

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

“Evaluación del estado de micorrización y del potencial micorrícico en el arbolado urbano de Zaragoza”

“Evaluation of mycorrhizal status and mycorrhizal potential in urban trees in Zaragoza”

Autor

SANDRA CALLE BERGES

Directores

Juan J. Barriuso Vargas

María Videgain Marco

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2022

RESUMEN

Este trabajo se encuentra dentro de la Cátedra de parques Urbanos de la Ciudad de Zaragoza debido al interés del Ayuntamiento por estudiar el arbolado urbano de la ciudad y el potencial micorrícico del mismo.

Con el objetivo de la evaluación micorrícica del arbolado, se han seleccionado dos zonas (alcorque y parque) y tres especies para estas zonas (*Koelreuteria paniculata* Laxm., *Celtis australis* L. y *Melia azedarach* L.). Se han realizado una serie de determinaciones: análisis fisicoquímicos del suelo, estimación directa del porcentaje de micorrización en las raíces de las especies leñosas y de la flora arvense próxima, cuantificación del número de esporas en el suelo y estimación del potencial micorrícico del suelo.

Los análisis de las raíces de las especies no mostraron colonización ninguna. Sin embargo, las especies herbáceas de los alcorques sí que estaban micorrizadas. Por ello, se analizó el suelo donde se obtuvo un potencial micorrícico elevado y un número de esporas existentes alto en comparación con otros estudios. Además, se observó una predominancia en la micorrización de los suelos del parque con respecto a los alcorques, aunque se consideró que era necesario un análisis con un mayor número de muestras. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, había una relación significativa entre la textura (arena, limo y arcilla), pH y magnesio con el número de esporas cuantificadas.

ABSTRACT

This work is part of the Chair of Urban Parks of the City of Zaragoza due to the interest of the City Council to study the urban trees of the city and their mycorrhizal potential.

In order to evaluate the trees mycorrhizal status, two areas have been selected (tree well and park) and three species within these areas (*Koelreuteria paniculata* Laxm., *Celtis australis* L. and *Melia azedarach* L.). A serie of determinations were carried out: physicochemical analyses of the soil, direct estimation of the percentage of mycorrhization in the roots of the woody species and nearby flora, quantification of the number of spores in the soil and estimation of the mycorrhizal potential of the soil.

Analyses of the roots of the species showed no colonization. However, the herbaceous species located in the tree wells were highly mycorrhized. Therefore, the soil was studied where a high mycorrhizal potential and a high number of existing spores were obtained in comparison with other studies. In addition, a predominance of mycorrhizal mycorrhization was observed in the soil of the park with respect to the tree wells, although it was considered that an analysis with a larger number of samples was necessary. Regarding physicochemical parameters, there was a significant relationship between texture (sand, silt and clay), pH and magnesium and the number of the quantified spores.

PALABRAS CLAVE

Micorrizas, alcorque, parque, suelo, árbol, *Koelreuteria paniculata*, *Celtis australis*, *Melia azedarach*, raíces.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL SUELO.....	1
1.1.1 LAS PROPIEDADES DEL SUELO	2
1.1.2. CALIDAD DEL SUELO Y SUS FUNCIONES	4
1.1.3 PRINCIPALES AMENAZAS SOBRE LAS FUNCIONES DEL SUELO	7
1.2 SUELOS URBANOS	7
1.2.1 BENEFICIOS DE LA VEGETACIÓN EN ÁREAS URBANAS	8
1.2.2 CONDICIONANTES DE LA VEGETACIÓN EN ESPACIOS URBANOS.....	9
1.3 ARBOLADO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA.....	9
1.4 LA SIMBIOSIS MICORRÍCICA	12
1.4.1 LAS MICORRIZAS	12
2. OBJETIVOS	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	17
3.2 NÚMERO DE ESPECIES.....	17
3.3 TOMA DE MUESTRAS	18
3.4 ÁREA DE ESTUDIO Y ESPECIES ESCOGIDAS	22
3.4.1 <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm., 1772	32
3.4.2 <i>Celtis australis</i> L	33
3.4.3 <i>Melia azedarach</i> L.....	34
3.5. PARÁMETROS MICORRÍCICOS.....	35
3.5.1 ESTIMACION DIRECTA DEL PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN DE LAS RAÍCES DE LAS PLANTAS.....	35
3.5.2 CUANTIFICACION DEL NÚMERO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍCICOS EN EL SUELO	38
3.5.3 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL MICORRÍCICO EN EL SUELO	40
3.5.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO	44
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 CUANTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍCICOS EN LAS RAÍCES DE LAS PLANTAS	46
4.2 EXTRACCIÓN DE ESPORAS DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS.....	49
4.3 TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE	52
4.4 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL SUELO	56

5. CONCLUSIONES.....	62
6. BIBLIOGRAFÍA	63
7. ANEXOS.....	67
ANEXO I. ESPECIES Y VARIEDADES PARA EL ARBOLADO URBANO DE ZARAGOZA	67
ANEXO II. CONDICIONES DE TAMAÑO, DESARROLLO, FORMA DE CULTIVO Y TRASPLANTE ESPECIFICADAS QUE TIENEN QUE CONSIDERAR LOS VIVEROS PARA EL ARBOLADO URBANO DE ZARAGOZA.....	71
ANEXO III. LISTADO DE LAS ESPECIES DE ARBOLADO DE ZARAGOZA CLASIFICADAS EN ADECUADAS, ACEPTABLES E INADECUADAS O PROHIBIDAS.....	74
ANEXO IV. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS MUESTREADOS.....	76
ANEXO V. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA AL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición del suelo.....	1
Figura 2. Triángulo textural del suelo, USDA.....	2
Figura 3. Factores que intervienen en la calidad del suelo y su interacción.....	4
Figura 4. Tipos de micorrizas según la estructura desarrollada.....	13
Figura 5. Posición de los puntos de muestreo respecto al árbol y su proyección. Los círculos pequeños representan el muestreo de raíces (barrena cilíndrica) y los grandes el muestreo de suelo (barrena helicoidal)	18
Figura 6. Toma de muestras para la determinación del estado de micorrización en raíces. 1. Muestreo con barrena de caña cilíndrica en alcorque; 2. Árbol muestreado; 3. Barrena de caña cilíndrica con muestra; 4. Suelo y raíces; 5. Raíces conservadas en etanol.	19
Figura 7. Barrena y muestras de suelo obtenidas para realizar el análisis fisicoquímico, calcular el número de esporas de HMA y determinar el potencial micorrícico de la zona	20
Figura 8. Alcorque con flora arvense.....	21
Figura 9. Mapa de Zaragoza donde se observa la zona muestreada del parque José Antonio Labordeta y la zona muestreada de alcorque en la Zona Universitaria y proximidades	23
Figura 10. Calle de Violante de Hungría donde se recogieron muestras de tres alcorques de la especie <i>Celtis australis</i>	24
Figura 11. Paseo Isabel la Católica donde se muestreo un alcorque de la especie <i>Celtis australis</i>	25
Figura 12. Plaza San Francisco en el que se recogieron muestras de tres alcorques de <i>Koelreuteria paniculata</i> y un alcorque de <i>Melia azedarach</i>	26
Figura 13. Calle Tomás Bretón en el que se recogió una muestra de alcorque de <i>Koelreuteria paniculata</i>	27
Figura 14. Campus Plaza San Francisco próximo al Pabellón Polideportivo Universitario SAD donde se recogió una muestra de alcorque donde había una especie de <i>Melia azedarach</i>	28
Figura 15. Calle de Corona de Aragón donde se muestrearon dos alcorques que se ubicaba la especie <i>Melia azedarach</i>	29
Figura 16. Parque Grande José Antonio Labordeta próximo al Paseo Mariano Renovales en el cual se muestrearon cuatro especies de <i>Celtis australis</i> (color morado) y dos especies de <i>Koelreuteria paniculata</i>	30
Figura 17. Parque Grande José Antonio Labordeta próximo al monumento de Paco Martínez Soria en donde se muestrearon cuatro especies de <i>Melia azedarach</i> y dos especies de <i>Koelreuteria paniculata</i>	31
Figura 18. Flores y frutos de <i>K. paniculata</i>	32

Figura 19. <i>K. paniculata</i>	32
Figura 20. Flores y frutos de <i>C. australis</i>	33
Figura 21. <i>C. australis</i>	33
Figura 22. Flores y frutos de <i>M. azedarach</i>	34
Figura 23. <i>M. azedarach</i>	34
Figura 24. Tinción de las raíces para la cuantificación de los hongos MA	37
Figura 25. Instrumental utilizado para la extracción de esporas.	39
Figura 26. Mezcla de gravilla y vermiculita en relación 1:2,5.	40
Figura 27. Proceso de preparación del sorgo.....	41
Figura 28. Preparación del bioensayo NMP	42
Figura 29. Crecimiento del sorgo en las diferentes diluciones de sustrato	43
Figura 30. Promedio del porcentaje de colonización de la flora arvense de los alcorques y comparación con la especie leñosa ubicada en el alcorque	47
Figura 31. Espora germinando en el interior de una raíz.....	48
Figura 32. Raíz teñida por azul de Trypan donde se aprecian esporas deshidratadas o muertas.....	49
Figura 33. Esporas localizadas en el suelo de las muestras cogidas de los arboles.....	49
Figura 34. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % del número de esporas en función de la zona.....	50
Figura 35. Número de propágulos en 100 cm ³ de suelo seco en tres alcorques y tres zonas del parque.	53
Figura 36. Promedio de propágulos en 100 cm ³ de suelo seco de las tres alcorques y tres zonas de parque.....	53
Figura 37. Arbúsculos y a la derecha una espora germinando.	54
Figura 38. Raíces de sorgo en el análisis del NMP donde las hifas han colonizado	55
Figura 39. Germinación de una hifa en el interior de la raíz.....	55
Figura 40. Esporas germinando en el interior de una raíz.	56
Figura 41. Distribución de la textura del suelo de los alcorques estudiados, diferenciada por especies <i>Melia azedarach</i> L, <i>Celtis australis</i> L, <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	57
Figura 42. Distribución de la textura del suelo del parque diferenciada por especies <i>Melia azedarach</i> , <i>Celtis australis</i> , <i>Koelreuteria paniculata</i>	57
Figura 43. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % de la materia orgánica oxidable en función de la zona.....	59
Figura 44. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % del magnesio en función de la zona.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de medición de la actividad biológica del suelo.....	6
Tabla 2. Identificación de los árboles con su código y su localización	17
Tabla 3. Diluciones del sustrato para determinar el número más probable (NMP)	40
Tabla 4. Determinaciones realizadas y su método de análisis	44
Tabla 5. Promedio del porcentaje de colonización, arbusculos, vesículas y esporas en las raíces de los árboles clasificado por especie en cada zona.....	46
Tabla 6. Porcentaje de colonización, arbusculos, vesículas y esporas de la flora arvense observada tres alcorques de Melia y dos alcorques de Celtis	47
Tabla 7. Efecto de los factores zona, especie y orientación sobre el nº de esporas de HMA	50
Tabla 8. Determinación de la micorrización de las plantas de sorgo (10^{-0} a 10^{-4}). + micorrizada, - no micorrizada, en blanco no analizada en función del grado de dilución.	52
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos (media, mediana desviación estándar, mínimo y máximo).....	58
Tabla 10. Análisis de correlación entre el nº de esporas de HMA y los parámetros fisicoquímicos del suelo.....	58
Tabla A.1. Especies y variedades de los viveros para el arbolado urbano de Zaragoza	67
Tabla A.2. Listado de las especies para el arbolado urbano de la ciudad de Zaragoza.	74
Tabla A.3. Estadísticos descriptivos de hongos formadores de micorrizas.....	100
Tabla A.4. Estadísticos descriptivos de técnica del Número Más Probable.....	101
Tabla A.5. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímico del suelo.....	101
Tabla A.6. Prueba de U de Mann-Whitney para los parámetros fisicoquímicos en función de la zona.....	104

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL SUELO

Según la *Sociedad de la Ciencia del Suelo de América (SSSA)* (www.soils.org), el suelo es la capa superficial mineral y/u orgánica de la tierra que ha experimentado algún grado de meteorización física, biológica y química.

Coloquialmente, se considera como un recurso natural básico que constituye el soporte donde el ser humano construye estableciendo ciudades o, en el caso del medio natural, donde crecen las plantas o cohabitan los animales (Acosta, 2007). Se trata de un sistema vivo, resultado de la interacción entre sus partes físicas, químicas y biológicas (Sánchez et al., 2012).

Como se aprecia en la figura 1, se compone de tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida (50%) está dividida en una parte inorgánica (45%), formada por fragmentos de rocas y minerales producto de la meteorización y una parte orgánica (5%), compuesta por materia procedente de los restos de seres vivos. La fase líquida (25%) se compone del agua que lleva en disolución sales minerales y coloides de arcillas. La fase gaseosa (25%) consiste en el aire que ocupa los poros, su composición es similar a la del aire atmosférico, pero con menos cantidad de O₂ (20%) y más de CO₂ (0,5-1%) (Andrades y Martínez, 2014).



Figura 1. Composición del suelo.

Como se considera un sistema vivo, se puede cuantificar la respiración del mismo. Para medirla se suman las tasas respiratorias de los microorganismos que viven en él consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono. Esos microorganismos son indispensables para que crezcan las plantas, ya que ayudan a la germinación de las semillas y el crecimiento de las raíces. El metabolismo del suelo se representa por la transformación de la materia orgánica en elementos simples y compuestos capaces de ser utilizados por las plantas y microorganismos para fertilizarse. Así pues, el crecimiento de las plantas depende de la fertilidad de la superficie que las sustenta (Sánchez et al., 2012).

