12 cm, con forma irregular y con mas gibosidades que *T. arenaria* por crecer en terrenos compactos (las que crecen en terrenos arenosos y sueltos adquieren una forma más redondeada y regular). Se ven frecuentemente ejemplares aplanados y lobulados y muchos son piriformes con una base estéril acabada en punta. El peridio es grueso, de color marrón rojizo oscuro al madurar. La gleba es inicialmente blanquecina y luego rosa asalmonada con venas más pálidas, pero que a veces se manchan de pardo amarillento en contacto con el aire. Microscópicamente, el ascoma presenta ascos globosos a ovoideos, con 8 esporas amarillo ocre, esféricas, de 18–21 μm (incluida la ornamentación), decoradas con unas verrugas hemisféricas de hasta 2 μm de alto y 2–3 μm de ancho, que forman un retículo muy bien desarrollado y que es más evidente cuando las verrugas son más bajas (TRUFAMANIA, 2008). Otros morfotipos micorrízicos que se pueden apreciar típicamente son el micelio externo con forma de maza y con forma moniliforme (figura 2) (Morte, 2011).



Figura 2. De izq. a dcha. Estructura externa de micelio en forma de maza (Morte, 2011). Estructura externa moniliforme (Morte, 2011).

2.2. EL CULTIVO DE LAS ESPECIES DE TERFEZIA.

2.2.1. Propiedades de los hongos de *Terfezia*.

El cultivo de *T. claveryi* micorrizada sobre *H. almeriensis* tiene un gran potencial debido a su valor gastronómico, medicinal y nutricional (tabla 1). Es muy apreciada en mercados árabes y últimamente ha comenzado a comercializarse en los mismos circuitos que la trufa negra en España.

Tabla 1. Composición de *Terfezia claveryi* (TRUFAMANIA, 2008).

Composición por 100 g de <i>Terfezia</i> :	
Agua	73-78 g
Carbohidratos	11-17 g
Proteínas	4-5 g
Grasas	0,6-1,8 g
Fibra	1,4-2,6 g
Cenizas (minerales)	0,8-1,0 g
Ácido ascórbico (vitamina C)	0,4-1,0 g

El valor gastronómico ha sido el que ha mantenido la cultura de la recolección en zonas del sur de la península, en el marco de una economía de subsistencia, con la que se adquiriría una de las proteínas más asequibles para la población rural (Reyna, 2012). Hoy día el uso está en retroceso ya que no hay muchos recolectores ofreciendo la turma por falta de demanda.

El valor medicinal es al que se le ha prestado más atención en el mundo, ya que estos hongos poseen numerosas actividades farmacológicas y propiedades antioxidantes (anticancerígenas, antiinflamatorias, analgésicas y nutracéuticas (Murcia *et al.*, 2002, 2003; Attia *et al.*, 2018; Farzaneh *et al.*, 2018). Las turmas se emplean en medicina popular en países como Argelia y Marruecos donde la cultura nómada ha empleado el hongo de la terfezia como elemento principal de la etnofarmacología durante siglos (Miara, 2018).

El valor económico es el más desconocido. En el mercado español se cotiza a 25 - 30 euros/kg en épocas de abundancia, alcanzando los 250 euros/kg en periodos de escasez. En mercados exteriores, son los países árabes como Marruecos donde más se produce y comercializa, llegando a tener un precio de 1000 euro/kg (PERIÓDICO DE ARAGÓN, 2014).

2.2.2. Historia del cultivo.

La terfezia es considerada como un producto nuevo, misterioso y poco conocido por el consumidor. Esto se contradice con la propia historia del hongo, referenciado en documentos antiguos. Un alumno de Aristóteles, se refirió a las trufas en el año 500 a.C. como "un fenómeno natural de gran complejidad, una de las plantas más extrañas, sin raíz, tallo, fibra, rama, brote, hoja o flor. Crecen completamente fuera de la vista, debajo de la superficie del suelo, y nadie puede predecir exactamente dónde crecerán o cuándo" (Feeney, 2002). Sin embargo, en los textos antiguos no diferenciaban la especie, sino solo el lugar de recolección y las aplicaciones gastronómicas y medicinales.

A nivel mundial su cultivo se distribuye en zonas con clima mediterráneo, donde predominan áreas áridas y semiáridas con precipitaciones escasas en verano y lluvias en primavera y otoño (figura 3). La terfezia ha recibido diferentes nombres en los diferentes lugares donde se cultivan. En Marruecos se le llama *terfez*, probablemente dando nombre al binomio latino. En Egipto, los beduinos del desierto occidental la llaman *terfa*. Los kuwaitíes la llaman *fagga*, los saudíes *faq*, y en Siria es conocido por su nombre árabe clásico, *kamaa*. Los iraquíes la llaman *kamaa*, *kima* o *chima*, según los dialectos locales, y en Omán es *faqah* o *zubaydi*. En la Provincia Oriental de Arabia Saudita, los *Khalasi* son trufas ovales con un peridio negro o rosado, una gleba de color marfil, y tienen un sabor a nuez (Feeney, 2002).

En España se la conoce por varios nombres locales. En Murcia y Sureste de la península recibe el nombre de *turma* (Reyna, 2012), *patata de monte*, *tumba criadilla*, *patata de tumbera* (Cano, 2003); en Castilla-la Mancha, La Rioja, Cataluña, Comunidad Valenciana y Aragón *criadilla* o *turma*; en Madrid, Castilla León, Extremadura y Andalucía Occidental *criadilla de tierra* o *criadilla vaquera*, y por último en Canarias se le llaman *papa cría*. Otro nombre más genérico es el de *trufa del desierto* por pertenecer a zonas desérticas o semidesérticas (Honrubia *et al.*, 1992).



Figura 3. Distribución Mundial de las terfezias (Morte, 2011).

La historia del cultivo de la terfezia en España comienza con los árabes, considerados en textos antiguos como los más conocedores de esta trufa. El uso del hongo se ha mantenido latente en ciertas zonas del Sur y Este de la península, donde desarrollaron una gastronomía de las turmas o criadillas de tierra que fue menguando conforme la población rural iba desapareciendo. Ha sido en el siglo XX cuando el Dr. Mario Honrubia García, biólogo de la Universidad de Murcia, gracias a sus estudios científicos y a la creación de la empresa Thader Biotechnology SL (que da apoyo técnico a nuevas explotaciones) ha ayudado a la expansión del cultivo por todo el país (Honrubia *et al.*, 1992). Sin embargo, la distribución del cultivo es muy desigual. La mayoría de las especies se concentran en Andalucía y Extremadura, cultivándose desde un punto de vista comercial 4 especies: *Terfezia arenaria*, *T. leptoderma*=(*T. fanfani* (Matt.)), *T. claveryi* y *Picoa lefebvrei* (Pat.) Maire. Estas terfezias comerciales han ido extendiéndose paulatinamente por la península en entornos que reúnen las condiciones climáticas óptimas para las cistáceas, abarcando casi toda España y Portugal (figura 4). Estas zonas secas, que constituyen áreas potenciales para el cultivo de terfezia, podrían beneficiarse de ingresos económicos para la población rural, una mejora de la calidad de los suelos y la disminución de la erosión por la plantación de las cistáceas (Morte, 2011).



Figura 4. Distribución en España de las Terfezias (Morte, 2011).

2.3. ASPECTOS CULTURALES

2.3.1. La micorrización.

La elección de las plantas hospedantes depende de las condiciones climáticas y ecológicas de los sitios turmeros, siendo el género *Helianthemum* uno de las más destacados representantes, cuyas especies son consideradas como las más adecuadas para la micorrización (Sánchez Gómez, 2015). En la Península Ibérica hay citadas 21 especies de *Helianthemum*, 12 de las cuales son simbióticas (Hall *et al.*, 2007; Morte *et al.*, 2014).

Una alternativa para obtener planta micorrizada es adquirir la planta en viveros especializados en el trasplante-inoculación controlada. La inoculación directa en campo es una técnica de micorrización menos efectiva, ya que los suelos contienen microorganismos que pueden degradar las ascosporas (Slama, 2010). Otra opción es obtener las plantas micorrizadas en laboratorio y transplantarlas en primavera, lo que acelera la obtención de ascomas, llegando a madurar en 12 meses en vez de los 23 meses habituales, aumentando así su rendimiento (Morte *et al.*, 2014).

2.3.2. Parámetros ecológicos idóneos.

Los valores óptimos de los parámetros del suelo para el cultivo de la terfezia son una textura franco-arcillosa o arenosa, un pH básico (8.5), valores bajos de conductividad eléctrica (123 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y un contenido orgánico de 0,9-3,9 % (tabla 2, figura 5) y con un marco de plantación reducido de 1x1 metro (Morte, 2011).

Tabla 2. Valores óptimos de suelo (Morte, 2011).

Parámetros	Bibliografía
Granulometría	Franco arcilloso o arena
pH (Básico)	8,5
Carbonatos (%de CaCO_3 en suelo)	5,1-80,1
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,123
Materia Orgánica (% de M.O.)	0,9-3,9
Nitrógeno (% de Nitrógeno)	0,058-0,267
Riego (mm)	350-400

2.3.3. Prácticas culturales.

El riego de la planta y hongo solo es necesario en el momento del engorde de la terfezia a finales del verano y principio de otoño, siendo necesario instalar un riego por gotero de apoyo sólo si las lluvias en ese periodo son escasas (Morte, 2011). Este riego en verano sólo es necesario en los primeros estadios juveniles de *Helianthemum*, ya que en la etapa adulta realiza una parada fisiológica estival (Reyna, 2012).

La planta micorrizada no necesita de abono, plaguicidas, herbicidas o fungicidas. Tampoco necesita poda. Como aprovechamiento complementario, en ciertos países como Portugal usan algunas cistáceas para recolectar la flor por su exudación de lándano, que se emplea para estabilizar perfumes con alto valor económico en el mercado (INFOJARDIN, 2018).

El efecto de la escarda sobre la producción de trufas aún no está del todo claro. Por una parte las especies arvenses constituyen plantas competidoras por los recursos. Pero por otra parte, las especies arvenses podrían introducir más humedad en el suelo gracias a las raíces profundas de algunas de ellas, ser vectores de expansión del hongo como en el caso de la grama [*Cynodon dactylon* (L) Pers] y permitir compaginar el cultivo con el ramoneo del ganado ovino en Turís (Moreno *et al.*, 2005) (figura 5). Además si se cultiva en meseta se mejora la incidencia del sol en la tierra aumentando la temperatura, y se optimiza la recolección, siendo más cómoda (Morte, 2011).



Figura 5. Aspecto del hábitat de *Helianthemum* y las *Terfezias* (Morte, 2011).

La recolección, en primavera o principios de verano, está influida por las lluvias primaverales que pueden retrasar o adelantar la recogida del carpóforo, pudiendo aparecer en el mismo montículo de uno a tres hongos. El hongo se extrae con la ayuda de punzones u otras herramientas haciendo palanca en el suelo. Una vez extraído se rellena el hueco con tierra (Reyna, 2012).

La primera cosecha se puede obtener a partir de los tres años de la plantación con una producción indeterminada en España. Según algunos autores oscila entre 1000 kg y 2000 kg por hectárea (Honrubia, 2001) pero otros apuntan a una producción por hectárea de 50 a 170 kg (Reyna, 2012). Con 350-400 mm de precipitación, en producción controlada en Zarzadilla de Totana, se obtuvo una producción media de 250-400 kg/Ha anual, desde 1999 hasta la actualidad (Honrubia, 2016). El riego de apoyo en esta producción controlada fue de una a dos veces al mes (en veranos secos) a finales de agosto o principios de septiembre empleando en torno a 60-150 l/m² (Morte, 2011).

En resumen, según Morte (2011), las recomendaciones para obtener una producción elevada son: plantar en primavera, mantener la humedad edáfica (Ψ) entre 75 y 120 KPa, eliminar plantas competidoras fuera de la época de fructificación de la terfezia, elegir un marco de plantación pequeño, no fertilizar y escoger plantas de alta calidad.

3. OBJETIVOS.

El objetivo principal del presente TFG es estudiar la idoneidad del cultivo de *Helianthemum almeriense* micorrizada con *Terfezia clavaryi* en la provincia de Valencia.

Para ello se plantean los siguientes objetivos parciales:

- Poner a punto y mantener el cultivo.
- Evaluar la idoneidad climática a partir de los datos termo pluviométricos del lugar.
- Evaluar la idoneidad edáfica mediante el análisis de distintas muestras de suelo.
- Analizar si existen diferencias significativas en los parámetros edáficos entre terreno con arvenses y sin arvenses, para estimar el efecto de la cubierta vegetal sobre el cultivo. Obtener una predicción de producción.

4. LOCALIZACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL CULTIVO.

4.1. LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.

Para escoger el lugar para la explotación, fue determinante la constatación de la presencia pasada del hongo y planta en las inmediaciones del sitio escogido, las características físicas del terreno óptimas así como el bajo coste de arrendamiento del terreno a largo plazo. El Término Municipal seleccionado fue Turís, que pertenece a la provincia de Valencia y la comarca de la Ribera Alta, presentando un relieve muy ondulado con una altitud media de 280 m.

Con una población en crecimiento de 6627 habitantes, su economía se basa en la agricultura, con un 73.10% de total del término con cultivos de viñedos, olivos, algarrobos, frutales y cereales mayoritariamente. El principal cultivo de secano, la vid, se utiliza para la producción de uva de mesa y de vino. Los cultivos de regadío se concentran en las riberas del río Magro. En el llano de la Masía de Calaborra donde predomina el naranjo, el maíz y hortalizas, últimamente se aprecian transformaciones a caquí y árboles de hueso (TURÍS, 2017).

La finca se localiza junto al río Magro (figuras 6 y 7), siendo los datos que aparecen en el catastro "Polígono 16, número de parcela 500, con pendiente 15%, antiguo campo de naranjos. Superficie total alquilada 0.2954 ha. Linda al Norte con el cauce del río Magro, al Sur con la ladera del cauce, al Oeste con un campo de naranjos y al Este con el cauce del río. Coordenadas: Latitud 39° 21' 12,50" N, Longitud 0° 40' 5,90" W, Huso UTM 30, Nivel 17 Datum ETRS89".(Gvsig, 2018)

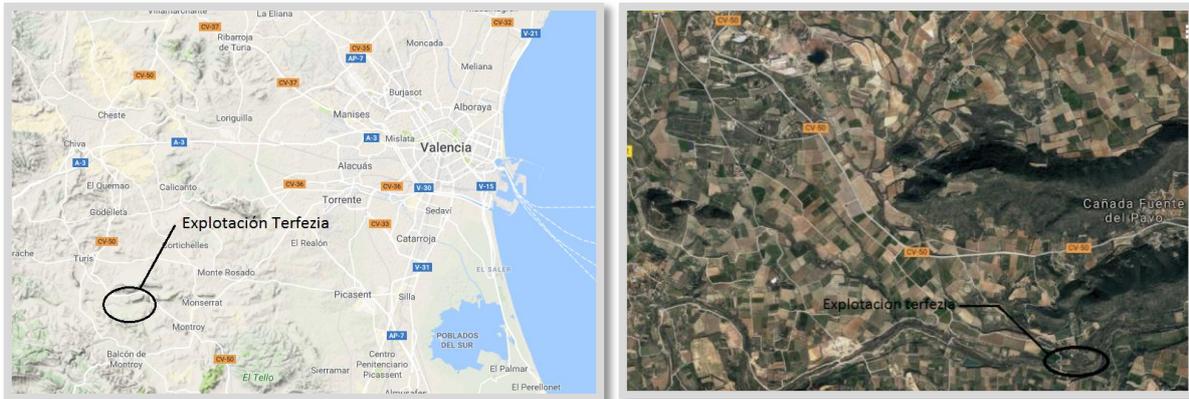


Figura 6. De Izq. a dcha. Situación de Turís en la Comunidad Valenciana (Google Maps, 2018). Situación de la parcela dentro del término de Turís (Google Earth, 2018).



Figura 7. Plano catastral de la parcela (Gvsig, 2018).

4.2. PUESTA A PUNTO DEL CULTIVO.

En la parcela experimental se cultivó *Terfezia claveryi* micorrizada sobre *Helianthemum almeriense*. La micorrización se podía haber realizado con una especie valenciana de *Helianthemum* como *H. syriacum* Jacq. in Murray a propuesta del Jardín Botánico de Valencia. Sin embargo, las dificultades a la hora de recolectar semillas y la imposibilidad de realizar la inoculación del hongo in vitro determinaron que no fuera así. Seguramente con el tiempo las empresas viveristas especializadas podrán ofrecer el servicio de inoculación de las terfezias al igual que hoy en día realizan con la trufa negra, donde inoculan el hongo a las plantas o semillas aportadas por el cliente.

La primera actuación fue la negociación del alquiler del campo con un contrato verbal durante tres años. A continuación se preparó el terreno con máquina pesada alquilada, un tractor y una máquina excavadora para allanar el terreno y desbrozar, en marzo del 2015 (figura 8).



Figura 8. Desbroce del terreno con maquinaria pesada (Elaboración propia, 2018).

En Abril del 2015 me puse en contacto con el vivero Thader Biotechnology SL para hacer el pedido de las plantas micorrizadas. El 14 de octubre de 2015, traje los cepellones de Murcia en 11 bandejas de semillero de 35 cm de alto con 28 alveolos cada bandeja, el resto en cepellones individuales con un total de 310 unidades de plántulas incluyendo un 10% de previsión para marras por recomendación del viverista. Las plántulas se plantaron ese mismo día, con un marco de plantación de un metro entre plantas, en 10 filas separadas de 1.00 m a 1.50 m (figuras 9 y 10).

Una semana antes de plantarlas se realizó la instalación del sistema de riego para asegurar la cantidad óptima de agua de 350-400 mm. Esta agua de riego debería ser empleada fundamentalmente al final del verano-principios de otoño, manteniendo la humedad hasta la primavera. La frecuencia de riego fue de una hora cada mes a partir de finales del verano (con goteros de 4 litros por hora) durante el primer año, en el que las plantas de *Helianthemum* eran aún jóvenes (figura 9).



Figura 9. De Izq. a dcha. *Helianthemum almeriense* con sistema de riego. En parada estival. Floración en primavera (Elaboración propia, 2017).

La instalación de riego fue muy sencilla: constó de una caseta para el contador y herramientas, una tubería terciaria de 50 mm de diámetro nominal y diez secundarias con portaemisores integrados de 16.2 mm de diámetro nominal y separados a 1 m (figura 11).

Para analizar el posible efecto de las plantas arvenses sobre las propiedades del suelo, se escardó la mitad del campo (5 filas), mientras que el resto se dejó con la cubierta arvensa existente, pero segando la parte aérea con una desbrozadora o máquina de hilo (Figura 10).



Figura 10. De izq. a dcha. Trabajo de desbrozado a mano. Desbrozado con maquinaria de hilo (Elaboración propia, 2018).

La primera escarda se realizó en mayo de 2016 a mano o con maquinaria ligera, y se continuó escardando con una frecuencia de 10 días después de lluvias y otra vez durante la parada en verano, y nunca en el periodo de engorde de la terfezia (Morte, 2011).

Las especies arvenses de primavera y final del verano se determinaron mediante claves de determinación de ámbito local (Mateo *et al.*, 2009; Bolós *et al.*, 2001), observándose las siguientes:

- *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae)
- *Salsola kali* L. (Amaranthaceae)
- *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiaceae)
- *Calendula arvensis* (L.) M. Bieb., Boiss., Batt. (Asteraceae)
- *Cichorium intybus* L. (Asteraceae)
- *Senecio vulgaris* L. (Asteraceae)
- *Diptaxis eruroides* DC. (Brassicaceae)
- *Chenopodium album* L. Bosc ex. Moq. (Chenopodiaceae)
- *Oxalis corniculata* L. (Oxalidaceae)
- *Veronica persica* Poir. (Plantaginaceae)
- *Fumaria capreolata* L. (Papaveraceae)
- *Portulaca oleracea* L. (Portulacaceae)
- *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae)
- *Portulaca oleracea* L. (Portulacaceae)

Estas especies son ruderales y arvenses con un carácter nitrófilo que se caracteriza por un hábitat muy alterado por la acción del ser humano. Las podemos encontrar en bordes de caminos, campos de cultivo abandonados o zonas urbanas.