Además, los componentes vivos del suelo realizan funciones específicas a través de la interacción dentro del sistema con los demás organismos y con las plantas. Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de microorganismos que lo compongan, mayor será la interacción con los organismos superiores. En terrenos donde no existen microorganismos: la fertilidad se reduce, no hay intercambio gaseoso y la cantidad de nutrientes es mínima, por tanto, las plantas no pueden crecer con normalidad. Para solucionarlo es necesaria la adición de enmiendas y de fertilizantes en grandes cantidades (Acosta, 2007).

1.1.1 LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Los componentes del suelo y sus proporciones generan propiedades en el mismo que le dan identidad. Existen muchos tipos de suelo y el modo de clasificarlos se ha basado principalmente en las características y propiedades de los mismos. Estas propiedades se pueden dividir en físicas, químicas y biológicas (Acosta, 2007).

Las propiedades físicas son la textura y la estructura. La primera representa el porcentaje que se encuentran de los elementos que contiene el suelo (arena, limo y arcilla). La segunda es la forma en la que están organizadas estas partículas en agregados (Rucks et al., 2004). Las diferentes combinaciones de los materiales dan origen a una gran cantidad de texturas y estructuras del suelo (Figura 2).

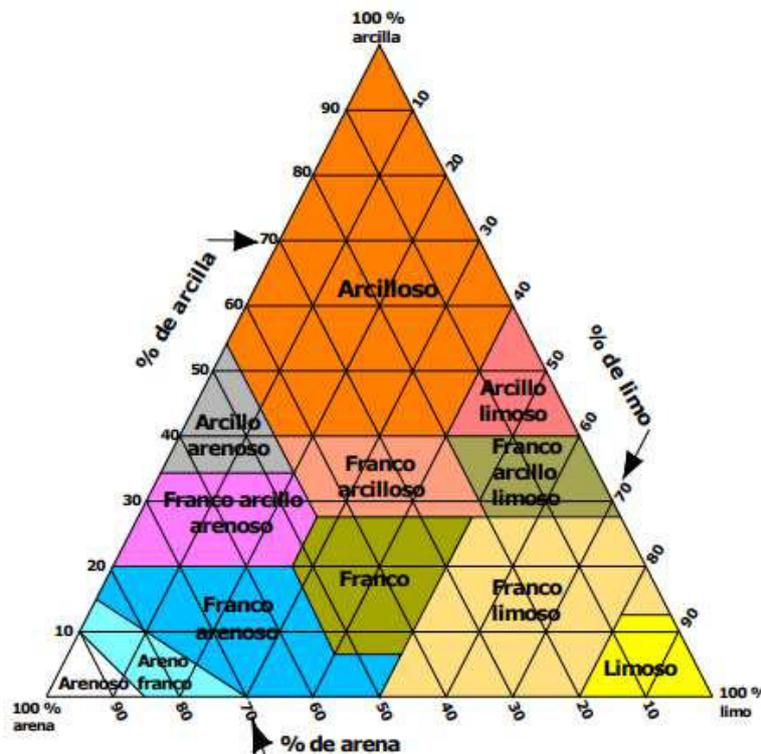


Figura 2. Triángulo textural del suelo, USDA.

El suelo de textura ideal se conoce como franco y contiene: 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla. Se considera ideal ya que pueden crecer la mayoría de las plantas en condiciones óptimas.

Las propiedades químicas, son las responsables de la nutrición y el crecimiento de las plantas, estas son: la materia orgánica (N y C total), el potencial de hidrógeno (pH), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y los elementos N, P, K extractables. La materia orgánica define la fertilidad que contiene el suelo, además de la estabilidad y la erosión del mismo. El potencial de hidrógeno es la cantidad de cationes H⁺ libres en la solución del suelo. Este criterio se utiliza para saber si un suelo es ácido (pH < 7,0) o alcalino (pH > 7,0). El valor óptimo de pH para el crecimiento de las plantas se sitúa entre 6,0 y 7,5. Este parámetro es importante en la fertilidad del suelo ya que, los nutrientes que puede absorber una planta dependen de la cantidad de iones hidrógeno que hay en el agua (Acosta, 2007). La CIC es la capacidad que tiene el suelo para mantener una carga eléctrica. Define la actividad vegetal y microbiana, por lo que cuanto mayor sea, más actividad hay en el suelo. Por último, los elementos N, P, K extractables son nutrientes disponibles para la planta, se utilizan como indicadores de la calidad ambiental y la productividad depende de estos (Fray, 2010).

Las propiedades biológicas se refieren al gran número de actividades que desarrollan los organismos vivos del suelo para impactar en el potencial productivo del mismo. El suelo es un espacio donde habitan una gran cantidad de organismos macro y microscópicos (tanto plantas como animales). La población del suelo comprende: bacterias, hongos, actinomicetos, protozoos, algas e invertebrados pequeños (Fray, 2010). El grupo más importante son las **bacterias** ya que puede haber hasta 95 millones de individuos por gramo de suelo. Descomponen los sustratos de fácil uso, tales como raíces y residuos frescos de plantas. Los residuos que producen se convierten en materia orgánica. Otro grupo son los **hongos**, cuya función principal es descomponer la materia orgánica más resistente. Muchos de los productos de desechos secundarios son ácidos orgánicos, es por ello, que la materia orgánica que generan es rica en ácidos húmicos. Los **actinomicetos** son organismos procariotas reagrupados en el grupo taxonómico de las bacterias que desempeñan un papel esencial en la microbiota de todos los ambientes. Su abundancia depende del pH del suelo ya que difícilmente pueden vivir fuera del rango de pH entre 6,0 y 8,0. Este grupo es el de mayor importancia tiene en la fertilidad del suelo porque son capaces de descomponer la materia orgánica más rápidamente liberando cantidades significativas de nutrientes para las plantas. Las **algas** son plantas microscópicas que producen clorofila, se encuentran en la superficie del suelo y su presencia depende de la cantidad de agua del mismo. La función principal es parecida a la de los hongos, aunque tienen un efecto importante en la degradación de minerales. Los **protozoos** son organismos unicelulares considerados las formas más simples del reino animal. Son los mayores productores de nitrógeno disponible para las plantas, el nitrógeno liberado se encuentra en forma de amonio, que es fácilmente disponible para las raíces de las plantas y otros organismos. Y, por último, **los nemátodos**, son invertebrados microscópicos que, según sus necesidades alimenticias, pueden clasificarse en: los que se alimentan de materia orgánica en descomposición, los que se alimentan de lombrices, otros nemátodos, parásitos de plantas, bacterias, protozoos y aquellos que son parásitos de las plantas superiores. Cuando se alimentan de estos últimos, el nitrógeno es liberado como amonio, siendo disponible para plantas y otros

organismos. Por ello, aunque algunos son perjudiciales para el crecimiento de las plantas, pueden tener efectos beneficiosos para el potencial productivos del suelo, ya que ayudan a la degradación de la materia orgánica y a la aireación (Acosta, 2007; Fray, 2010).

1.1.2 CALIDAD DEL SUELO Y SUS FUNCIONES

La calidad del suelo se puede definir de diversas formas ya que se trata de un recurso muy heterogéneo, con múltiples funciones y variables que le afectan (Cruz et al., 2004). Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan en su multifuncionalidad y no solo en un uso específico. Estas definiciones fueron sintetizadas por la SSSA que define su calidad como “la capacidad que tiene un suelo específico para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas naturales o manejados (sostenibilidad), para sostener la productividad de plantas y animales (productividad), mantener o mejorar la calidad del agua y aire y apoyar la salud humana y el hábitat”.

Un cierto nivel de calidad del suelo determina la sustentabilidad agrícola, la calidad ambiental y en consecuencia la salud vegetal, animal y humana. Dentro de la Unión Europea, se está trabajando en una legislación para la protección y manejo del suelo de buena calidad. Por lo tanto, se necesitan indicadores para monitorear el estado de los suelos. Estos, se pueden agrupar y desarrollar en estándares. El interés se fundamenta en medidas que se puedan determinar rápidamente y a bajo coste (Baar, 2010).

La selección de varios indicadores y la evaluación de la calidad de forma regular en el tiempo puede resultar útil para controlar si las medidas adoptadas en un momento determinado han paliado o no una determinada degradación, y para estudiar la tendencia a mejora o degradación de un suelo a lo largo del tiempo.



Figura 3. Factores que intervienen en la calidad del suelo y su interacción (Barea, 2009).

La calidad del suelo desempeña funciones fundamentales para la vida, como son: (i) sostener el crecimiento y diversidad de plantas y animales, aportando el medio físico, químico y biológico para los intercambios de agua, aire, nutrientes y energía; (ii) regular la distribución del agua entre la infiltración y escorrentía y regular el flujo de agua y solutos, incluyendo nitrógeno, fósforo, pesticidas y otros nutrientes y compuestos disueltos; (iii) almacenar y moderar la liberación de los nutrientes de las plantas; (iv) actuar como filtro para proteger la calidad del aire, agua y otros recursos; (v) el apoyo de estructuras y alberga riquezas arqueológicas asociadas a la vivienda humana; (vi) filtra, amortigua, degrada, inmoviliza y detoxifica sustancias orgánicas e inorgánicas (Ballesta y Quiñones, 2006). En la figura 3, se pueden observar los macrocomponentes fundamentales que afectan a la calidad del suelo.

1.1.2.1 CALIDAD DERIVADA DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO

Tradicionalmente, la evaluación de la calidad del suelo se ha basado en estudios de factores fisicoquímicos, sin tener en cuenta aquellos aspectos biológicos que son fundamentales para el mismo. Actualmente, están cobrando importancia estos parámetros biológicos que aportan valores de referencia para evaluar la calidad (Cluzeau et al., 2012).

Los criterios para la selección de indicadores de calidad son diferentes en función de los diversos usos del suelo y dinámicas en el tiempo. Teniendo en cuenta esto, la calidad debe ser evaluada en sus funciones específicas, entendiendo cada función como el resultado de la interacción de las diversas propiedades del suelo. De modo que, un buen indicador será aquel que, utilizado de manera rutinaria (sencillo y económico), tenga sensibilidad a los cambios y una amplia validez (Segueda et al., 2011).

La búsqueda, el uso y la aplicación de los indicadores de la calidad de suelo se han intensificado en las últimas décadas, debido a la necesidad de preservar este recurso no renovable e indispensable para la vida humana. La selección de los indicadores se ha dirigido a conocer el efecto de los usos y la regeneración de los suelos degradados. Los indicadores biológicos (organismo o parte de una comunidad de organismos utilizados para obtener información sobre la calidad del medio ambiente) están en auge debido a su gran sensibilidad ante perturbaciones en el medio y por su carácter integrador (Garbisu et al., 2007; Socarrás, 2013).

1.1.2.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO

La actividad biológica del suelo está regulada por factores abióticos y bióticos. Un aspecto importante para medir la actividad biológica del suelo es que no es constante ni homogénea, sino que sigue patrones estacionales y diarios. Existen numerosos métodos para analizarla que difieren en cuanto a su exactitud, la dificultad y la idoneidad para el uso. Algunos de estos métodos se describen en la tabla 1 (Sansón, 2017).

Tabla 1. Métodos de medición de la actividad biológica del suelo (Sansón, 2017).

MÉTODOS	TIPOS
MICROBIOLÓGICOS	<u>Potencial micorrícico del suelo:</u> estima la población de hongos micorrícicos presentes en el suelo. De todos los tipos de micorrizas que existen en la naturaleza, las endomicorrizas arbusculares se presentan en el 90% de la comunidad vegetal del planeta.
	<u>Biomasa microbiana edáfica:</u> Contenido de materia orgánica que los microorganismos han incorporado en sus tejidos. Existen diferentes metodologías para cuantificar este parámetro (determinación del C y N de dicha biomasa y la respiración inducida por sustrato).
	<u>Respiración del suelo:</u> Captación de O ₂ al mismo tiempo que se libera CO ₂ total por unidad de suelo. Entre los compuestos carbonados, derivados de la descomposición microbiana de la materia orgánica, están los compuestos sencillos, los almacenados en las estructuras microbianas y el CO ₂ que es liberado. Metodologías empleadas para cuantificar este parámetro pueden ser la respiración basal (BAS), respiración inducida por sustrato o la absorción estática de CO ₂ en álcali.
	<u>Mineralización del N del suelo:</u> transformación bioquímica del N orgánico en N mineral. A través de la amonización y la nitrificación, las bacterias fijadoras de N ponen a disposición de las plantas el N en forma asimilable.
	<u>Actividad enzimática del suelo:</u> las enzimas son proteínas que catabolizan numerosos procesos bioquímicos. Las enzimas edáficas empleadas con más frecuencia como indicadores de actividad biológica son la fosfatasa, deshidrogenasa, ureasa, beta-glucosidasa o arilsulfatasa.
ENTOMOLÓGICOS	<u>Estructura de la comunidad edáfica:</u> los atributos más empleados para caracterizarla son la biomasa, densidad/abundancia y diversidad de organismos.
	<u>Abundancia de la fauna edáfica:</u> número de individuos de una población, especie o grupo presentes en el suelo en un espacio y tiempo concreto.

De la materia orgánica “viva del suelo”, los microorganismos resultan ser los indicadores de la salud del suelo más fiables gracias a que responden rápidamente a cualquier cambio producido en el medio, tienen un papel importante en la fertilidad, en la conservación y en el mantenimiento del suelo y una gran influencia en la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas. La sensibilidad de las comunidades microbianas ante perturbaciones se explica con la alta relación superficie-volumen en comparación con la de otros organismos de la cadena trófica (Jaizme-Vega, 2010).