Las especies arvenses o ruderales más destacadas fueron *Cichorium intybus* (achicoria), con una ocupación del terreno del 10%, seguida de *Calendula arvensis* y *Oxalis corniculata* con un 5% del terreno. El resto de especies tuvo una presencia testimonial, configurando elementos sueltos por la zona no escardada, como *Salsola Kali*, *Senecio vulgaris*, *Veronica persica* y *Fumaria capreolata*.

La primera recogida de ascomas fue en la primavera del 2017, en verano recogí las muestras de suelo para su posterior análisis, sobre estas fechas empiezan a ver los primeros robos en la explotación de material de riego, decido no instalar un automático para el riego.

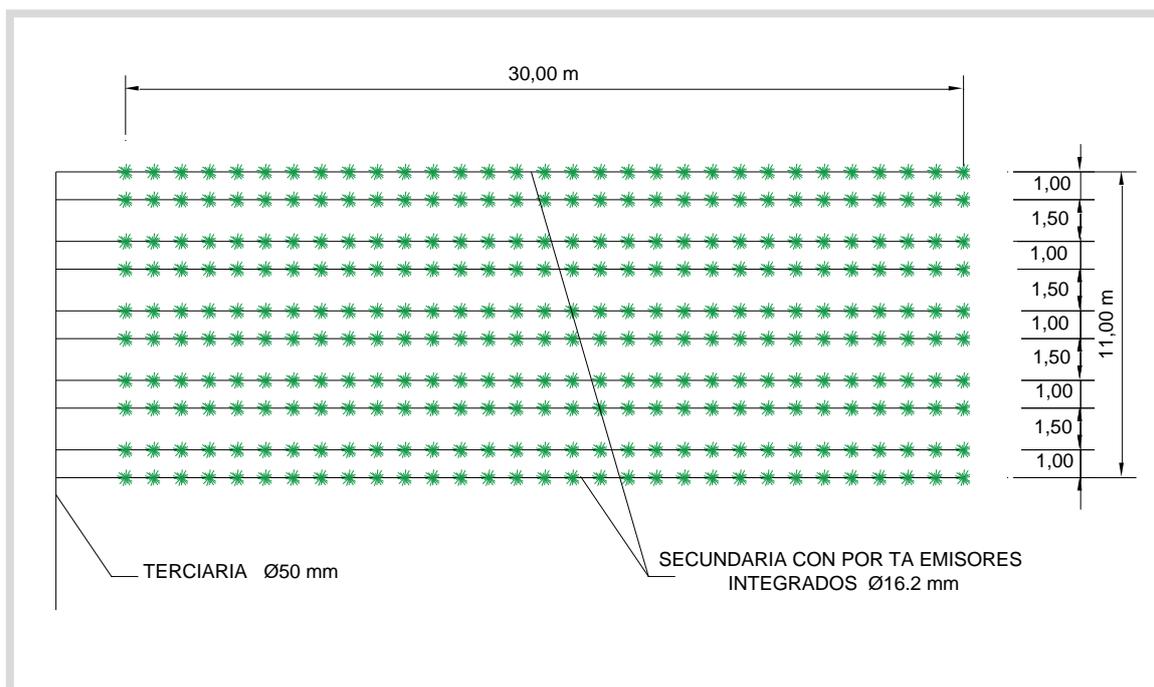


Figura 11. Plano de la instalación hidráulica terciaria y secundaria en la parcela de Turís, los porta emisores están a un metro (Elaboración propia, 2017).

5. IDONEIDAD ECOLÓGICA DEL CULTIVO DE TERFEZIA EN TURÍS.

5.1. IDONEIDAD CLIMÁTICA.

El clima de Turís corresponde a un clima mediterráneo donde las lluvias se concentran en primavera y en otoño con temperaturas suaves en invierno, por encima de 30 °C en verano (Figura 12) (Ninyerola *et al.*, 2005).

De acuerdo con estos datos climáticos, las lluvias de 542 mm anuales son suficientes para el cultivo. No obstante, debido a la gran variabilidad interanual que se da de forma general en el clima mediterráneo, se podría aplicar un riego de apoyo en años de sequía, sobre todo en otoño, ya que es en esta estación donde la precipitación determina la producción de terfezia (Morte, 2011).

Sin embargo, un riego excesivo puede poner en peligro la vida del cultivo en sus fases iniciales y sólo se debería realizar cuando la planta se encuentre más desarrollada, puesto que algo de estrés hídrico favorece la micorrización ya que uno de los efectos de la micorrización es mantener mejores niveles hídricos y fisiológicos (Morte, 2000; Ruscitti *et al.*, 2007), Además, la sequía provoca que la colonización de la raíz por el hongo sea más intracelular que en condiciones de mayor riego (Morte *et al.* 2010)

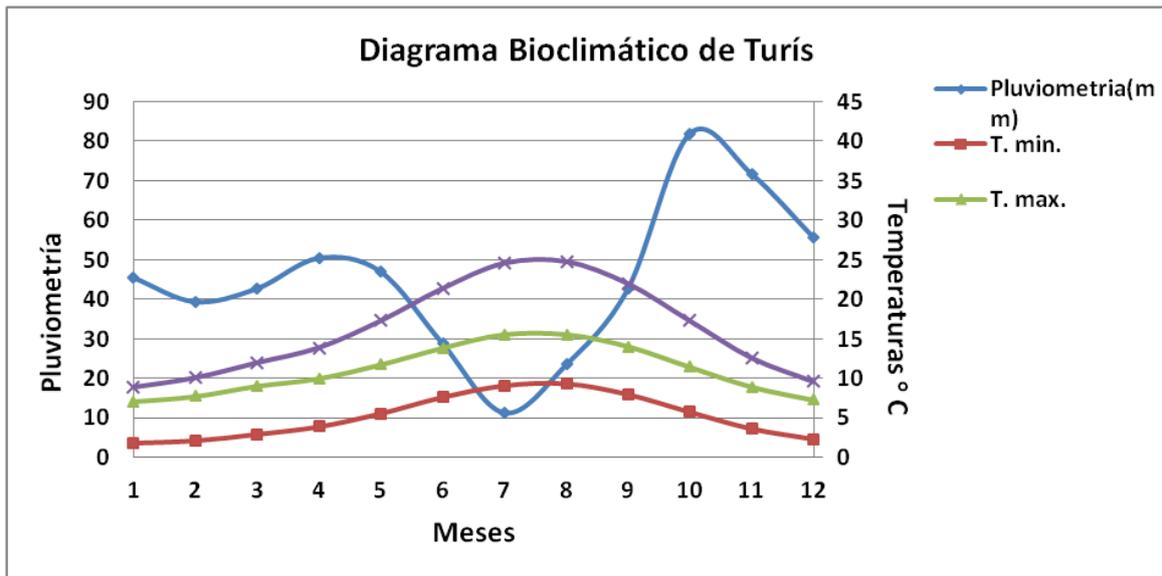


Figura 12. Diagrama Bioclimático de Turís (Elaboración propia, 2018). Datos sacados para Turís del Atlas Climático Digital de la península Ibérica (www.opengis.uab.es).

Igualmente, la temperatura es también idónea, en ningún mes existen heladas que pudieran dañar las plantas. En verano, la temperatura máxima de 31 °C obliga a la planta a una parada fisiológica (Reyna, 2012).

5.2. IDONEIDAD EDÁFICA.

5.2.1. Metodología de análisis de suelo.

Para evaluar la idoneidad edáfica de la parcela de Turís para el cultivo de terfezia se ha realizado un análisis de suelo considerando dos subparcelas, una con vegetación y otra sin.

En total se obtuvieron 8 muestras, cuatro por cada zona (figura 13). El método de obtención de las muestras fue por excavación manual con azada a 15 cm de profundidad introducidas en envases de plástico de 300 g de capacidad para poder transportarlas.

El análisis del suelo se llevó a cabo en el departamento de Producción Vegetal, Unidad Docente Suelos, en la Universitat Politècnica de València con la supervisión de Héctor Moreno. Los parámetros estudiados fueron: granulometría, color, pH, carbonatos, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de campo y contenido en nitrógeno (Vallejo *et al.*, 1994).

De cada muestra de suelo se realizó un tamizado inicial de 2 mm de luz para retirar los elementos gruesos y con la fracción fina se hicieron los análisis.

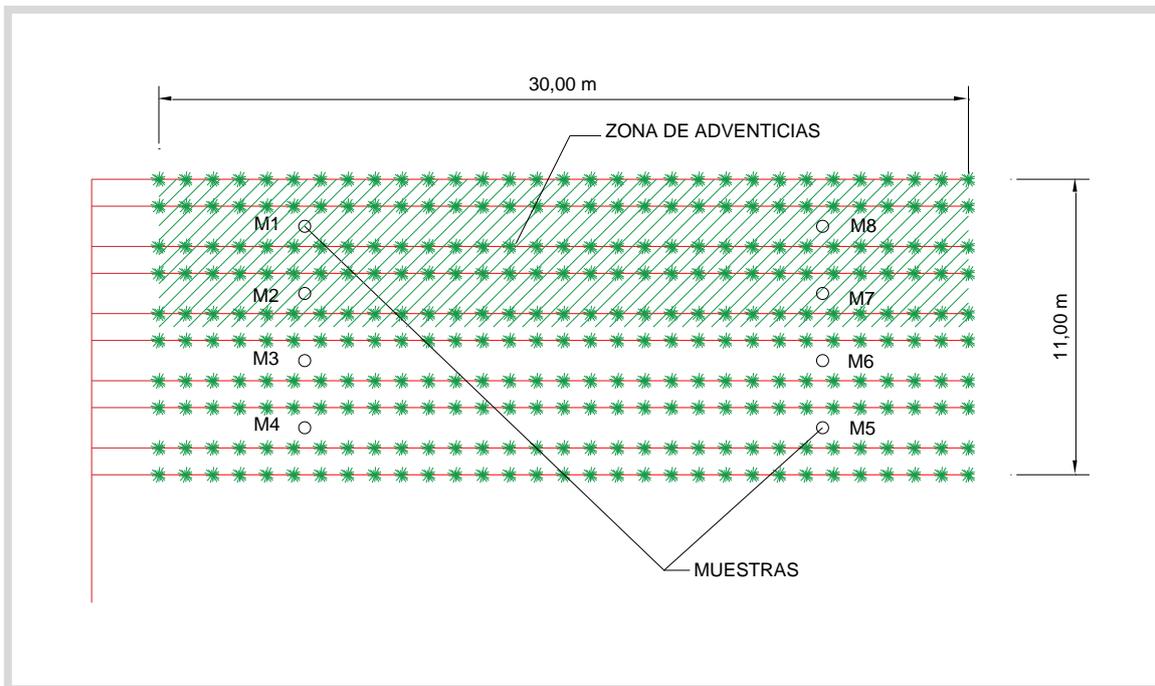


Figura 13. Plano de zonas de muestreo de suelo, los círculos son las muestras obtenidas (Elaboración propia, 2017).

5.2.1.1. Granulometría.

Se utilizó una torre de tamices con luces de 2, 1, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05 y 0.00 mm (figura 14). Se emplearon 200 g de suelo vertidos en la parte superior de la torre de los tamices agitando manualmente para provocar la uniformidad por las distintas mallas. Una vez obtenido el tamizado, se pesó cada fracción en una balanza de precisión con margen de error de 0.01 g.



Figura 14. Torre de tamices empleada de la marca Prosega (fuente: <http://www.Prosega.com>).

5.2.1.2. Color.

Se analizó el color por el sistema Munsell. Este sistema clasifica el color en tres ejes denominados tono, luminosidad y saturación (figura 15). Para determinar estos parámetros se realizaron las comparaciones visuales de cada muestra de suelo seco y mojado con patrones representados en la tabla Munsell. La muestra de suelo seco se obtuvo dejando secar la muestra al aire y la húmeda mezclando 5 ml de agua destilada con 15 g de suelo y removiendo hasta obtener una pasta uniforme sin brillo por exceso de agua.



Figura 15. Sistema de tablas de colores Munsell (fuente: <http://www.mercadolibre.com>).

5.2.1.3. pH.

Para analizar el pH se utilizó una máquina de medición MicropH (figura 16). Se cogieron 10 g de suelo y se mezclaron con 25 ml de agua destilada. A continuación se agitó la solución de suelo con el agitador mecánico 10 min y se dejó reposar 30 min; se introdujo el lector de cristal en el recipiente de la muestra agitada y se realizó la lectura en la máquina.



Figura 16. Medidor de pH marca MicropH (Elaboración propia, 2018).

5.2.1.4. Carbonatos.

Para la medición de carbonatos se empleó un calcímetro de Bernard (figura 17). La técnica se basa en añadir a la muestra de suelo ácido (HCl). Al reaccionar el ácido con los carbonatos del suelo se genera CO_2 medible en el calcímetro. En laboratorio, se introdujo en un matraz 0.5 g de muestra de suelo y

una solución de HCl diluido al 10%, se tapó y se hizo una lectura inicial tarando el dispositivo a 0 ml. Posteriormente, se agitó el matraz para que el ácido reaccionara con la tierra. Cuando la efervescencia acabó y se produjo un descenso de la columna de agua, se hizo la lectura final. El volumen de CO₂ desprendido (ml) fue la diferencia entre la lectura final e inicial en porcentaje.



Figura 17. Calcímetro de Bernard empleado (Elaboración propia, 2018).

5.2.1.5. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica se cuantificó utilizando el método del extracto 1/5. Consistió en mezclar 20 g de suelo con 100 ml de agua destilada para colocar dicha mezcla en un agitador mecánico durante 30 minutos. Al finalizar, se filtró la solución y en el líquido resultante se midió la conductividad eléctrica con un conductímetro (figura 18).

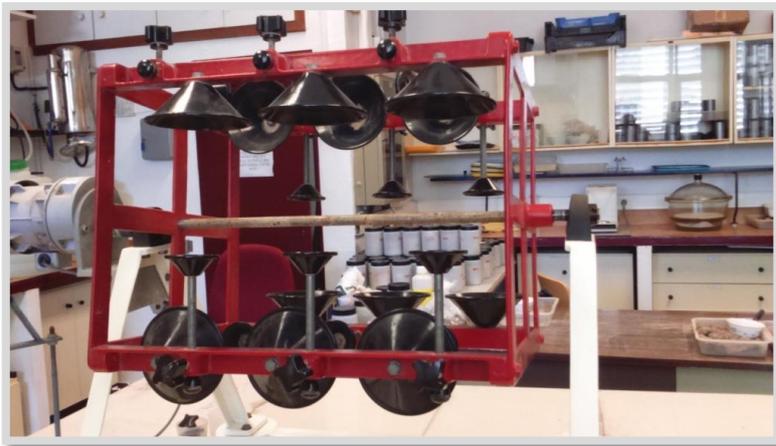


Figura 18. De izq. a dcha. Estructura empleada para agitar muestras de suelo con agua destilada. Medidor de conductividad eléctrica con conductímetro (Elaboración propia, 2018).

5.2.1.6. Materia orgánica.

El método empleado es el de ignición en seco. Se pesó un cuenco vacío, se llenó con una muestra de suelo de peso conocido y se colocó en una mufla durante 24 horas (figura 19). Posteriormente se colocó en la campana de enfriamiento para que no se contaminase de la humedad ambiental y se pesó una vez enfriado (figura 20). A continuación, se colocó en un horno pequeño a 440 °C durante 17 horas (figura 20). Por último, se volvió a poner en la campana de enfriamiento y se realizó una última pesada una vez enfriado. El peso de la materia orgánica de la muestra es el resultado de la diferencia entre el peso inicial y el peso final, referido al peso inicial.

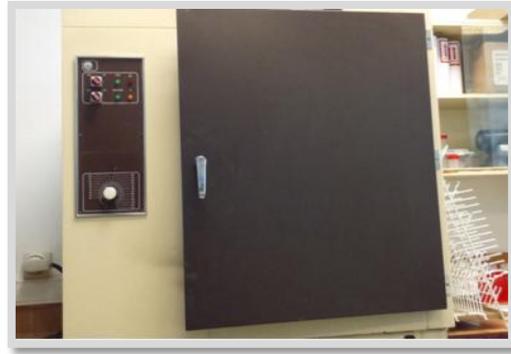


Figura 19. Mufla empleada para secar muestras de suelo (Elaboración propia, 2018).

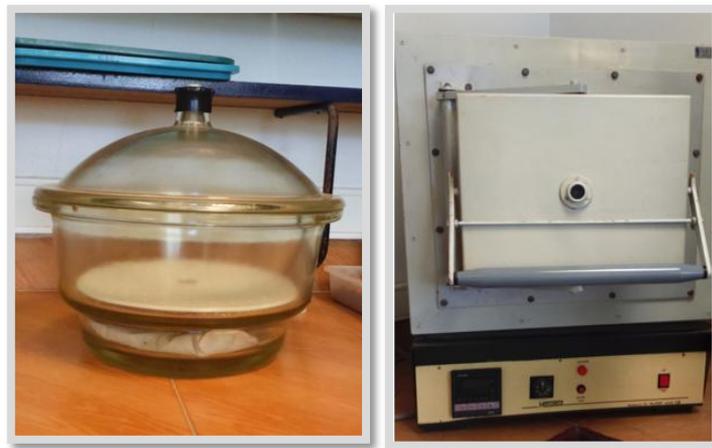


Figura 20. De izq. a dcha. Recipiente para enfriar muestras sacadas del horno o de la mufla. Horno empleado para muestras de suelo (Elaboración propia, 2018).

5.2.1.7. Capacidad de campo.

La capacidad de campo indica el agua que se puede almacenar en el suelo en cada zona de muestreo. Para estimarla se utilizó el método Richards.

Se cogió una placa cerámica y se saturó con agua destilada, para añadir posteriormente unos anillos de goma con la muestra de suelo enrasada a los anillo con un peso aproximado ~16.74 g para cada muestra. Se realizaron dos repeticiones para ganar en precisión. Cada muestra se pesó en seco y se dejó saturar por capilaridad. Una vez saturada, se colocó 24 horas en unas placas de presión trabajando a una presión de 1/3, 1, 3 y 15 atmósferas (figura 21). Se realizó la segunda pesada de las

muestras tras aplicar las diferentes presiones, secándolas posteriormente a 105 oC y volviendo a pesarlas. El valor final obtenido es el promedio de las dos repeticiones por muestra, de la diferencia de pesos inicial y final.



Figura 21. Placas de presión empleadas en el método Richards (Elaboración propia, 2018).

5.2.1.8. Contenido en nitrógeno.

Se empleó el método Kjeldhal, que se basa en la digestión y destilación de los compuestos nitrogenados de una muestra de suelo a temperaturas altas.

Se empezó pesando 1 g de muestra de suelo y poniéndolo en un tubo de digestión. Se emplearon dos controles negativos por tanda, en los que se añadieron los reactivos pero no la muestra de suelo. A continuación se añadió 7 ml de ácido sulfúrico concentrado y se agitó con cuidado para favorecer la mezcla. Las muestras se colocaron en un digestor y se tapó el dispositivo en la cabina de extracción de humos manteniendo las muestras durante 3 horas a 380 °C o hasta que el tubo se viera blanco o amarillo pálido en su interior, procediendo al apagado y enfriamiento a temperatura ambiente (figura 22). Se añadió 50 ml de agua destilada y se dejó reposar.

Para la destilación se comenzó con la limpieza del destilador con una muestra de agua libre de nitrógeno (figura 22). Posteriormente, se añadió 10 ml de ácido bórico en un matraz Erlenmeyer que se colocó en la salida del destilador. A su lado se ubicó el tubo del digestor añadiendo de forma manual o automática 20 ml de hidróxido de sodio. Al finalizar el proceso de destilación, se recogieron de 80 a 100 ml de destilado en el matraz, y se comprobó si hubo un viraje de color marrón a verde que indica la presencia de nitrógeno. Finalmente se limpió el destilador con agua libre de nitrógeno.

Los resultados se obtuvieron haciendo otro viraje. Se utilizó el matraz con la muestra destilada y se valoró con ácido sulfúrico 0.1 N anotando el volumen de ácido utilizado cuando viraba el color. Se comprobó igualmente que tal viraje no existió en los controles negativos.

La fórmula empleada para el cálculo del nitrógeno total fue la siguiente:

$$\text{Nitrogeno total \%} = \frac{(a - b) \times N \times 0.014}{P} \times 100$$

donde (a- b) es volumen de ácido sulfúrico empleado en valoración, N es la normalidad del ácido sulfúrico(en nuestro caso 0.1), y P es peso de la muestra (en nuestro caso 1g).