1.1.3 PRINCIPALES AMENAZAS SOBRE LAS FUNCIONES DEL SUELO

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra. Sin embargo, las presiones producidas sobre estos recursos están alcanzando sus límites críticos. Una mayor pérdida de la productividad en los suelos, incrementará la volatilidad en los precios de los alimentos, causando hambrunas en millones de personas. Esta pérdida es inevitable, pero una gestión más cuidadosa del suelo puede incrementar el abastecimiento de los alimentos, manteniendo los ecosistemas (FAO, 2015).

Las principales amenazas son: (i) el desequilibrio de nutrientes, (ii) la acidificación, (iii) la pérdida de biodiversidad, (iv) la compactación, (v) la contaminación, (vi) la erosión, (vii) la pérdida del carbono orgánico, (viii) la salinización, (ix) el sellamiento y (x) el anegamiento (Pennock y McKenzie, 2015).

1.2 SUELOS URBANOS

El crecimiento acelerado de la población urbana durante el último siglo, ha dado lugar a que las ciudades constituyan una importante fuente económica, generando más del 80% del producto interior bruto (PIB) mundial. Al mismo tiempo, las ciudades juegan un papel predominante en el consumo de los recursos naturales, produciendo impactos sobre los tres compartimentos ambientales que son: el aire, el agua y el suelo (Rama et al., 2021). De acuerdo con las revisiones de 2014 de World Urbanization Prospects (United Nations, 2014) se prevé que, en 2050, el 66% de la población mundial viva en las ciudades, en comparación con el 54% registrado en 2014. Por lo tanto, la gestión de áreas urbanas se ha convertido en uno de los desafíos de desarrollo más importantes del siglo XXI (García-García et al., 2020).

Las ciudades comparten una estructura física similar con tres infraestructuras: “gris”, la cual comprende las edificaciones industriales, carreteras, servicios y aparcamientos; “azul”, que engloba los ríos, lagos, estanques y canales hídricos; y la “verde”, que contiene los árboles, arbustos y prados en los parques, bosques, jardines y calles. Para responder a las necesidades de la población relacionadas con las características climáticas, socioculturales y económicas es fundamental optimizar la interacción de estos elementos (Borelli et al., 2017). Cada una de estas tres características tienen una función. Las características socioculturales consisten en la mejora de la calidad de vida de los habitantes, creando ambientes más confortables para la convivencia, el desarrollo de las actividades deportivas y la generación de identidad y comunidad. Las características ambientales describen los beneficios de la vegetación al mitigar los efectos urbanos que interfieren con el medio rural, como el cambio de temperatura, disminuir el ruido, la imagen urbana, etc. Y el aspecto económico, se consigue al mejorar la calidad ambiental, generando un beneficio social en los habitantes, elevando su calidad de vida y revaluando el suelo (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2012). Estas prácticas han cobrado gran importancia en los últimos años, por el reconocimiento del

valor de las plantas y constituyen una nueva manera de enfocar el urbanismo (Castillo Rodríguez y Armando Ferro-Cisneros, 2015).

Pese a la importancia de la vegetación en las ciudades, su uso en los entornos urbanos corresponde únicamente al 2% de la vegetación total del planeta. Los ambientes urbanos son ecosistemas perturbados y fragmentados formados principalmente por edificios y superficies selladas. Estos hábitats variados e irregulares crean un entorno heterogéneo, con especies de plantas exóticas y un número reducido de especies nativas, en comparación con las áreas rurales y forestales. Asimismo, los sustratos suelen estar modificados con respecto a los estados naturales. Los suelos están compactados, con falta de aireación, alto pH, formación de costras superficiales en suelos desnudos, alta concentración de varios contaminantes y mayor variabilidad en el contenido de nutrientes. Todas estas modificaciones fisicoquímicas tienen una fuerte influencia en la biota que habita en estos terrenos. En general, los suelos urbanos en comparación con los rurales, tienen una menor diversidad de especies, de biomasa total y de número de organismos. Es decir, la riqueza de hongos y la abundancia son menores en el núcleo urbano en comparación con el entorno rural (Bainard et al., 2011).

1.2.1 BENEFICIOS DE LA VEGETACIÓN EN ÁREAS URBANAS

El aumento de la urbanización genera múltiples problemas y las plantas son capaces de reducir algunos de estos efectos.

Por un lado, la presencia de plantas contrarresta los efectos de las denominadas “Islas de Calor”, es decir, la pavimentación evita la infiltración del agua al subsuelo y aumenta la temperatura. El calor desprendido por la actividad humana, hace que las ciudades tengan menor humedad ambiental y aumenten la concentración de partículas contaminantes, lo que origina una condensación y sublimación más rápidas, produciendo lluvias torrenciales y granizos. Las plantas son capaces de absorber parte del calor generado en ambientes urbanos. En los casos en los que la superficie no esté sellada, la lluvia se infiltrará en el suelo que sustenta las plantas y éstas la absorberán. De este modo, la vegetación contribuye a mejorar los climas urbanos, combatiendo las inundaciones y disminuyendo la temperatura en los climas cálidos (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2012).

Además, la vegetación es capaz de evitar elevadas fluctuaciones en la temperatura. Es decir, una barrera de árboles o arbustos densos ayudan a que la temperatura y humedad no descienda en un clima frío y/o seco. Por el contrario, en un clima cálido, una perfecta alineación de la vegetación consigue una reducción de temperatura y humedad.

Otro problema habitual de la urbanización es la contaminación del aire. La presencia de árboles ayuda a reducir esta contaminación de tres modos: mediante el aporte de oxígeno resultado de la fotosíntesis, diluyendo el aire contaminado y gracias a su capacidad de absorber y retener contaminantes (Priego González de Canales, 2002).

De manera más directa sobre los habitantes, la vegetación mejora el confort ya que proporciona sombras en los días cálidos y deja pasar el sol en los días fríos (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2012).

1.2.2 CONDICIONANTES DE LA VEGETACIÓN EN ESPACIOS URBANOS

Los problemas más comunes de la vegetación en espacios urbanos son dos: la falta de espacio y las malas prácticas de jardinería.

En cuanto a la falta de espacio, es habitual que durante la planificación urbana no se integre el arbolado en el diseño urbanístico de la construcción de viviendas, viales o infraestructuras de las calles. Además, el abuso en la colocación de pavimentos poco permeables y rígidos, como el asfalto, no permite un adecuado desarrollo radicular e impide la infiltración del agua. También, hay que destacar que, en ocasiones, los huecos en las losas de cemento de las aceras destinadas a cada árbol son estrechos y pueden superarse por los árboles causando su estrangulamiento. Otro aspecto es que las raíces que crecen bajo el asfalto muchas veces lo hacen sobre una suelo inerte y compactado, que no contiene el volumen de aire óptimo para que respiren y tampoco permite la infiltración del agua. Con la ayuda de la implantación de plantas de otras especies en los alcorques y otras zonas de jardín se conseguiría un ahuecamiento del terreno, mejorando la riqueza del suelo, la infiltración del agua y la oxigenación (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2012).

Por otro lado, en cuanto a las malas prácticas de jardinería, se van a mencionar las relacionadas con la poda. Una mala praxis conlleva la deformación y desequilibrio de la parte aérea del árbol, en ocasiones debido a la poda drástica de la copa. Otra consecuencia es el problema en las raíces pudiendo limitar su crecimiento, ya que el alimento, agua, hormonas y otros fotoquímicos se mueven en los canales entre las raíces y los brotes de los árboles, así que una poda de este calibre hace que decaigan las raíces dejando al árbol con menos capacidad para absorber la cantidad de agua necesaria y transportar los nutrientes (Purcell, 2015).

1.3 ARBOLADO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

El Ayuntamiento de Zaragoza, con el objetivo de tomar medidas para proteger el arbolado de la ciudad, incorporó normas con este carácter en el Plan General de Ordenación Urbana y estableció dos ordenanzas municipales que son la Ordenanza de zonas verdes y normas para la redacción de Proyectos de Parques y Jardines en el término Municipal de Zaragoza de 1979 y la Ordenanza Municipal de Uso de Zonas Verdes de 1986. Ambas determinan y normalizan el régimen de los espacios libres y zonas verdes que ha de regir dentro del término municipal. Además, en el año 2013 elaboró la Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano.

El Ayuntamiento también ha realizado un inventario del arbolado existente en la ciudad y un Catálogo de Árboles Monumentales y Singulares. Estas son unas tareas laboriosas

ya que, se encuentran con múltiples incidencias en la vía pública que deben ser actualizadas habitualmente, desde el nacimiento, desarrollo, muerte, daños, enfermedades y plagas en los ejemplares.

Por otro lado, ha establecido un marco normativo de referencia que fija los criterios generales de protección y orienta las futuras actuaciones. A partir de este marco se han desarrollado protecciones específicas, se han establecido diferentes grados de vinculación al suelo urbano y se ha distinguido entre la gestión municipal del arbolado de su propiedad, las obligaciones impuestas a los propietarios particulares y las consecuencias del deber de conservación de las fincas privadas y de la función social de la propiedad.

La política de protección del arbolado urbano tiene los siguientes objetivos (Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano de Zaragoza, 2013):

- Conservación de la naturaleza: mejora y protección de los recursos naturales, teniendo en cuenta el arbolado y la vegetación procedente de plantaciones. Además, la protección del patrimonio natural y de la biodiversidad.
- La mejora de la estética urbana: considerando el árbol como un elemento del diseño urbano, con la particularidad de que es un ser vivo que nace, crece y muere, y es sensible a la alteración del entorno.
- Establecimiento de normas generales de protección del arbolado que se definen en el conjunto de circunstancias urbanísticas y ambientales necesarias para realizar una plantación en condiciones adecuadas y regular las intervenciones en la proximidad del arbolado para evitar daños innecesarios.
- Protección específica de determinados ejemplares que así lo requieran, a través de inventarios y catálogos, teniendo en cuenta la existencia del Catálogo regulado por el Decreto 27/2015 de 24 de febrero por el que se regula el catálogo de árboles y arboledas singulares de Aragón, y la posibilidad de que determinados árboles estén declarados monumentos naturales con arreglo a la legislación de espacios naturales protegidos.

Los criterios de valoración del arbolado se realizan en función de la Norma Granada. Es un método de valoración de árboles y arbustos ornamentales. Para ello, requieren un estándar de comparación, que es el caso de su homólogo en condiciones ideales de crecimiento, es decir, del árbol perfecto. Para valorar el arbolado de Zaragoza, deben hacer referencia a la edad, rareza y valor social, además de considerar el estado fitosanitario y las posibilidades de protección del entorno. El diámetro del tronco solo es un criterio válido para una serie de especies concretas, igualmente ocurre con la altura y diámetro de la copa. También se deben establecer con claridad unas reglas de prevalencia entre las afecciones del arbolado debidas a obras y a actividades en el entorno, estas reglas deben determinar en qué casos el árbol puede mantenerse y en qué casos puede ser eliminado (Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano de Zaragoza, 2013).

Por otro lado, para proteger el arbolado urbano, además de su posible incorporación a catálogos e inventarios, deben establecerse normas de protección y, además, debe exigirse que todo el proyecto de obra que pudiera ocasionar afecciones al arbolado existente, por mínimas que fueran, cuente con un apartado específico de "protección del arbolado" en el que habrán de detallarse las intervenciones que pudieran afectarle, las medidas protectoras y correctoras y el plan de vigilancia.

La norma general de la Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano de Zaragoza de 2013 consta de varios apartados de los que se destaca el siguiente contenido de especial interés en el trabajo desarrollado.

En la sección primera, artículo 6 "nuevas plantaciones" se indica que los plantones nuevos deben sustituir a árboles eliminados o suponer una nueva implantación donde no los hubiera y deben seguir los requisitos del Pliego de Condiciones de febrero del 2008 para el suministro de plantas del Ayuntamiento de Zaragoza. El Pliego de Condiciones que deben de cumplir los viveros tiene varios apartados, pero se destacan los Anexos I y II. El Anexo I, indica las especies y variedades permitidas para ser colocadas como arbolado de Zaragoza, con sus respectivos precios. Y el Anexo II especifica el tamaño, desarrollo, forma de cultivo y trasplante. Ambos se pueden consultar en el Anexo I y Anexo II del presente trabajo. Por otro lado, el Pliego de Condiciones especifica otros aspectos de las plantas: (i) deben presentarse en perfectas condiciones fitosanitarias con su correspondiente pasaporte fitosanitario, no mostrando efectos nocivos o enfermedad, al menos en observación visual; (ii) el sustrato de las plantas cultivadas en contenedores y el de las presentadas con cepellón debe estar libre de flora arvense, especialmente de especies vivaces; (iii) en el caso de especies pertenecientes a géneros que puedan ser susceptibles de ser atacados por fuego bacteriano, deberá aportarse el pasaporte fitosanitario correspondiente. Por último, (iv) las plantas propagadas por injerto deben estar unidas satisfactoriamente, y la relación de tamaño entre el porta injerto y el injerto deberá mostrar una proporción adecuada (Ayuntamiento de Zaragoza, 2008).