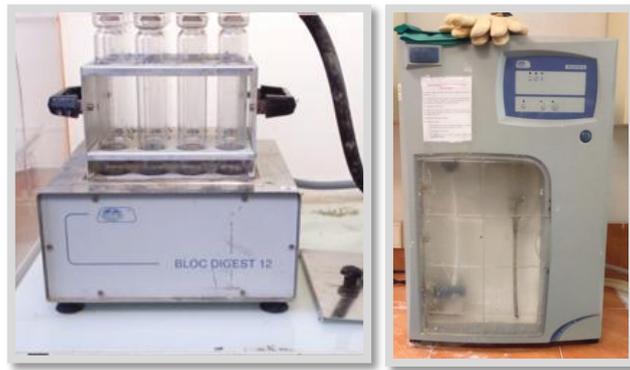


Figura 22. De izq. a dcha. Equipo digestor para el análisis de Nitrógeno. Equipo destilador para el análisis de Nitrógeno (Elaboración propia, 2018).

5.2.2. Comparación estadística de los resultados de los parámetros edáficos entre las zonas con y sin arvenses.

Para determinar si hubo un efecto de las plantas arvenses sobre la composición y textura del suelo que pudiera influir en la producción de trufas, se estudió la posible existencia de diferencias significativas en los parámetros del suelo entre las zonas con y sin arvenses empleando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.

Inicialmente, para cada parámetro edáfico y zona considerada, se comprobó que los datos mostraran una distribución normal y una homogeneidad de varianzas (u homocedasticidad). Para la primera condición, se cuantificó la simetría y curtosis estandarizada de cada distribución que, en caso de normalidad, deberían estar comprendidas entre -2 y 2. Para la segunda condición, se aplicó el test de Levene. Todas las variables menos la fracción de suelo comprendida entre 0.05 mm y 0.1 mm (parámetro de textura) y la capacidad de campo medida a 15 atmósferas, que no cumplieron los criterios de normalidad, cumplieron las dos condiciones (tabla 3).

Para cada variable con datos normales y con homogeneidad de varianzas, se aplicó una prueba t de Student para comprobar si hubo diferencias significativas entre zonas con un nivel de confianza del 95%. Para cada variable con datos no normales, se aplicaron tests no paramétricos, como la prueba W de Mann-Whitney Wilcoxon de comparación de medianas y la prueba de Kolmogorov-Smirnov de comparación de distribuciones.

En ninguno de los parámetros evaluados hubo diferencias significativas entre las zonas con y sin arvenses (tabla 4), por lo que en el análisis de cada parámetro edáfico se han considerado todas las muestras conjuntamente. Esta ausencia de diferencias puede ser debido al poco tiempo transcurrido entre la primera escarda y el análisis de suelo, por lo que estos resultados podrían variar a largo plazo, si se mantuvieran las escardas.

Tabla 3. Comprobación de normalidad de datos mediante simetría y curtosis estandarizadas y homocedasticidad mediante el test de Levene.

Variable		Simetría estandarizada	Curtosis estandarizada	Homogeneidad de la varianza test de Levene	Normalidad
Textura	2mm	-1,17	0,671	Si	Si
	1mm	-1,987	0,5707	Si	Si
	0,5mm	-1,65	0,79	Si	Si
	0,2mm	0,4015	-0,98	Si	Si
	0,1mm	-1,097	0,347	Si	Si
	0,05mm	-2,121	-0,0422	Si	No
	0,00mm	0,775	0,851	Si	Si
pH		-1,35	-1,68	Si	Si
Los Carbonatos		0,19	-0,32	Si	Si
La conductividad eléctrica		0,388	0,244	Si	Si
Materia orgánica		0,616	0,0175	Si	Si
Capacidad de campo	1/3 atm	1,632	-0,203	Si	Si
	1 atm	0,216	0,321	Si	Si
	3 atm	0,456	-1,918	Si	Si
	15 atm	-2,307	-1,208	Si	No
Nitrógeno		1,633	1,633	Si	Si

Tabla 4. Test de comparación de medias entre las muestras con y sin arvenses cuyos datos son normales y test no paramétricos (W de Mann-Whitney Wilcoxon de comparación de medianas y Kolmogorov-Smirnov de comparación de distribuciones) para las variables con datos no normales.

Variable	p-valor	W de Mann-Whitney (Wilcoxon) p-valor	Kolmogorov-Smirnov p-valor	diferencias significativas entre muestras
Textura	0,215	-	-	No
1mm	0,212	-	-	No
0,5mm	0,105	-	-	No
0,2mm	0,137	-	-	No
0,1mm	0,586	-	-	No
0,05mm	-	0,112351	0,210922	No
0,00mm	0,2137	-	-	No
pH	0,579	-	-	No
Los Carbonatos	0,94	-	-	No
La conductividad eléct	0,784	-	-	No
Materia orgánica	0,239	-	-	No
Capacidad de campo	1/3 atm	0,541	-	No
	1 atm	0,734	-	No
	3 atm	0,431	-	No
	15 atm	-	0,885229	0,999633
Nitrógeno	0,06	-	-	No

5.2.3. Resultados de los análisis de suelos.

5.2.3.1. Textura.

Los resultados de la **granulometría**, muestran el predominio de las arenas en el campo de cultivo (figura 23) (tabla 5). Este predominio es probablemente debido a que la parcela escogida está situada en la ribera del río Magro.

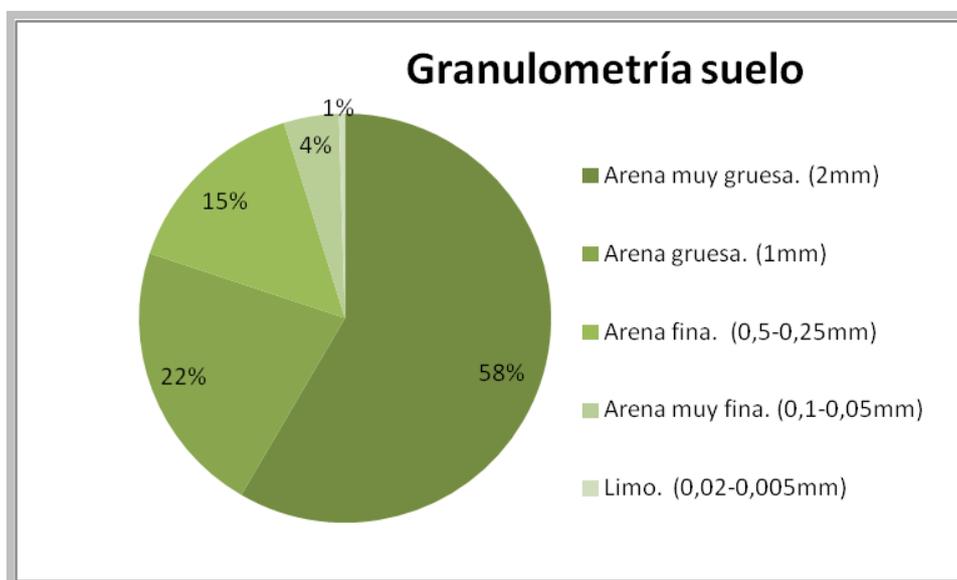


Figura 23. Resultados de la textura en la totalidad del campo (Elaboración propia, 2018).

Tabla 5. Datos en % para cada muestra de las distintas fracciones de tamaño de partículas representadas por las luces de tamiz. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Muestra en %	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Luz: 2 mm	31,873	35,003	40,011	58,277	54,639	64,721	50,027	56,788
Luz: 1 mm	21,075	22,075	20,242	16,710	17,098	13,653	17,713	17,053
Luz: 0,5mm	16,641	15,074	13,775	9,756	10,410	8,338	11,863	11,589
Luz: 0,2 mm	17,423	15,125	15,773	8,459	12,567	8,286	14,439	12,362
Luz: 0,1 mm	8,659	7,665	6,993	4,619	3,398	2,970	4,240	1,656
Luz: 0,05 mm	3,652	4,088	2,944	2,180	1,510	1,668	1,127	0,552
base: 0,0 mm	0,678	0,971	0,263	0,000	0,378	0,365	0,590	0,000

5.2.3.2. El color.

El **color** es marrón, con claridad elevada, de pureza media debida a los óxidos de hierro y con intensidad pura (tabla 6).

Tabla 6. Análisis de parámetro de color Munsell: a la izquierda muestra en seco y a la derecha en húmedo. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Análisis de Parámetros de color Munsell				Análisis de Parámetros de color Munsell			
Seco	Claridad	Pureza	Matiz	Húmedo	Claridad	Pureza	Matiz
M1	7	4	10YR	M1	5	4	10YR
M2	6	4	10YR	M2	4	4	10YR
M3	6	3	10YR	M3	5	4	10YR
M4	6	3	10YR	M4	4	4	10YR
M5	6	4	10YR	M5	4	4	10YR
M6	6	6	10YR	M6	5	4	10YR
M7	6	4	10YR	M7	4	4	10YR
M8	6	4	10YR	M8	4	4	10YR

5.2.3.3. pH.

Las muestras de suelo tienen un pH de 8.18, moderadamente básico. El pH es el parámetro edáfico más limitante ya que es el que condiciona la especie de hongo a cultivar. El pH obtenido es pues idóneo para el cultivo de las terfezas que se pueden desarrollar en suelos básicos como *T. claveryi*, *T. boudieri* y *T. olbiensis*(Tul & C. Tul.) (Morte, 2011) (tabla 7).

Tabla 7. Datos de pH de las muestras analizadas. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Muestras							
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
8,19	8,16	8,15	8,22	8,25	8,13	8,15	8,18

5.2.3.4. Carbonatos.

El porcentaje de carbonatos es elevado, con 42.79 % de CaCO_3 en el suelo. Los resultados de los carbonatos muestran valores típicos de suelos carbonatados característicos de la zona de Turís, por otro lado muy comunes en la provincia de Valencia (tabla 8).