En el apartado de Anexos de la Ordenanza, el Anexo I muestra el listado de especies de arbolado. En este listado se establecen las distintas especies de árboles que son adecuadas para su plantación en las calles y parques de la ciudad, y aquellas que resultan aceptables o incluso aquellas cuyo uso no resulta recomendable o está prohibido. La aptitud para determinados lugares depende de las características específicas de las especies de árboles, la exposición a la luz solar, la cercanía de edificios, el tráfico rodado, la exposición al viento, etc., que son elementos que condicionan la adecuada elección de una especie para un lugar concreto y el éxito de su plantación. Esta elección se debe realizar durante la redacción del proyecto. Para agrupar las especies, se separan en tres grupos: las especies denominadas adecuadas, que pueden ser utilizadas normalmente porque no precisan cuidados especiales para que manifiesten un buen estado de salud. Las especies denominadas aceptables, que pueden ser utilizadas en plantaciones, pero no se puede abusar de su plantación porque necesitan tratamientos para que medren o porque son propensas a plagas que no les afectan de forma grave, sensibles a heladas

(-5 a -10 °C) o que no se ajustan a todas las condiciones edafoclimáticas de la ciudad. Y las especies denominadas inadecuadas o prohibidas, que no resultan aptas para su plantación por varios motivos, como la afección por fuego bacteriano, la sensibilidad a heladas ligeras (0 a -5 °C), presentan plagas o enfermedades que les afectan de forma grave, poseen estructuras de corteza debilitadas, son especies invasoras o no se ajustan a casi ninguna condición edafoclimática de la ciudad.

En el Anexo III del presente trabajo, se pueden observar todas las especies de cada una de las tres categorías: adecuadas, aceptables o inadecuadas.

1.4 LA SIMBIOSIS MICORRÍCICA

El funcionamiento de un ecosistema depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo, ya que son los microorganismos los involucrados en actividades que aseguran la estabilidad y productividad del mismo. Entre otras capacidades, las poblaciones microbianas, tanto de la rizosfera, como del resto del componente edáfico, facilitan la absorción de nutrientes, en la producción de fitohormonas favorecedoras del enraizamiento, protegen a la planta frente a los patógenos, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2008).

Las partículas minerales y orgánicas del suelo se asocian para formar agregados, constituyendo un entramado que alberga la fase gaseosa o atmósfera del suelo y la fase líquida. El hábitat resultante es favorable para el desarrollo de los microorganismos edáficos que se acomodan en el interior y exterior de los agregados, y se asocian a las raíces de las plantas creando una zona entorno al sistema radical denominada “rizosfera”. A pesar de la gran diversidad de tipos de microorganismos que habitan el suelo, la mayoría de los estudios se dirigen a bacterias y hongos, que se relacionan de manera saprófita o simbiote con las plantas. En general, estas bacterias y hongos, producen beneficios a las plantas, pero en otros casos, no producen efectos o incluso causan enfermedades (Jaizme, 2019).

Dentro de la multitud de poblaciones microbianas y suboculares de la rizosfera, destacan por sus efectos benéficos sobre el sistema suelo-planta las rizobacterias promotoras del crecimiento o PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), capaces de promover el crecimiento y el desarrollo vegetal gracias a diversos mecanismos (Cano, 2011), y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), de los que se hablará en los siguientes apartados (Cano, 2011).

1.4.1 LAS MICORRIZAS

El término micorriza (*mycos*-hongo, *rhiza*-raíz) fue creado por el botánico alemán Bernard Frank a finales del siglo XIX para definir la asociación simbiótica entre raíces de una planta y determinados hongos. Es una relación entre el hongo y la planta ya que se producen beneficios mutuos, como el intercambio de nutrientes. El hospedador, la

planta, recibe nutrientes del suelo que son captados a través del micelio del hongo y éste, obtiene compuestos carbonatados fruto de la fotosíntesis de la planta (Smith y Read, 2010). Una vez establecida la colonización, el hongo desarrolla hacia el exterior un micelio extramatricial y tridimensional. Este explora un determinado volumen de suelo entorno al sistema radical mediante el cual, optimiza la adquisición de agua y nutrientes. Además, establece conexiones con los restantes microorganismos de la rizosfera. Como ya se ha dicho, la planta hospedadora mejora la capacidad de absorción de nutrientes, la tolerancia a patógenos, a metales pesados, al estrés hídrico y al salino (Smith y Read, 2010).

En cuanto a los tipos de micorrizas, se han definido hasta siete grupos diferentes, aunque comúnmente se habla de tres grandes grupos según las estructuras desarrolladas: ectendomicorrizas, ectomicorrizas y endomicorrizas.

Las ectendomicorrizas están formadas por las especies de la familia Monotropaceae, forman un manto y producen colonizaciones intracelulares (figura 4).

Las ectomicorrizas, establecen simbiosis con familias mayoritariamente forestales como las Fagaceas, Betulaceas y Pinaceas, y algunas leguminosas, se corresponden con un porcentaje mínimo de las plantas superiores. Los hongos que las generan son en su mayoría Basidiomycetos y Ascomycetos. En este tipo de simbiosis, la hifa no penetra en el interior de las células corticales de la raíz, es decir, se desarrolla a modo de manto (Barea, 2009) (figura 4).

Por último, las endomicorrizas, se pueden agrupar en tres tipos en función de las asociaciones micorrícicas en las cuales el hongo invade la corteza de la raíz de manera inter e intra radical. Entre ellas se encuentran las ericoideas, formadas en las raíces de las plantas de la familia Ericaceas, las orquidoideas formadas por la familia Orchidaceas y el grupo más abundante, que se describe con mayor profundidad en otro apartado, son las conocidas como arbusculares, únicamente formadas por hongos macroscópicos (figura 4).

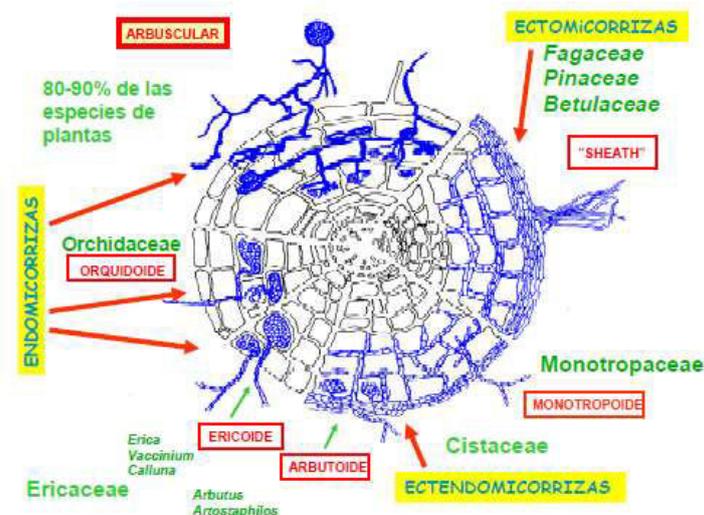


Figura 4. Tipos de micorrizas según la estructura desarrollada (Barea, 2009).

1.4.1.1 MICORRIZAS ARBUSCULARES

Son uno de los grupos de microorganismos más extendidos e importantes debido a su influencia en los procesos que rigen la dinámica de los ecosistemas terrestres. Son organismos que viven en simbiosis con la planta. Este tipo de simbiosis se establece en más de un 80% de las especies de plantas que cubren el suelo. Datán desde hace unos 500 millones de años, y se han reconocido fundamentales en el proceso de colonización del medio terrestre por parte de las plantas (García, 2013).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) generan unas estructuras que se desarrollan dentro de las células corticales de las plantas: arbuscúlos y vesículas. Este tipo de asociación posee tres componentes: la raíz, las estructuras fúngicas desarrolladas dentro de las células de la planta y el micelio extra radical en el suelo (Barea, 2009; García, 2013).

Las colonizaciones de nuevas raíces se pueden producir a través de tres tipos de inóculos o propágulos: esporas, hifas y fragmentos de raíz infectados. El desarrollo de la simbiosis comienza cuando la hifa del hongo surge de una espora o un trozo de raíz colonizada reconociendo las señales de la planta hospedadora. A partir del contacto de la hifa con la superficie de la raíz, el hongo se diferencia formando un “apresorio” que entra y se desarrolla en el interior de la raíz. Una vez dentro, coloniza inter e intra-celularmente las células de la corteza radical, dividiéndose en el interior celular y formando una estructura arborescente que se denomina arbuscúlo. Estos tienen unas paredes muy finas, ya que están especializados en el intercambio de nutrientes y señales entre la planta y el hongo. Una vez colonizada la raíz, se desarrolla un micelio externo en la zona alrededor de la misma, avanzando distancias más allá de los pelos radicales. Este es capaz de absorber nutrientes reduciendo la distancia entre las plantas y éstos. Absorbe nutrientes más lejos de la zona de depresión en fósforo (P) que rodea la raíz, esta es la habilidad que tienen las hifas que justifica el beneficio en suelos deficientes en P. Además, la simbiosis aporta a la planta amonio, nitrato, cobre y cinc (Barea, 2009).

Se ha demostrado la potencialidad del uso de los hongos MA para la restauración de la cubierta vegetal. La utilización de estos microorganismos deriva en la mejora del establecimiento y crecimiento vegetal, así como en la mejora de las propiedades del suelo. Sin embargo, aunque se han realizado numerosas investigaciones, poco se sabe de la dinámica poblacional y estrategias de colonización de estos hongos en el ecosistema (Barea, 2009).

1.4.1.2 FACTORES QUE AFECTAN AL DESARROLLO DE LAS MICORRIZAS

Existen diversos factores que pueden afectar al desarrollo de las micorrizas que son (Barea, 2009):

- Niveles de fósforo en suelo y planta: los diversos factores ambientales y edáficos pueden influenciar el desarrollo de la colonización micorrícica en un sistema radicular. Sin embargo, el factor que más relevancia tiene como condicionante es el contenido de fósforo, ya sea en la planta o en el suelo. Muchos investigadores han tratado de determinar la causa de que el fósforo afecte al desarrollo fúngico en el suelo. Algunos autores sugieren que la infección está regulada por el nivel de fósforo en el suelo, de modo que existe un límite por debajo del cual, las colonizaciones alcanzan siempre altos porcentajes. Aunque hay importantes evidencias de que el establecimiento de la simbiosis está más controlado por el nivel de fósforo en el tejido de las plantas que por el del suelo. Por otro lado, se ha comprobado que las distintas especies de hongos varían en su sensibilidad o tolerancia al fósforo.
- Otros factores: hay múltiples factores bióticos y abióticos que afectan al ciclo de vida de los hongos arbusculares, tanto en las fases de pre-infección como en las de colonización o esporulación. Algunos de los factores bióticos son: el hongo arbuscular, es decir, a nivel de especie existe una gran variabilidad en la capacidad de germinación, colonización y esporulación; la planta, ya que las distintas especies vegetales en las mismas condiciones muestran una diferente dependencia micorrícica. Y en cuanto a los factores abióticos se citan: las propiedades del medio edáfico, es decir, el pH, salinidad, materia orgánica, metales pesados, etc.; los microorganismos del suelo que pueden interactuar con los hongos arbusculares, por lo que pueden afectar a la simbiosis; la fotosíntesis, ya que cualquier factor que le afecte repercutirá en la transferencia de estos fotoasimilados de la planta al hongo y las prácticas agrícolas.

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Este trabajo se ha realizado para responder al interés del Ayuntamiento de Zaragoza por estudiar el arbolado urbano de la ciudad y comprobar el potencial micorrícico en una parte del mismo. Debido a las ventajas que ofrece la simbiosis en los árboles, importa que el arbolado contenga esta asociación.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Máster es el estudio del estado de micorrización de tres especies del arbolado urbano de Zaragoza.

Como objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Evaluar el potencial micorrícico del suelo que sustenta estos árboles.
- Evaluar el efecto del factor zona (alcorque/parque) sobre el estado de micorrización de los árboles y el potencial micorrícico del suelo.
- Evaluar la posible relación entre el contenido de macronutrientes del suelo y su potencial micorrícico.
- Evaluar la posible influencia de la orientación de la raíz en el grado de micorrización.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se llevó a cabo el análisis de tres especies (*Koelreuteria paniculata* Laxm., *Celtis australis* L., *Melia azedarach* L) con 4 repeticiones de cada una de ellas recogidas al azar en dos localizaciones (alcorque y parque).

En total se obtuvieron 48 muestras de raíces (para analizar el potencial micorrícico) y 48 muestras de suelo cercano a las raíces (para analizar el perfil de textura y fertilidad, la cuantificación de esporas y determinar el potencial micorrícico).

Por otro lado, se recogieron raíces de la flora espontánea de los alcorques para determinar su grado de micorrización.

3.2 NÚMERO DE ESPECIES

Cada uno de los árboles, tanto de los alcorques como del parque se identifican en la tabla 2, donde se muestran con sus coordenadas UTM.

Tabla 2. Identificación de los árboles con su código y su localización.