Tabla 8. Datos de carbonatos, en (%) de CaCO_3 en el suelo. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Carbonatos	Lectura inicial	Lectura final	diferencia	%de CaCO ₃ en el suelo
M1	5	51	46	44,35
M2	3	53	50	42,40
M3	5	65	60	43,33
M4	3	61	58	42,07
M5	4	58	54	42,96
M6	4	66,2	62,2	42,57
M7	4	57,4	53,4	43,00
M8	2	59	57	41,40

5.2.3.5. Conductividad eléctrica.

El valor de 0,49 ds/m de **conductividad eléctrica** indica que el terreno es ligeramente salino. Esto puede ser debido a que la parcela era un antiguo campo de naranjos pudiendo haber acumulado excedentes de productos fitoquímicos (tabla 9).

Tabla 9. Conductividad eléctrica de las muestras, verde la zona con arvenses. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Salinidad dS/m	0,501	0,554	0,451	0,496	0,479	0,537	0,477	0,462

5.2.3.6. Materia orgánica.

Respecto de la materia orgánica cuantificada, no hay diferencias significativas entre la zona con arvense (2.5785 %) y la escardada (2.408 %), aunque se pueden apreciar pequeñas diferencias entre muestras (tabla 10). Las muestras 2 y 8 de la zona con arvenses muestran un mayor contenido en materia orgánica mientras que las muestras 4 y 5 de la zona escardada presentan los niveles más bajos de materia orgánica.

Tabla 10. Materia orgánica. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Muestra	Peso Muestra Suelo	Peso Muestra sin M. O.	Peso Muestra a Mufla 450º	Diferencia Mufla-sin M.O.	% de M.O.
M1	29,0944	28,9756	28,6820	0,4124	2,4332
M2	45,9102	45,7425	45,2893	0,6209	2,5776
M3	41,5012	41,3867	41,0792	0,4220	2,4415
M4	40,1886	40,0848	39,8324	0,3562	2,2148
M5	38,1879	38,0798	37,7921	0,3958	2,3221
M6	41,6954	41,5738	41,2138	0,4816	2,6534
M7	42,7230	42,5960	42,2147	0,5083	2,4701
M8	19,8835	19,8178	19,5609	0,3226	2,8302

5.2.3.7. Capacidad de campo.

A pesar de que no existen diferencias significativas, las muestras 2 y 8 son las que más agua disponible podrían acumular coincidiendo con la zona arvense y las muestras 3 y 5 es donde menos agua disponible se puede acumular, coincidiendo con la franja no arvense y donde hay más arena y menos materia orgánica (figura 24) (Ver tablas 11, 12, 13 y 14).

En global, la cantidad de agua que el campo de cultivo puede almacenar es de 15.894 % a una presión de 1/3 atm, 9.529 % a 1 atm, que equivaldría a las condición atmosférica habitual en el campo, 7.596 % a 3 atm, y de 5.712 % a 15 atm.

Tabla 11. Datos de la Capacidad de Campo a 1/3 atm de presión. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

1/3 atm(unos)	Peso muestra en seco	Peso muestra húmeda	Diferencia de pesos	Media de las dos mediciones independientes	% de fracción de agua útil
M1a	20,35	22,68	2,33		
M1b	20,47	23,81	3,34	2,835	16,935
M2a	20,52	22,82	2,3		
M2b	20,54	22,97	2,43	2,365	14,128
M3a	20,33	22,78	2,45		
M3b	20,15	22,5	2,35	2,4	14,337
M4a	20,51	22,62	2,11		
M4b	20,2	22,84	2,64	2,375	14,188
M5a	20,14	23,18	3,04		
M5b	20,46	22,73	2,27	2,655	15,860
M6a	20,15	22,92	2,77		
M6b	20,52	23,7	3,18	2,975	17,772
M7a	20,47	22,74	2,27		
M7b	20,47	23,88	3,41	2,84	16,965
M8a	20,15	23,08	2,93		
M8b	20,48	22,84	2,36	2,84	16,965

Tabla 12. Datos de la Capacidad de Campo a 1 atm de presión. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

1 atm(dos)	Peso muestra en seco	Peso muestra húmeda	Diferencia de pesos	Media de las dos mediciones independientes	% de fracción de agua útil
M1a	20,16	22,61	2,45		
M1b	20,17	22,31	2,14	2,295	13,710
M2a	20,5	22,47	1,97		
M2b	20,54	22,31	1,77	1,87	11,171
M3a	20,56	22,15	1,59		
M3b	20,52	22,16	1,64	1,615	9,648
M4a	20,37	21,96	1,59		
M4b	20,38	22,16	1,78	1,685	10,066
M5a	20,5	22,36	1,86		
M5b	20,55	22,26	1,71	1,785	10,663
M6a	20,38	22,44	2,06		
M6b	20,48	22,42	1,94	2	11,947
M7a	20,51	22,2	1,69		
M7b	20,4	21,93	1,53	1,61	9,618
M8a	20,48	21,99	1,51		
M8b	20,33	21,97	1,64	1,575	9,409

Tabla 13. Datos de la Capacidad de Campo a 3 atm de presión. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

3 atm(uno)	Peso muestra en seco	Peso muestra húmeda	Diferencia de pesos	Media de las dos mediciones independientes	% de fracción de agua útil
M1a	20,35	21,65	1,3		
M1b	20,37	21,63	1,26	1,28	7,646
M2a	20,38	21,63	1,25		
M2b	20,33	21,67	1,34	1,295	7,736
M3a	20,5	21,68	1,18		
M3b	20,55	21,8	1,25	1,215	7,258
M4a	20,17	21,42	1,25		
M4b	20,36	21,69	1,33	1,29	7,706
M5a	20,35	21,61	1,26		
M5b	20,33	21,54	1,21	1,235	7,378
M6a	20,42	21,7	1,28		
M6b	20,21	21,52	1,31	1,295	7,782
M7a	20,54	21,77	1,23		
M7b	20,53	21,76	1,23	1,23	7,348
M8a	20,43	21,77	1,34		
M8b	20,54	21,85	1,31	1,325	7,915

Tabla 14. Datos de la Capacidad de Campo a 15 atm de presión. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

15 atm(dos)	Peso muestra en seco	Peso muestra húmeda	Diferencia de pesos	Media de las dos mediciones independientes	% de fracción de agua útil
M1a	20,48	21,65	1,17		
M1b	20,37	21,63	1,26	1,215	7,258
M2a	20,17	21,63	1,46		
M2b	20,47	21,67	1,2	0,6	3,584
M3a	20,34	21,68	1,34		
M3b	20,31	21,8	1,49	1,415	8,453
M4a	20,5	21,42	0,92		
M4b	20,16	21,69	1,53	0,765	4,570
M5a	20,29	21,61	1,32		
M5b	20,47	21,54	1,07	1,195	7,139
M6a	20,36	21,7	1,34		
M6b	20,51	21,52	1,01	0,505	3,017
M7a	20,48	21,77	1,29		
M7b	20,48	21,76	1,28	1,285	7,676
M8a	20,35	21,77	1,42		
M8b	20,51	21,85	1,34	0,67	4,002

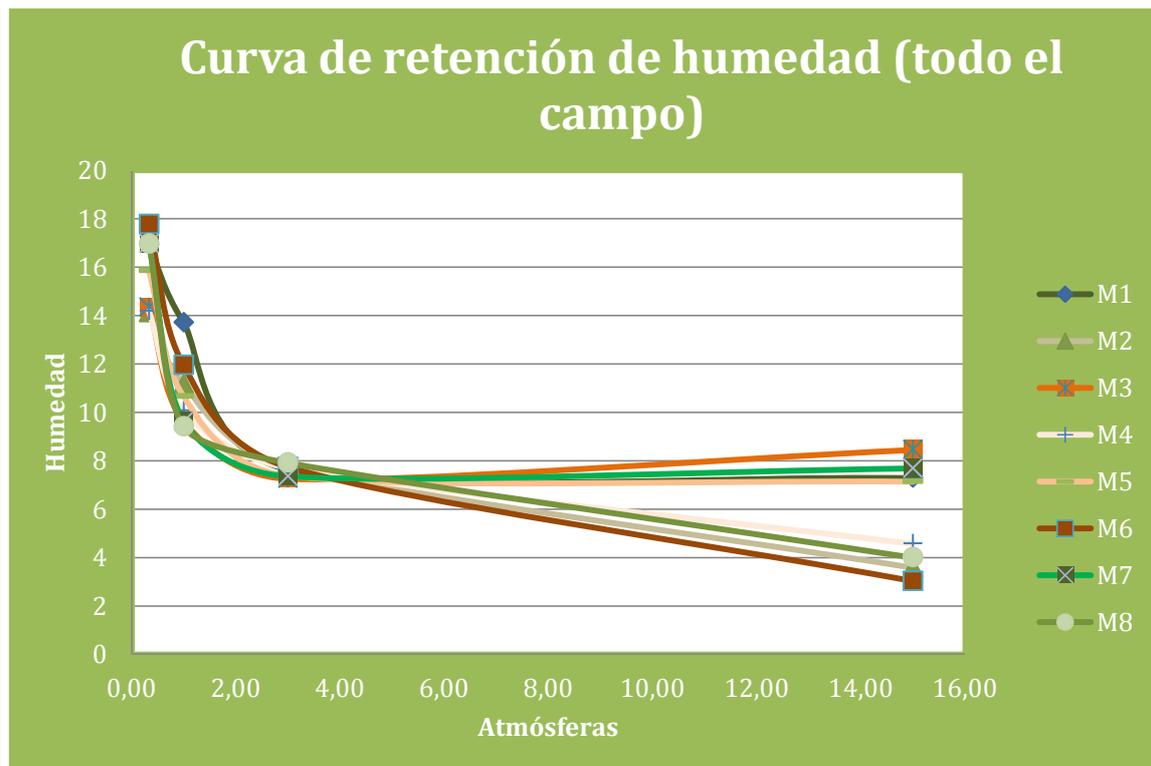


Figura 24. Capacidad de campo de todas las muestras (Elaboración propia, 2018).

5.2.3.8. Nitrógeno.

Respecto a la presencia de nitrógeno, los resultados muestran valores bajos, lo que es habitual para la zona de estudio (tabla 15).

Tabla 15. Datos de Nitrógeno en volumen de ácido sulfúrico empleados en valoración para obtener gramos de Nitrógeno en 100 g de suelo. Color verde: muestra tomada en la zona con arvenses (Elaboración propia, 2018).

Muestras	volumen de ácido sulfúrico empleado en valoración	g de Nitrógeno en 100 g de suelo (%)
M1	0,1	0,014
M2	0,2	0,028
M3	0,3	0,042
M4	0,3	0,042
M5	0,3	0,042
M6	0,2	0,028
M7	0,2	0,028
M8	0,2	0,028

5.2.4. Idoneidad de los suelos de Turís para el cultivo de *Terfezia*.

En la tabla 16 se muestra un resumen de los valores de los distintos parámetros edáficos obtenidos en comparación con la horquilla de valores idóneos establecida por Morte (2011) para cada uno de ellos, para *T. claveryi*. Para todos ellos, se confirmó la idoneidad de los suelos de Turís, salvo para el contenido en nitrógeno, que resultó ser ligeramente bajo respecto al óptimo y que podría elevarse aportando abonado, y la conductividad, que resultó un poco elevada. Sin embargo, los valores de salinidad propuestos por Morte (2011) podrían ser interpretados como muy conservadores ya que la FAO establece el umbral de 0.70 dS/m para empezar a tener problemas para las plantas, por debajo del cual no existe riesgo (AGROES, 2016)

Tabla 16. Resumen de datos obtenidos del análisis del suelo comparado con bibliografía (Elaboración propia, 2018).

Parámetros	Bibliografía	Resultados propios	Idoneidad
Granulometría	Franco arcilloso o arena	Arena muy Gruesa	Si
Color		Marronaceo	Si
pH (Básico)	8,5	8,179 ± 0,04	Si
Carbonatos (%de CaCo ₃ en el suelo)	5,1-80,1	42,76 ± 0,882	Si
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0,123	0,495 ± 0,036	Si
Materia Orgánica (% de M.O.)	0,9-3,9	2,493 ± 0,193	Si
Nitrógeno (% g de N en 100 g de suelo)	0,058-0,267	0,06 ± 0,010	Si
Capacidad de campo (%)		15,893 ± 1,481/5,712 ± 2,132	Si

6. PRESENCIA DE LA MICORRIZA TRES AÑOS TRAS LA PLANTACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La primera producción de ascomas se obtuvo en la primavera de 2017, dos años después de la plantación (figura 25). Asumiendo que los viveros indican como primera fecha de cosecha a partir del tercer año, ya que durante los primeros años se necesita una propagación del hongo por la zona de cultivo, esta producción no fue significativa, pero indicó que la planta estaba micorrizada y que era más fácil detectar el hongo en zona limpia de arvenses que en la que crecían arvenses. Se recogieron 10 unidades con unos pesos que oscilaban entre 30 g y 50 g.



Figura 25. Recolección de la primera trufa de *Terfezia claveryi* en la primavera de 2017 (Elaboración propia, 2017).

Posteriormente, en otoño de 2018 se visualizaron raicillas de *Helianthemum almeriense* con una lupa de 70 aumentos provista con cámara en el Instituto Agroforestal del Mediterraneo (IAM) para ver si la planta seguía micorrizada después de tres años. Los resultados de diez muestras aleatorias de raíces de la zona de arvense y diez muestras de raíces de la zona escardada mostraron que todas las raíces seguían micorrizadas, presentado estructuras típicas de la micorrización de *Terfezia claveryi* en forma de maza y micelio rodeando la raíz (Morte, 2011).



Figura 26. De izq. a dcha. Imágenes de estructura en forma de maza de raíces de *Helianthemum* (Elaboración propia, 2018)

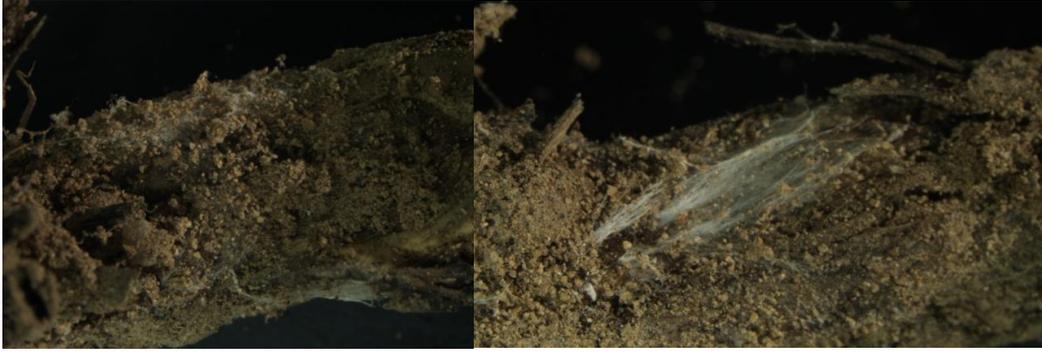


Figura 27. De izq. a dcha. Imágenes de manto rodeando a la raíz (Elaboración propia, 2018).

La estimación de la producción al tercer año sería de un hongo por planta, resultando 310 hongos con un peso a determinar en función del condicionante de las precipitaciones de cada año, estimándose una media de 40 g de peso por trufa, lo que supone 12.4 kg al tercer año de *Terfezia claveryi*.

7. CONCLUSIONES.

Se ha conseguido poner a punto el cultivo de *Helianthemum almeriense* micorrizado con *Terfezia claveryi* durante al menos tres años, destacando la alta calidad de las plántulas por parte de los viveros.

El campo de Turís ha resultado ser idóneo para el cultivo de la trufa del desierto, tanto desde el punto de vista climático como edáfico, a pesar de que los niveles de nitrógeno fueron ligeramente inferiores y la salinidad ligeramente superior a los valores establecidos en la bibliografía.

No se han observado diferencias significativas en los parámetros de suelo entre la zona con presencia de arvenses y la zona escardada (aunque esto podría cambiar a largo plazo). Sin embargo, la visualización de los ascomas es más fácil en la zona escardada.

Al cabo de tres años, se ha confirmado la supervivencia de la planta y el hongo. Se ha obtenido una pequeña producción de ascomas incluso antes de la fecha recomendada por los viveristas, por lo que la trufa del desierto es un cultivo potencial y prometedor en el municipio de Turís.

8. BIBLIOGRAFÍA CITADA.

AGROES. (2016). Visto el 8 de enero del 2019.
<http://www.agroes.es>

ANDRADE, A. (2010). Antiguas interacciones entre plantas y hongos. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. 60: 84-90 pp.

ATTIA, W.Y.; EL-NAGGAR, RE.; BAWADEKJI, A.; AL ALI, M. (2018). Evaluation of some in vitro Anti-Carcinogenic Activities of Polysaccharides Extracted from Ascomata of the Desert Truffle *Terfezia claveryi* Chatin. *Rev. J. Appl. Environ. Biol. Sci. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*.

BARRERA, SILVIA E. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7: 123-132 pp.

BOLÒS, O.; VIGO, J. (1984-2001). *Flora dels Països Catalans*. Barcelona, Barcino.

CANO, A.; HONRUBIA, M.; MOLINA-NIÑIROLA, C. (1991). Mycorrhizae in semiarid ecosystems: synthesis of mycorrhizae between *Terfezia claveryi*, *Picoa juniperi* and *Helianthemum almeriense* (Cistaceae). *Third European Symposium on Mycorrhizas*. Sheffiled, UK.

EL PERIÓDICO DE ARAGÓN (2014). La trufa del desierto: una gran desconocida en España que busca su mercado. *El Periódico de Aragón*. 8 de agosto de 2014. Visto el 20 de diciembre del 2017. http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/economia/trufa-desierto-gran-desconocida-espana-busca-mercado_962643.html

ESCOBIO GARCÍA, V. J.; BECERRA ROMERO, D.; RODRIGUEZ CABRERA, C. C.; JORGE GODOY, S. (2016). Revisión y actualización de la biota fúngida de la isla de Fuerteventura. *XXI Coloquio de Historia Canario-Americana*, XXI-062. <http://coloquioscanariasmerica.casadecolon.com/index.php/aea/article/view/9544>

EUGENIA, S. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Artículo de revisión. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Univ. Industrial de Santander, Ciudad Universitaria, Bucaramanga, Colombia. 10 pp.

FARZANEH, P.; KHANAHAMADI, M.; REZA EHSANI, M.; SHARIFAN, A. (2018). Propiedades bioactivas de las proteínas *Agaricus bisporus* y *Terfezia claveryi* hidrolizadas por proteasas gastrointestinales. *Rev. LWT Food Science and Technology*, 91: 322-329 pp.

FEENEY, J. (2002). *Desert truffles Galore*. *Aramco world*. Arab and Islamic cultures and connections, 53: 5.

GALLEGO, E.; SANCHEZ, J. (2018). Principales grupos fúngicos. Universidad de Almería. Área de botánica. Web. MYCO-UAL. Visto el 25 de Enero del 2018. <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/grupos.htm>

Gvsig 2.4 (2018). Visto el 25 de Enero 2017 <http://www.gvsig.com>

INFOJARDIN. (2002). Visto el 15 de julio del 2018. <http://www.infojardin.com/jardineria/arbustos/index-128.html>

LEBOUKH, S.; HICHAM GOUZI, H.; CORADIN, T.; YAHIA, H. (2018). Un biosensor óptico de catecol basado en un extracto de tirosinasa de trufa en el desierto inmovilizado en una matriz en capas de sílice sol-gel. *Rev. De Sol-Gel Ciencia y Tecnología*, 86: N 3: 675-681.

MARTÍ, E. (2015). *Flores silvestres del Mediterráneo*. Cuaderno de campo. Visto el 4 de abril de 2018. <https://floressilvestresdelmediterraneo.blogspot.com>

MATEO, G.; CRESPO, M.B. (2009). *Manual para la determinación de la flora valenciana*. 4ª edición. Valencia, Librería Compás.

MATEO SANZ, G. (2017). *Nuevos taxones ibéricos del género Helianthemum Mill*, III. *Flora Montiberica* 69: 58-66 pp.

MATEO SANZ, G.; BENITO CRESPO VILLALBA, M.; LAGUNA LUMBRERAS, E. (2011). *Flora Valentina*, volumen I. Fundación de la Comunidad Valenciana para el Medio Ambiente, Valencia. 544 pp.

M.D. MIARA, H.; BENDIF, M. A.; HAMMOU, I.; TEIXIDOR-TONEU (2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by nomadic peoples in the Algerian steppe. *Rev. J. Ethnopharmacol*, 219: 248-256 pp.