Nº	Lugar de recogida	Especie	Repetición	Coordenadas UTM
1	Alcorque	<i>K. paniculata</i>	1	30T 675158,4 4612491,7
2			2	30T 675263,0 4612028,9
3			3	30T 675262,1 4612026,0
4			4	30T 675245,2 4612041,2
5		<i>C. Australis</i>	1	30T 674872,9 4611789,8
6			2	30T 674890,4 4611777,7
7			3	30T 674901,4 4611770,8
8			4	30T 675059,2 4611642,8
9		<i>M. azedarach</i>	1	30T 675312,7 4612094,9
10			2	30T 675157,2 4612318,3
11			3	30T 675165,6 4612312,3
12			4	30T 674892,3 4612293,6
13	Parque	<i>K. paniculata</i>	1	30T 675445,2 4611391,0
14			2	30T 675443,0 4611386,6
15			3	30T 675332,4 4611152,4
16			4	30T 675352,9 4611105,8
17		<i>C. Australis</i>	1	30T 675477,6 4611337,2
18			2	30T 675482,9 4611335,0
19			3	30T 675564,1 4611343,8
20			4	30T 675492,0 4611358,1
21		<i>M. azedarach</i>	1	30T 675347,7 4611162,4
22			2	30T 675344,8 4611164,0
23			3	30T 675347,3 4611157,4
24			4	30T 675352,5 4611167,6

3.3 TOMA DE MUESTRAS

En primer lugar, se **muestrearon las raíces** de los árboles en dos orientaciones, para comprobar posibles diferencias en el estado de micorrización del árbol en función de la orientación, como se da en algunas especies micorrizadas (Sánchez, 2012). Las orientaciones escogidas fueron la noreste y la suroeste, por comodidad en el muestreo. Para la recogida se utilizó una barrena de caña cilíndrica con una longitud de 30 cm y un diámetro de 2 cm, por consiguiente, el volumen de muestra fue de 94,2 cm³ (Eijkelkamp, Holanda). La distancia al tronco del muestreo fue aproximadamente de 1/3 de la proyección de la copa, tal y como observa en la figura 5.

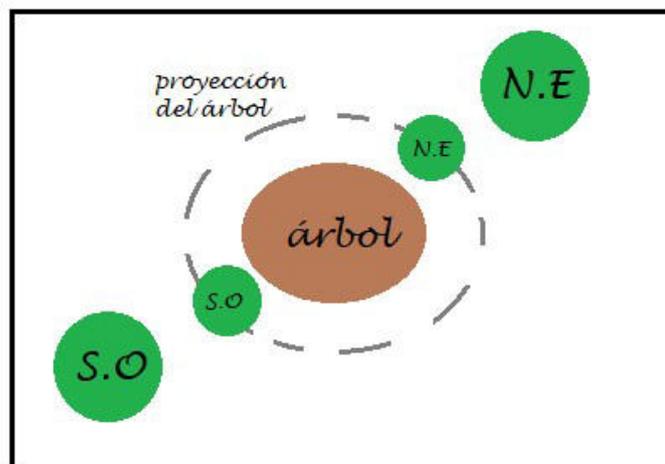


Figura 5. Posición de los puntos de muestreo respecto al árbol y la proyección de su copa. Los círculos pequeños representan el muestreo de raíces (barrena cilíndrica) y los grandes el muestreo de suelo (barrena helicoidal).

Una vez recogidas las muestras, se conservaron en una disolución de etanol y agua (1:1) hasta que se realizó la tinción para el posterior análisis del estado de micorrización en el microscopio, como se detalla en el apartado 3.5.1.

En la figura 6, se aprecia el proceso de la recogida de las raíces con la barrena de caña cilíndrica.



Figura 6. Toma de muestras para la determinación del estado de micorrización en raíces. 1. Muestreo con barrena de caña cilíndrica en alcorque; 2. Árbol muestreado; 3. Barrena de caña cilíndrica con muestra; 4. Suelo y raíces; 5. Raíces conservadas en etanol.

En segundo lugar, se realizó un **muestreo de suelo** en la zona cercana a las raíces. Se realizó con una barrena de tipo helicoidal, con la que se recogió una cantidad de 0,5 kg de suelo aproximadamente (Eijkelpamp, Holanda). El procedimiento fue el mismo que el adoptado para el muestreo de raíces. Estas muestras se utilizaron para realizar diferentes análisis. Primero, se obtuvieron los parámetros fisicoquímicos de los suelos. Para ello, se enviaron al Laboratorio Agroambiental del Gobierno de Aragón, situado en Montañana. Por otro lado, se llevó a cabo la determinación del número de esporas de HMA. Se tomó una parte de cada una de las 48 muestras y se realizó el método de tamizado en húmedo descrito por Gerdemann y Nicholson (1963), explicado en el apartado 3.5.2. Por último, se analizó el potencial micorrícico del suelo, tanto de la zona de alcorque como de la del parque (3 repeticiones de la zona de alcorque y otras 3 repeticiones del parque). El estudio del potencial micorrícico consistió en la dilución seriada del suelo en bandejas de polietileno con alveolos de 60 cm³ para el cálculo del Número Más Probable (NMP) de propágulos micorrícicos por unidad de volumen de suelo. El objetivo fue calcular el potencial micorrícico de ambas zonas con el dato promedio de las tres bandejas. Sobre las diluciones seriadas de suelo se sembró una especie fácilmente micorrizable (sorgo). Esta planta se mantuvo creciendo en las diluciones del suelo durante 3 meses, en el momento en que se levantó el ensayo, se extrajeron, se limpiaron las raíces y se llevó a cabo su tinción como se explica en el apartado 3.5.3.

En la figura 7, se aprecia la barrena helicoidal utilizada para este muestreo y las muestras que se analizaron.



Figura 7. Barrena y muestras de suelo obtenidas para realizar el análisis fisicoquímico, calcular el número de esporas de HMA y determinar el potencial micorrícico de la zona.

El último muestreo fue la extracción **especies vegetales de flora espontánea localizada** en los alcorques, para determinar la micorrización de las raíces y obtener así una mayor información sobre el potencial micorrícico del suelo y de las distintas especies. En la figura 8, se observa el alcorque y su flora arvense asociada.



Figura 8. Alcorque con flora arvense. 1. Alcorque; 2. *Chenopodium album*; 3. *Silene inflata*; 4. *Poa annua*.

Todos los muestreos, que se han explicado anteriormente, se realizaron en mayo del año 2021 y se analizaron en los meses siguientes.

3.4 ÁREA DE ESTUDIO Y ESPECIES ESCOGIDAS

Para cumplir los objetivos propuestos, se analizaron dos áreas de estudio. Por un lado, árboles plantados en alcorques y por otro, árboles plantados en los parques y jardines de la ciudad de Zaragoza. La edad de los arboles estaba comprendida entre 6 meses y 1 año cuando se analizaron (figura 9).

En el análisis de los alcorques, se recogieron muestras en los alrededores de la plaza San Francisco. Las figuras de la 10 a la 15 exponen los lugares muestreados. En la calle Violante de Hungría se analizaron tres alcorques donde se ubicaba la especie *C. australis*. En el Paseo Isabel la Católica se muestreó un alcorque donde había un *C. australis*. En la Plaza San Francisco se recogieron muestras de tres alcorques de *K. paniculata* y un alcorque de *M. azedarach*. En la calle Tomás Bretón se muestreó un alcorque donde se ubicaba una especie de *K. paniculata*. En el Campus Plaza San Francisco, próximo al Pabellón Polideportivo Universitario SAD, se analizó un alcorque donde había una especie de *M. azedarach*. Por último, en la calle Corona de Aragón se muestrearon tres alcorques donde se ubicaba la especie *M. azedarach*.

Para el análisis de los árboles del parque, se recogieron muestras del Parque Grande José Antonio Labordeta. En la figura 16 se aprecian las cuatro especies de *C. australis* y dos especies de *K. paniculata* y en la figura 17, se observan las cuatro especies de *M. azedarach* y dos especies de *K. paniculata*.



Figura 9. Mapa de Zaragoza donde se observa la zona muestreada del parque José Antonio Labordeta (color azul) y la zona muestreada de alcorques en la Zona Universitaria y proximidades (color naranja).

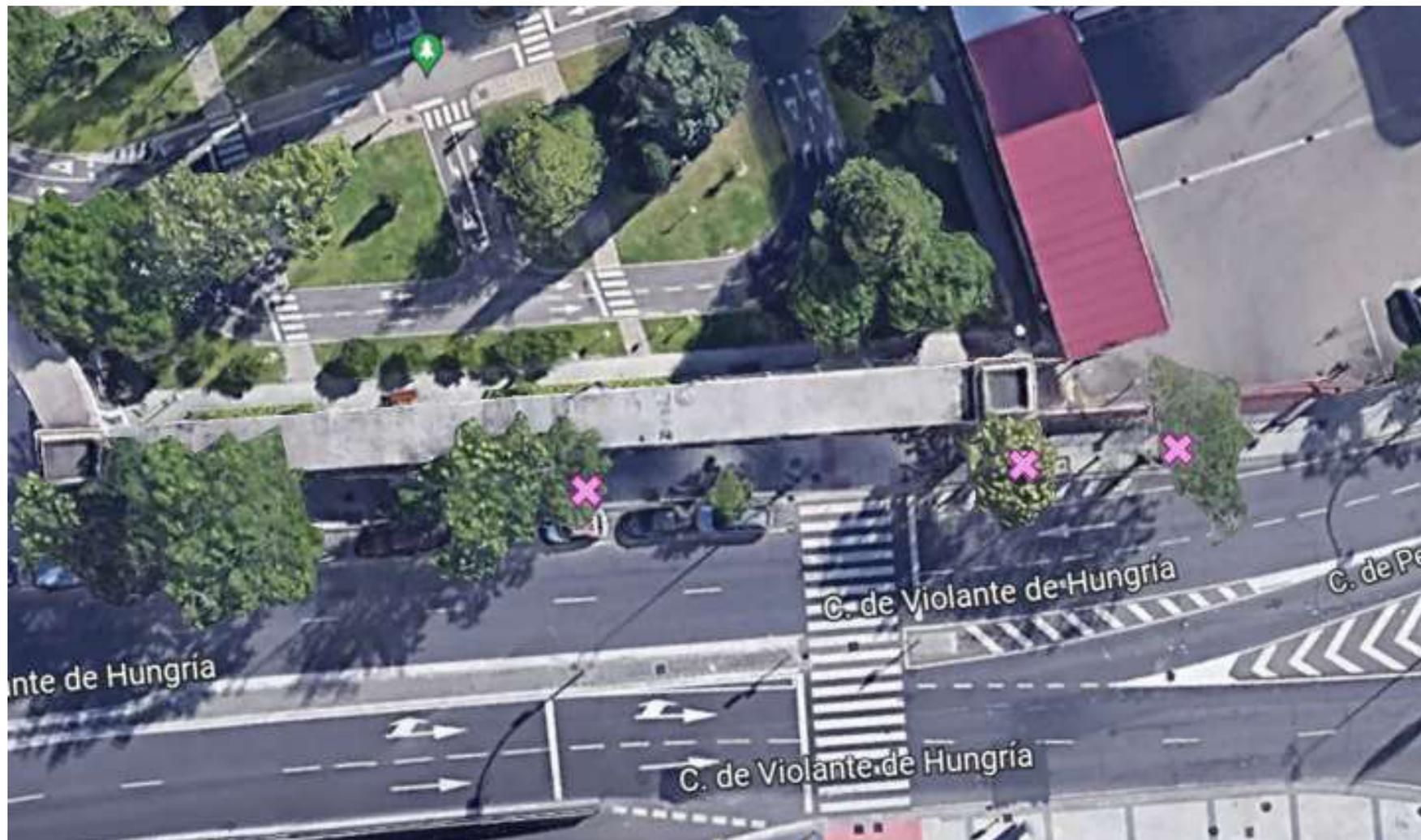


Figura 10. Calle de Violante de Hungría donde se recogieron muestras de tres alcorques de la especie *Celtis australis* (color morado).



Figura 11. Paseo Isabel la Católica donde se muestreó un alcorque de la especie *Celtis australis* (color morado).



Figura 12. Plaza San Francisco en el que se recogieron muestras de tres alcorques de *Koelreuteria paniculata* (color naranja) y un alcorque de *Melia azedarach* (color azul).



Figura 13. Calle Tomás Bretón en el que se recogió una muestra de alcorque de *Koelreuteria paniculata* (color naranja).

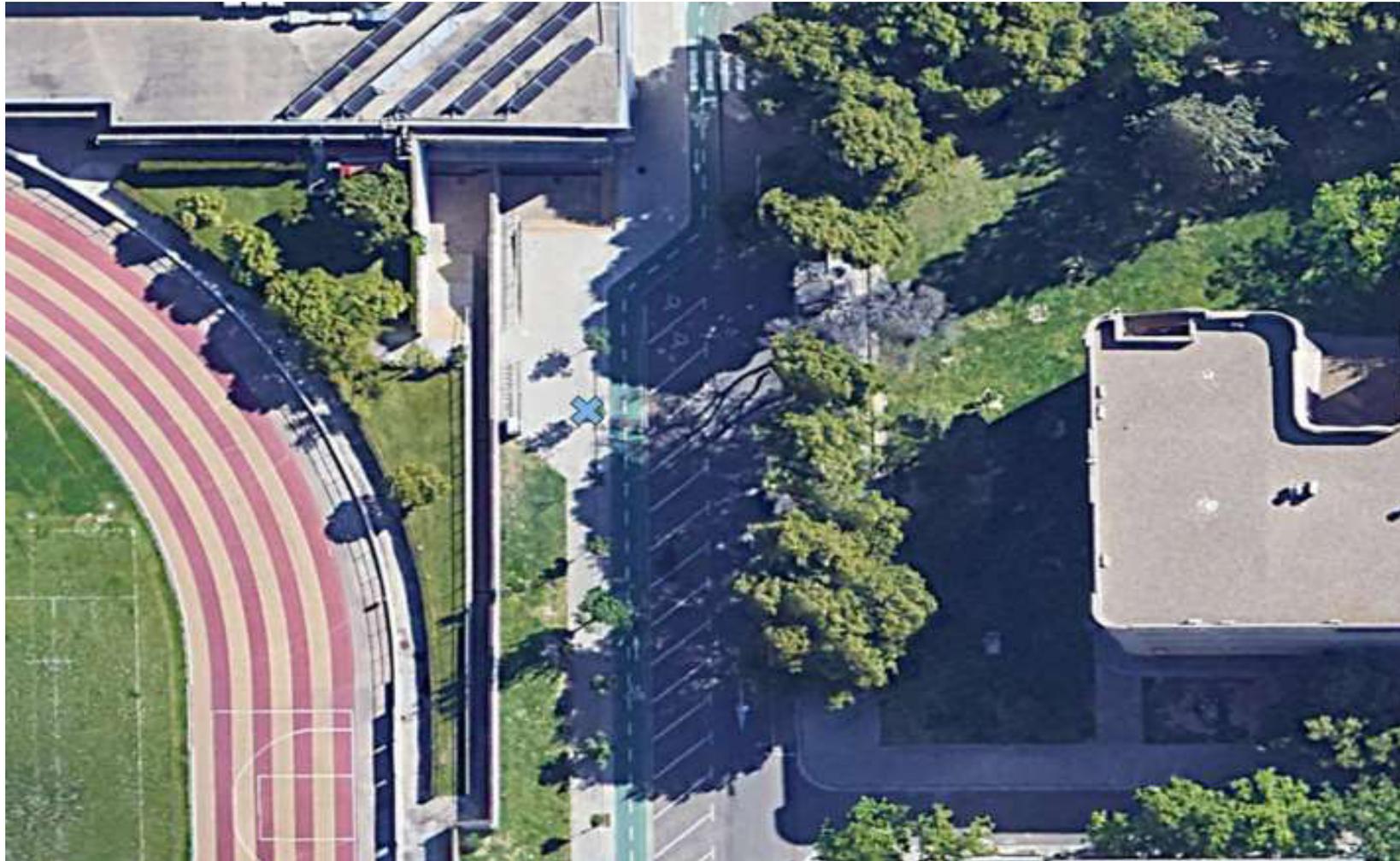


Figura 14. Campus Plaza San Francisco próximo al Pabellón Polideportivo Universitario SAD donde se recogió una muestra de alcorque donde había una especie de *Melia azedarach* (color azul).

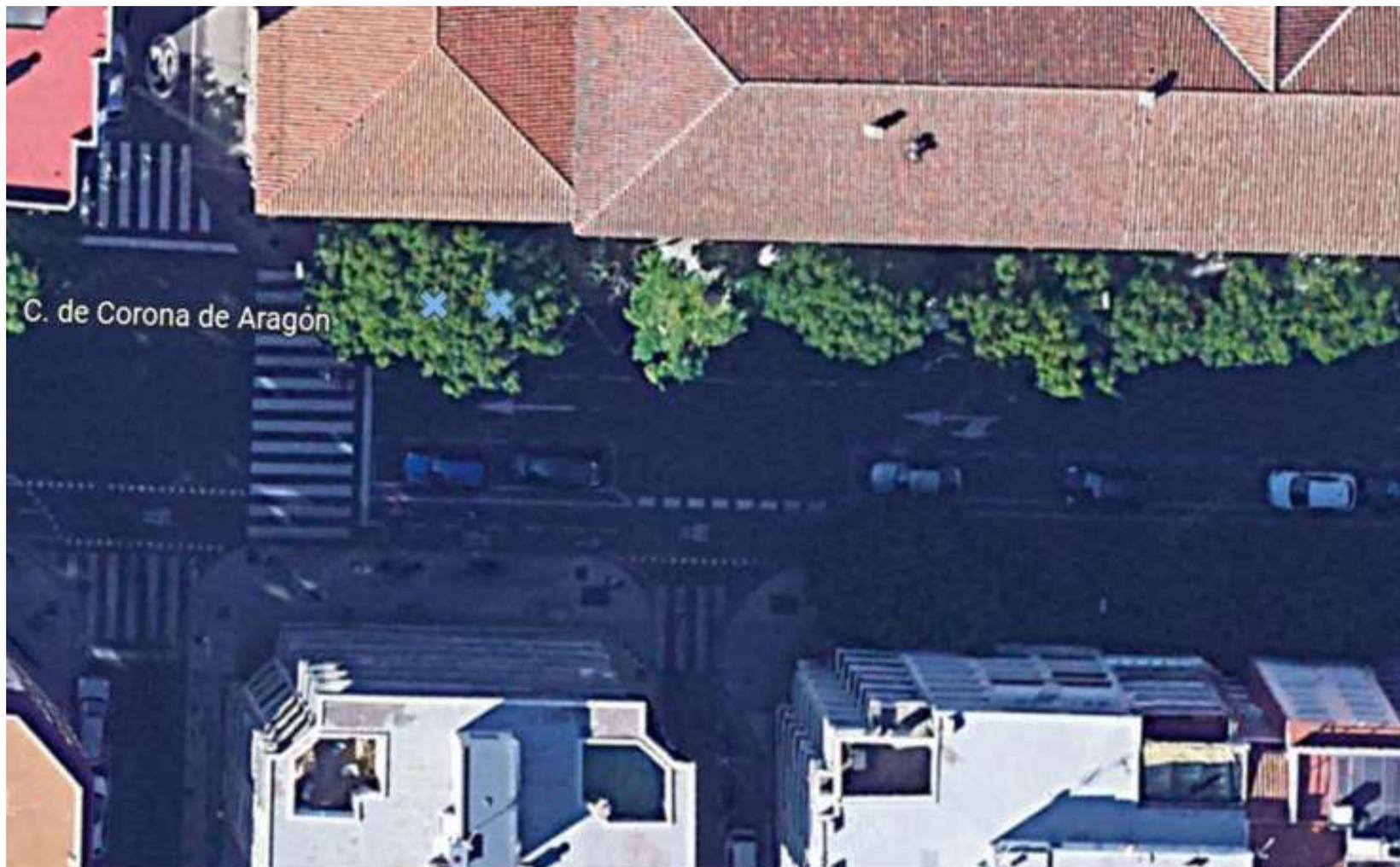


Figura 15. Calle de Corona de Aragón donde se muestrearon dos alcorques que se ubicaba la especie *Melia azedarach* (color azul).

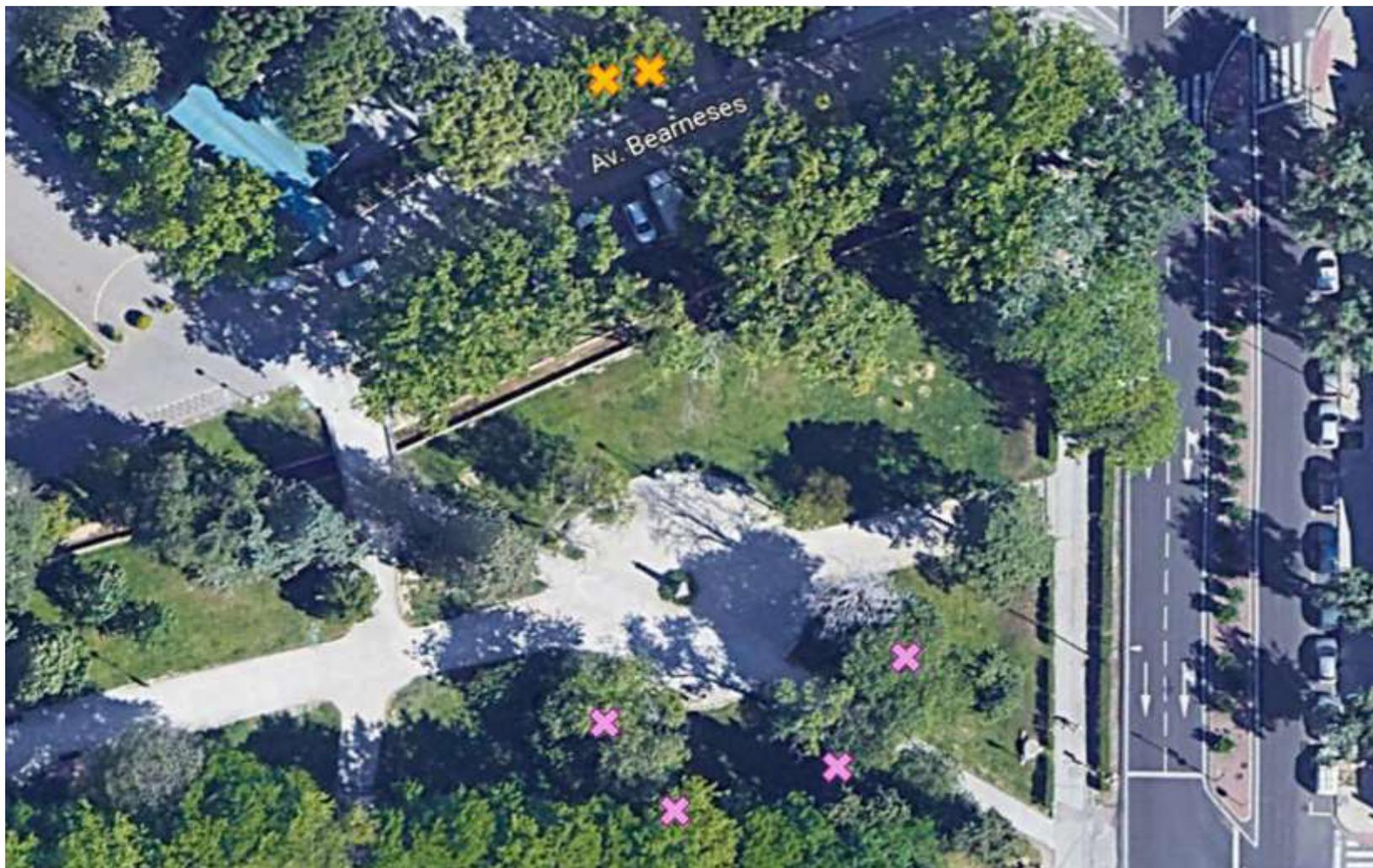


Figura 16. Parque Grande José Antonio Labordeta próximo al Paseo Mariano Renovales en el cual se muestrearon cuatro especies de *Celtis australis* (color morado) y dos especies de *Koelreuteria paniculata* (color naranja).



Figura 17. Parque Grande José Antonio Labordeta próximo al monumento de Paco Martínez Soria en donde se muestrearon cuatro especies de *Melia azedarach* (color azul) y dos especies de *Koelreuteria paniculata* (color naranja).

A continuación, se explican las tres especies que han sido objeto de estudio en este trabajo, estas se localizan en el apartado de especies adecuadas y recomendadas para el arbolado de la Ciudad de Zaragoza (Anexo I).

3.4.1 *KOELREUTERIA PANICULATA* LAXM., 1772

Koelreuteria paniculata (o jabonero de la china) proviene de la familia de las Sapindáceas. Se trata de una especie procedente de China y Corea. Es un árbol de hoja caduca, frondosa, con una altura de 10 - 12 m y cuya floración es en junio-julio.

También se le denomina el árbol de los farolillos, debido a la gran cantidad de frutos que cuelgan (cápsulas ovoides infladas) de sus ramas a modo de pequeños farolillos, como de papel, que al moverse con el viento producen un sonido peculiar (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021). En las figuras 18 y 19 se muestran las flores, frutos y del árbol de esta especie.



Figura 18. Flores y frutos de *K. paniculata* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).



Figura 19. *K. paniculata* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

3.4.2 *CELTIS AUSTRALIS* L.

Celtis australis proviene de la familia de las Ulmáceas. Se trata de una especie procedente del área meridional de Europa, sureste de Asia y norte de África, desde Túnez a Marruecos. Es un árbol de hoja caduca, frondosa, con una altura de 25 - 30 m y cuya floración es entre marzo y abril.

También se le denomina almez, latonero, lodón y lledoner en catalán. Sus frutos, las celtinas, son comestibles. Tienen sabor a miel y se fabricaba vino dulce con ellas. La madera, apreciada para trabajos de torneado, se usaba para hacer fustas y látigos. De los árboles jóvenes se obtenían las horcas para ahuecar el heno (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021). En las figuras 20 y 21 se muestran las flores, frutos y del árbol de esta especie.



Figura 20. Flores y frutos de *C. australis* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).



Figura 21. *C. australis* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

3.4.3 *MELIA AZEDARACH* L.

La Melia o cinamomo proviene de la familia de las meliáceas. Se trata de una especie procedente del norte de la India y de la zona centro occidental de China, aunque fue introducida en España hace muchos siglos. Es un árbol de hoja caduca, frondosa, con una altura de 10-15 m y cuya floración es entre mayo y junio (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

Se emplea mucho en jardinería por sus grandes hojas compuestas y por sus racimos de colores lilas. Es muy popular como árbol de calle en diversas ciudades españolas, entre ellas Zaragoza. Es necesario considerar que el conjunto de melias de la Plaza de San Francisco ha sido merecedor de la calificación de conjunto arbóreo singular y está rotulado como tal (Elduque Palomo et al., 2012). En las figuras 22 y 23 se muestran las flores, frutos y del árbol de esta especie.