MORENO-ARROYO, B.; GÓMEZ, J.; PULIDO, E. (2005). *Tesoros de nuestros montes*. Trufa de Andalucía. Consejería del Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 352 pp. Córdoba.

MORTE, A; LOVISOLO, C.; SCHUBERT, A. (2000). *Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal associations Helianthemum almeriense-Terfezia clavaryi*. *Mycorrhiza* 10: 115-119 pp.

MORTE, A.; NAVARRO-RÓDENAS, A.; NICOLÁS, E. (2010). *Physiological parameters of desert truffle mycorrhizal Helianthemun almeriense plants cultivated in orchards under water deficit conditions*. *Symbiosis*, 52(2):133-139 pp.

MORTE, A. (2011). *Experiencias en el cultivo de las criadillas o turmas (Terfezia sp.)*. Simposio Internacional de Gestión Forestal de Recurso Micológico, Instituto Europeo de Micología, Valladolid, España.

MORTE, A.; KAGAN-ZUR V., ROTH-BEJERANO N., SITRIT Y. (2014). *Desert Truffles*. Phylogeny, Physiology, Distribution and Domestication. Springer Heidelberg, New York. 359 pp

MORTE, A.; GUTIÉRREZ, A.; NAVARRO RÓDENAS, A. (2016). Las Trufas del Desierto o Turmas. *Rev. Eubacteria. Mario Honrubia, trayectoria de un biólogo*.36: 44-48 pp.

NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M. (2005). *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra. Visto el 20 de Diciembre del 2017.

R.D. 30/2009, de 16 de enero, por el que se establecen las condiciones sanitarias para la comercialización de setas para uso alimentario. BOE, Nº20. 11 pp

REYNA DOMENECH, S. (2012). *Truficultura*. Fundamentos y técnicas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. México. 720 pp.

RUSCITTI, M. F.; ARANGO, M. C.; RONCO, M. G.; PELUSO, O.; BELTRANO, J. (2007). *Efecto del estrés hídrico simulado y la inoculación con esporas de glomus mosseae sobre el crecimiento y la partición de biomasa en avena*. Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Vol. 25, núm. 2, abril-junio, 2007, 135-143 pp.

SÁNCHEZ, P.; GÓMEZ.; TORRENTE, P.; JIMÉNEZ, J.F.; CÁNOVAS, J.L.; GUTIÉRREZ, A. (2015). *Cistáceas del Sureste Ibérico con interés por su potencial micorrícico con diversos hongos hipogeos*. Anales de Biología 37: 69-81 pp.

SLAMA, A.; FORTAS, Z.; BOUDABOUS, A; NEFFATI, M. (2010). *Cultivation of an edible desert truffle (Terfezia boudieri Chatin)*. African Journal of Microbiology Research, 4(22): 2350-2356 pp.

TRUFAMANIA, (2008). Visto el 10 de Octubre del 2017.
<http://www.trufamania.com./inicio-trufas.htm>

Turís,(2017). Visto el 26 de Enero 2017.
<http://www.turis.es/>

YEVES, E.; JAVALOYES, P. (2018). *El Estado del Planeta*. Los grandes desafíos. Tomo I. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 117 pp.

VALLEJO J.M.; ET AL (1994). *Métodos oficiales de análisis*. Tomo III, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 662 pp.

9. ANEXOS:

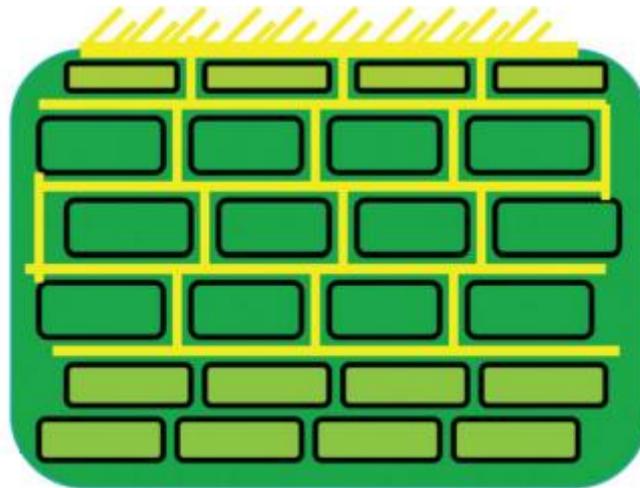
Anexo 1. Glosario.

Los hongos **ascomicetos** son aquellos que se reproducen sexualmente mediante esporas (ascosporas) contenidas en unas estructuras en forma de sacos llamadas "ascas".

Una **micorriza** es el conjunto de hifas (filamentos celulares característicos de los hongos) de un hongo (micelio) que se asocia por simbiosis a las raíces de una planta. La planta proporciona al hongo hidratos de carbono (que él no puede fabricar al carecer de clorofila) y el hongo transmite a la planta nutrientes minerales del suelo y agua. La palabra micorriza procede de las palabras griegas mycos (hongo) y rhizos (raíz) (Eugenia, 2009).

Tipos de micorrizas: propuestos por Harley y Smith (1983) (López, 2017).

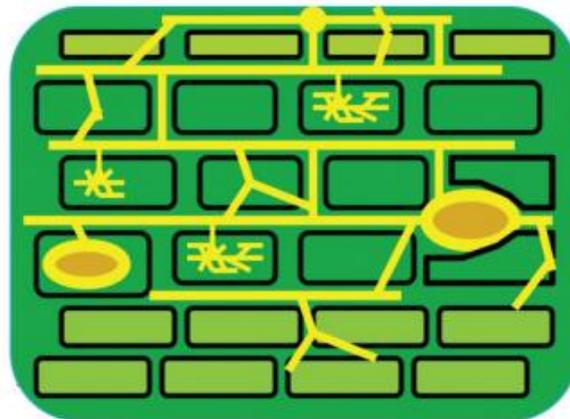
Ectomicorriza. Los hongos que las forman, Basidiomicetes y Ascomicetes. Se trata de una interacción en la que las hifas de un hongo penetran las raíces secundarias de la planta para desarrollarse, rodeando las células de la corteza radical, y forman una trama intercelular denominada red de Hartig. Se producen principalmente sobre especies forestales y leñosas.



Endomicorrizas: Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical. En este caso no se forman la red de Hartig ni el manto, y se caracteriza porque las hifas penetran la raíz. Dentro de este grupo existen tres tipos característicos:

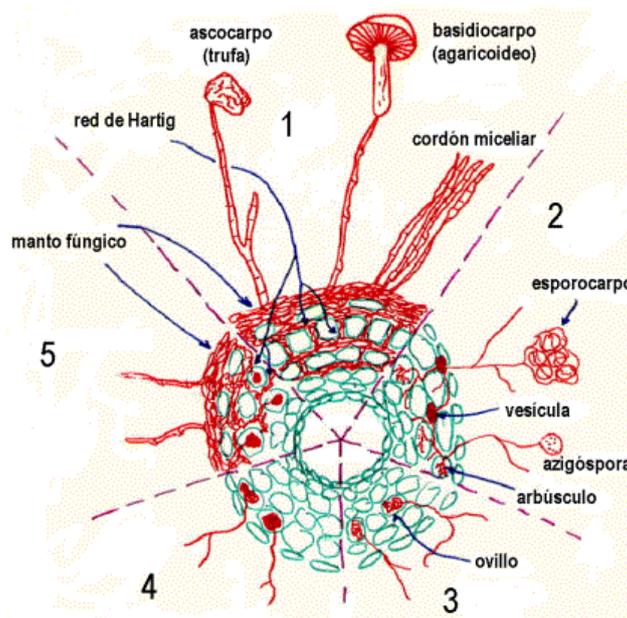
- **Orquideomicorrizas** (asociadas a Orquidáceas). El hongo suele formar ovillos en las células de la raíz.
- **Ericomicorrizas** (ligadas a la Familia Ericáceas y con muchas similitudes estructurales con las ectomicorrizas).
- **Micorrizas arbusculares:** Caracterizadas por formar arbusculos intracelulares. Es una asociación obligada para los hongos que la forman, pero no para las plantas., se introducen

en las células y pueden formar dos tipos de estructuras. la cual se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa, y tiene la función de transferir nutrientes desde y hacia la planta. La segunda estructura es llamada vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo del hongo. Es de forma ovalada a esférica; puede formarse entre o dentro de las células radicales, y funciona como almacén de nutrientes y sin duda las de mayor difusión e importancia económica y ecológica.



Ectomicorrizas: Los hongos que las producen colonizan de forma dual las raíces: Presentan manto, red de Hartig y penetración intracelular similar a las ericoideas.

Tipo de estructuras (WIKIPEDIA, 2001)



Ericoide. El hongo forma en las células de la raíz estructuras sin organización aparente, como masas compactas.

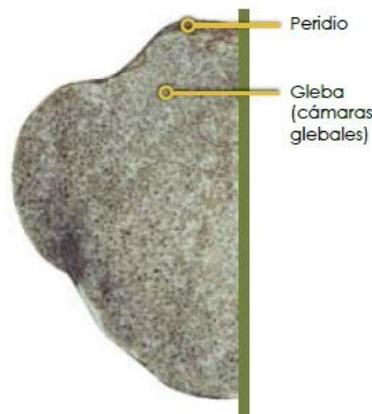
La **Red de Hartig** es una red de hifas de hongos micorrizos que se extiende dentro de las raíces de las plantas, penetrando entre las células epidérmicas y corticales. Esta red es un sitio de intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta.

Los **alimentos nutraceuticos** son aquellos que están reforzados con productos medicinales para proporcionar mayores beneficios para la salud.

El **manto**; es el conjunto de hifas que rodean los ápices de las raíces de la planta al inicio de la colonización.

Peridio. Es la capa externa de los cuerpos reproductivos de los hongos. Puede tener diferentes texturas, grosores y color.

Gleba. Es la parte interior del peridio, surcada por una serie de finas venas blancas cremosas. En la gleba se encuentran las esporas.



Carpóforo. El soporte de las fructificaciones resultantes de la aglomeración de los conidios.

Conidio. Es una espora asexual inmóvil de una hifa o célula conidiógena o esporógena.

Piriforme. Estructura en forma de pera.

Ciclo biológico de maduración de la trufa (Moreno et al., 2005)