Figura 22. Flores y frutos de *M. azedarach* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

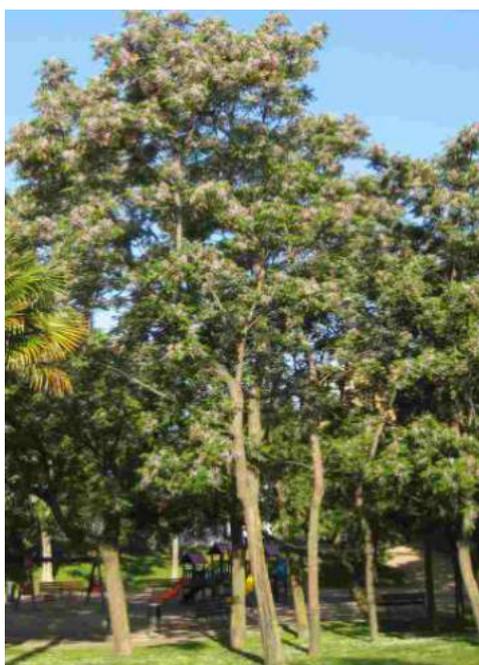


Figura 23. *M. azedarach* (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

Las especies se eligieron por la gran cantidad de ejemplares existentes en la ciudad de Zaragoza y, por la existencia de estudios científicos sobre la micorrización de estas especies en otros entornos urbanos (Budi y Setyaningsih, 2013; Chamola et al., 2014). La localización se determinó por la facilidad de acceso para el muestreo y por recomendación del Ayuntamiento.

Cabe destacar que, gracias a la ayuda del Ayuntamiento de Zaragoza y de la aplicación informática Arbomap, fue más fácil la búsqueda de las especies en ambas áreas de estudio. Arbomap, de la empresa TECNIGRAL, es una aplicación GIS dedicada a la gestión de los servicios de zonas verdes, arbolado, juegos infantiles y mobiliario urbano. Cada uno de los árboles están registrados en esta aplicación con una numeración, para saber en todo momento de qué árbol se trata y cuáles son sus características como, por ejemplo, edad del árbol, de qué vivero proviene, etc.

3.5 PARÁMETROS MICORRÍCICOS

Como se ha especificado, se recogieron diferentes tipos de muestras. Así pues, para cada una de ellas, se llevó a cabo una metodología de análisis diferente. El procedimiento se explica a continuación. A parte de esta caracterización, se enviaron al Laboratorio Agroambiental del Gobierno de Aragón muestras de suelo recogida de todos los árboles, para realizar un análisis fisicoquímico.

3.5.1 ESTIMACIÓN DIRECTA DEL PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN DE LAS RAÍCES DE LAS PLANTAS

Uno de los métodos para determinar el potencial micorrícico de las plantas es la cuantificación de los hongos micorrícicos de las raíces de las mismas (Phillips y Hayman, 1970; Koske et al., 1989).

Una vez extraídas las raíces de los árboles, se lavaron con agua para eliminar cualquier resto de suelo y se conservaron en etanol diluido al 50% con agua hasta su análisis. Se enjuagaron las raíces con agua, se adicionó el KOH [disolución de KOH al 10% para árboles leñosos y para plantas herbáceas KOH al 2,5%] y se calentó en estufa 1 h a 70°C. Posteriormente, se enjuagaron nuevamente con agua. Solamente cuando fue necesario, se blanquearon las raíces con hipoclorito de sodio (50 ml de lejía y 450 ml de H₂O) unos 10-20 minutos. El siguiente paso fue remojar las raíces en HCl al 1% (29 ml de HCl al 35% + 971 ml de agua destilada) durante 24 h. Pasado este tiempo, se tiñeron las raíces con Glicerol acidificado + Trypan Blue al 0,05% durante 1h a 70°C. Este colorante tiñó los hongos formadores de micorrizas arbusculares, pudiendo observarse de color azul estas estructuras de las células vegetales que se decoloraron. Las raíces, una vez teñidas, se conservaron en glicerol acidificado (500 ml de glicerol + 450 ml de agua + 50 ml de HCl 1%) hasta su posterior observación.

Para su observación, se colocaron 10 trozos de raíz de aproximadamente 1 cm en un portaobjetos de forma paralela unos a otros (figura 24). Se prepararon tres portaobjetos

de cada muestra (tres repeticiones por muestra), es decir, 30 raíces. Los preparados se observaron en el microscopio. En primer lugar, se debe analizar la colonización micorrízica general. Para ello se recorrió el total del fragmento con el objetivo 10X para ver si hay presencia del micelio fúngico entre las células corticales. Cuando al menos en el 50% del trozo de raíz se observó micelio fúngico, ese fragmento se consideró positivo para la colonización radical y así se registró el resultado. Esto se realizó para cada una de las raíces observadas.

Posteriormente con el objetivo de 40X se buscaron arbuscúlos, vesículas y esporas. Los arbuscúlos se observan como ramificaciones del micelio en el interior de la célula cortical. Si se localiza un arbuscúlo en la raíz se considera positivo para esa estructura. Este mismo procedimiento de observación se adoptó para las vesículas y esporas.

Los resultados se fueron registrando en una tabla. Cada fragmento se podía considerar positivo y negativo para las variables colonización radical, arbuscúlos, vesículas y esporas. A partir de los resultados obtenidos se calcularon los porcentajes de micorrización.



Figura 24. Tinción de las raíces para la cuantificación de los hongos MA. 1. Conservación de las raíces en etanol 50%; 2. Raíces después de 24 h con HCl al 1%; 3. Tinción con Trypan Blue y glicerol acidificado; 4. Placa de Petri con las raíces; 5. Portaobjetos con los 10 fragmentos de raíz.

3.5.2 CUANTIFICACIÓN DEL NÚMERO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍCICOS EN EL SUELO

Otra técnica utilizada en el estudio de HMA en suelo es la extracción y cuantificación de esporas a través del método de Tamizado en Húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963). Las esporas de los hongos formadores de micorrizas se contabilizan en el suelo cercano a las raíces.

En un erlenmeyer de 250 ml se añaden 20 g de suelo, 5 g de hexametáfosfato sódico y 100 ml de agua destilada (el suelo había sido secado previamente a temperatura ambiente). Esta dilución se colocó en un agitador magnético 15 min a 700 rpm y después se dejó en reposo inclinado durante 15 s. El sobrenadante se filtró a través de un nido de tamices, de los tamaños 250 μm , 125 μm y 90 μm . Una vez extraído, se añadió al sedimento sobrante 200 ml de agua corriente y se volvió a pasar por el agitador, se dejó en reposo y se filtró nuevamente por el nido de tamices. El sedimento recogido en el tamiz de 90 μm se llevó a un vaso de precipitados (con la menor cantidad de agua posible) y de ahí a un tubo de centrifuga de 50 ml (1 min a 4000 rpm), se eliminó el sobrenadante, se añadió al precipitado 25 ml de sacarosa al 1,4 M preparado anteriormente. Posteriormente, se centrifugó 2 min a 4000 rpm.

Las esporas estaban en suspensión con el líquido, ya que se habían unido a la sacarosa. Al filtrar el sobrenadante sobre el tamiz limpio de 90 μm , se lavó con abundante agua y se recogió el contenido retenido en el tamiz en el vaso de precipitados. Este precipitado se pasó por una rampa de filtrado conectada a una bomba de vacío, quedando retenidas las esporas en un papel de filtro cuadrado de 10 μm , sobre el que posteriormente se contabilizaron las esporas a través de la visualización en la lupa binocular con la ayuda de un contador manual.

En la figura 25, se muestra el instrumental utilizado para la extracción de esporas.



Figura 25. Instrumental utilizado para la extracción de esporas. 1. Agitador magnético; 2. Nido de tamices; 3. Centrifuga; 4. Rampa de filtrado con bomba de vacío.

3.5.3 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL MICORRÍCICO EN EL SUELO

La estimación del potencial micorrícico de las muestras de suelo se determinó por el método del Numero Más Probable (NMP) que fue descrito por Porter (1979) y podrá servir con propósitos comparativos en el futuro. El NMP es una estimación estadística de la concentración en suelo de propágulos micorrícicos viables, basada en la capacidad infectiva de los suelos cuando su concentración es diluida progresivamente (Negrete-Yankelevich et al., 2013).

La técnica consiste en hacer diluciones del suelo con un sustrato inerte, hasta 5 y en cada una de ellas realizar 5 repeticiones. Las diluciones son las que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Diluciones del sustrato para determinar el número más probable (NMP).

10^0	1/1	300 cm ³ suelo
10^{-1}	1/10	30 cm ³ suelo + 270 cm ³ sustrato inerte
10^{-2}	1/100	3 cm ³ suelo + 297 cm ³ sustrato inerte
10^{-3}	1/1000	0,3 cm ³ suelo + 299,7 cm ³ sustrato inerte
10^{-4}	1/10000	0,03 cm ³ suelo + 299,97 cm ³ sustrato inerte

El sustrato inerte consistió en una mezcla formada por dos partes de gravilla y 5 partes de vermiculita (v/v). Es decir, una relación 1:2,5 en volumen (figura 26).



Figura 26. Mezcla de gravilla y vermiculita en relación 1:2,5.

Para realizar esta metodología era necesaria una especie de planta susceptible a ser micorrizada. La elegida fue el sorgo debido a su facilidad de crecimiento, de micorrización y la claridad de sus raíces en etapas tempranas de crecimiento.

Las semillas de sorgo se desinfectaron con lejía al 1% y se dejaron germinar durante 3 días (figura 27).



Figura 27. Proceso de preparación del sorgo. 1. Desinfección con lejía al 1%; 2. Colocación sobre algodón; 3. Tapado con papel; 4. Semillas tras 3 días de germinación.

La siembra de las semillas en el sustrato se puede observar en la figura 28. Se utilizaron unas bandejas de polietileno con alveolos de 60 cm³ de capacidad. El fondo de los alveolos se tapó con papel de filtro evitando de este modo la pérdida excesiva de agua y del sustrato. Los alveolos se rellenaron según las diluciones correspondientes y se colocó una semilla de sorgo pre-germinada en cada uno de ellos. Posteriormente se realizó un ligero riego desde la parte inferior de la bandeja.

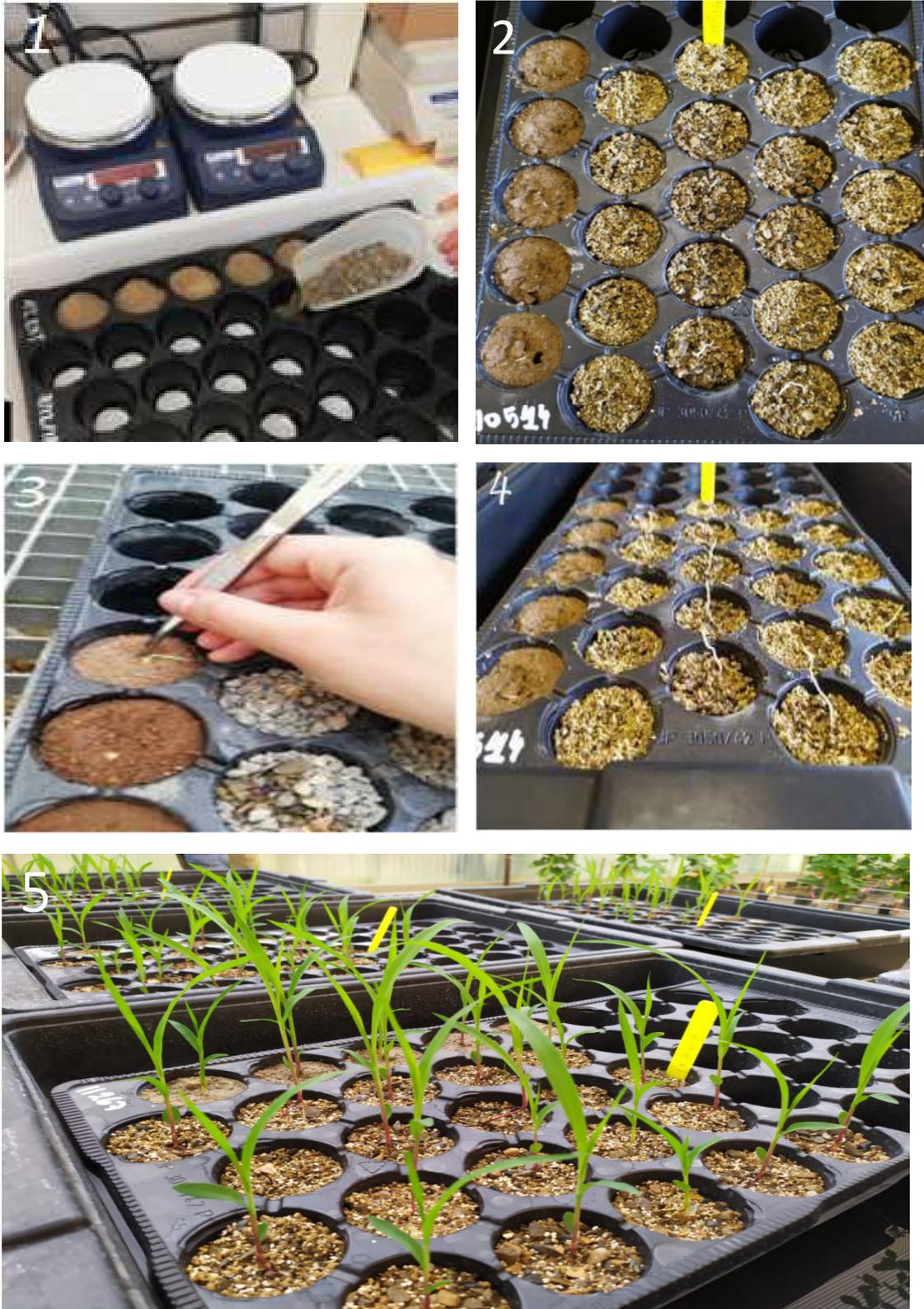


Figura 28. Preparación del bioensayo NMP. 1. Preparación de las diluciones; 2. Diluciones del suelo y gravilla; 3. Siembra de semillas de sorgo; 4. Bandejas sembradas; 5. Crecimiento en invernadero.

Una vez que las plantas arraigaron, se comenzó a regar con la solución nutritiva de Hewitt, baja en fósforo (0,03 mg/l). Esta solución se adicionó semanalmente para que las plantas crecieran hasta su extracción. Pasados 3 meses, fue el momento para su análisis. Una vez limpiadas las raíces, se almacenaron en etanol diluido hasta su procesamiento. En la figura 29, aparece el periodo de crecimiento del sorgo y la posterior limpieza de las raíces hasta su almacenamiento en etanol.

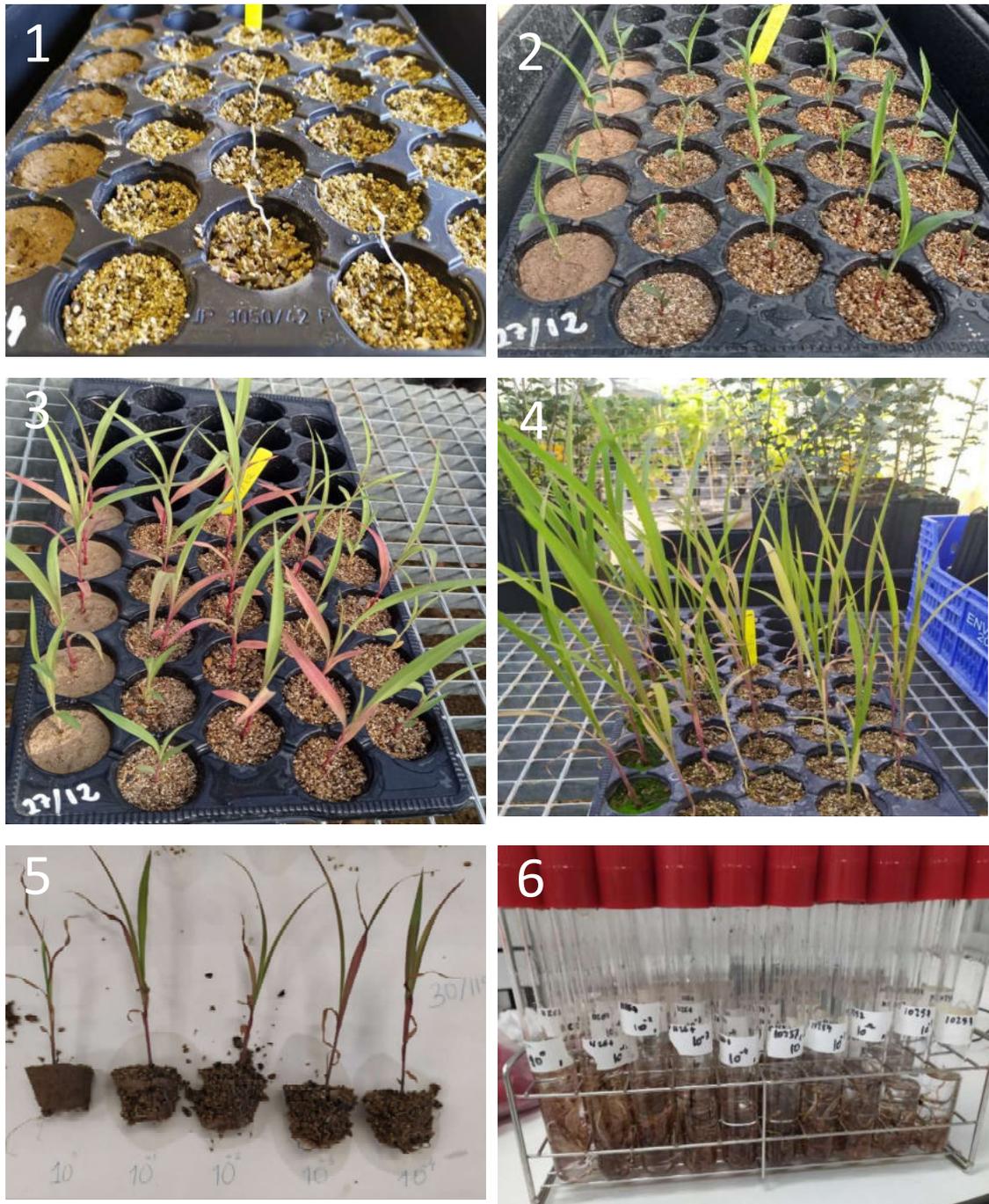


Figura 29. Crecimiento del sorgo en las diferentes diluciones de sustrato. 1. Siembra; 2. Primeras etapas de crecimiento; 3. Etapas intermedias de crecimiento (6 semanas); 4. Últimas etapas de crecimiento antes de la extracción (12 semanas); 5. Extracción de las raíces; 6. Almacenamiento hasta su análisis.

El proceso de tinción se llevó a cabo del mismo modo que se ha descrito en la estimación directa del porcentaje de micorrización de las raíces de las plantas. Las raíces fueron observadas al microscopio para determinar la presencia o ausencia de propágulos micorrícicos (Phillips and Hayman, 1970). Con los resultados (número de positivos y negativos) obtenidos, se calculó el Número Más Probable de propágulos por volumen de suelo utilizando la tabla probabilística VIII2 de Fisher y Yates (1963).

3.5.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

Se recogieron aproximadamente 0,5 kg de suelo de cada uno de los árboles muestreados y se enviaron al Laboratorio Agroambiental del Gobierno de Aragón para realizar el análisis físicoquímico. Los métodos utilizados fueron los siguientes:

Tabla 4. Determinaciones realizadas y su método de análisis.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	NORMA/PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
Textura	Sedimentación	Criterio U.S.D.A.
pH al agua 1:2,5	Potenciometría	MT-SUE-007
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 A 25°C)	Electrometría	Orden 05/12/75
Materia orgánica oxidable	Espectrofotometría	MT-SUE-002
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen)	Espectrofotometría	MT-SUE-003
Potasio (extracto acetato amónico)	ICP-OES	MT-SUE-008
Catión de intercambio: Magnesio (extracto acetato amónico)	ICP-OES	MT-SUE-008

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron trabajados con hojas de cálculo Excel y analizados estadísticamente con el programa informático IBM SPSS Statistics V.26.

En primer lugar, se obtuvieron los principales estadísticos descriptivos de todas las variables.

A continuación, se comprobó el tipo de distribución de los datos de número de esporas y de los resultados del análisis físicoquímico, a través de la aplicación de las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro Wilk (en función del número de datos).

Para evaluar el efecto de los factores “Especie”, “Zona” y “Orientación”, y sus posibles interacciones, sobre el nº de esporas, se realizó una prueba de ANOVA de tres vías, con un nivel de significación del 95%.

Para analizar las correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos se realizó un test de correlación de Spearman, ya que los parámetros del suelo no cumplieron con los criterios de normalidad.

Por último, para evaluar la distribución de los niveles de parámetros fisicoquímicos entre las dos zonas muestreadas, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, también con un nivel de significación del 95%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CUANTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍDICOS EN LAS RAÍCES DE LAS PLANTAS

Con este ensayo experimental se determinó, no solo el grado de micorrización de las raíces, sino también la presencia de esporas, arbusculos y vesículas presentes en las especies analizadas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de las raíces de las especies arbóreas (tabla 5).

Tabla 5. Promedio del porcentaje de colonización, arbusculos, vesículas y esporas en las raíces de los árboles clasificado por especie en cada zona.

ESPECIE	ZONA	COLONIZACIÓN (%)	Nº ESPORAS	ARBÚSCULO (%)	VESÍCULA (%)
<i>K. paniculata</i>	ALCORQUE	2,92 ± 2,98	16,46 ± 8,18	0,00	0,00
<i>C. australis</i>		4,58 ± 2,98	3,75 ± 6,44	0,00	0,00
<i>M. azedarach</i>		0,00 ± 0,00	0,83 ± 0,96	0,00	0,00
<i>K. paniculata</i>	PARQUE	1,67 ± 2,98	4,17 ± 5,53	0,00	0,00
<i>C. australis</i>		2,92 ± 2,98	5,00 ± 4,08	0,00	0,00
<i>M. azedarach</i>		1,25 ± 2,98	3,33 ± 3,60	0,00	0,00

A diferencia de otros estudios como los de Budi y Setyaningsih (2013) y Chamola et al. (2014), donde utilizaban estas especies leñosas para realizar ensayos de HMA, en este experimento los niveles de colonización por micelio resultaron muy bajos en todos los árboles muestreados. Además, no se encontraron arbusculos ni vesículas y el número de esporas resultó mínimo.

Es conveniente destacar que hay una gran dispersión en los resultados, lo que hace que, en algunos casos, la desviación estándar sea superior a la media. Sería necesario aumentar el número de muestras a analizar.

FLORA ARVENSE

A continuación, se observan los resultados obtenidos del análisis del estado de micorrización de las raíces de las especies de flora arvense asociadas a cada especie arbórea anterior (tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de colonización, arbuscúlos, vesículas y esporas de la flora arvense observada tres alcorques de Melia y dos alcorques de Celtis

ÁRBOL	REP.	PLANTA	COLON. (%)	ARBÚS. (%)	VES. (%)	ESP. (%)
Melia	1	<i>Cynodon dactylon</i>	96,67	3,33	3,33	73,33
		<i>Sonchus oleraceus</i>	80,00	6,67	0,00	70,00
	2	<i>Veronica persica</i>	3,33	0,00	0,00	6,67
		<i>Silene vulgaris</i>	93,33	6,67	0,00	80,00
		<i>Silene vulgaris</i>	86,67	3,33	0,00	86,67
	4	<i>Sonchus oleraceus</i>	3,33	0,00	0,00	13,33
		<i>Chenopodium album</i>	93,33	3,33	0,00	73,33
<i>Cynodon dactylon</i>		73,33	3,33	0,00	40,00	
Celtis	3	<i>Fumaria oficianalis</i>	16,67	0,00	0,00	13,33
		<i>Hordeum murinum</i>	63,33	6,67	0,00	43,33
		<i>Chenopodium album</i>	36,67	6,67	0,00	30,00
	4	<i>Veronica persica</i>	23,33	0,00	0,00	46,67
		<i>Poa annua</i>	100,00	10,00	0,00	96,67
		<i>Cynodon dactylon</i>	86,67	0,00	0,00	63,33

Con estos datos se decidió calcular un promedio para determinar el grado de colonización general de las plantas herbáceas de cada alcorque (figura 30).

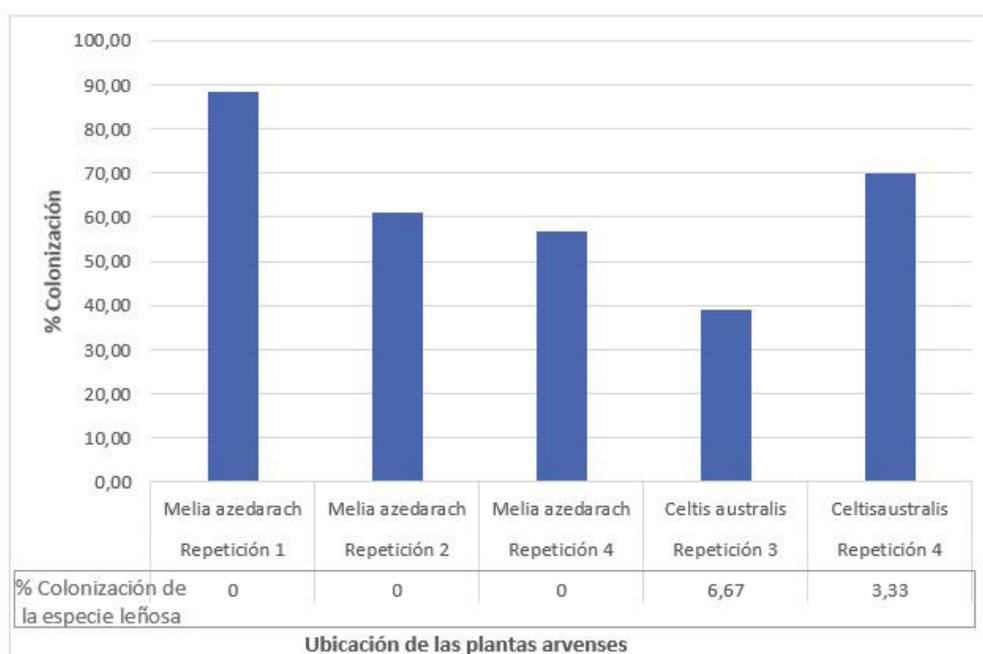


Figura 30. Promedio del porcentaje de colonización de la flora arvense de los alcorques y comparación con la especie leñosa ubicada en el alcorque.

Como se observa en la figura anterior, la flora arvense localizada en los alcorques presentó niveles de micorrización por encima del 50% (todas a excepción de la repetición 3 de Celtis). En cambio, las especies leñosas no están micorrizadas o tienen una micorrización mínima. Esto demuestra que las coberturas de los alcorques tienen un alto porcentaje de colonización en comparación con las raíces de los propios árboles.

Según Peña-Venegas et al. (2006), la simbiosis micorrícica arbuscular es más efectiva en los ecosistemas con coberturas altamente diversas. En este caso no ha sido así, ya que las especies con cubierta vegetal no han tenido una mayor simbiosis que el resto.

Observando los datos del bajo grado de micorrización de las especies leñosas y la abundancia de las herbáceas que se localizaron en los alcorques se decidió cuantificar el número de esporas y determinar el potencial micorrícico del suelo a través del cálculo del Número Más Probable de propágulos micorrícicos, según se explica en los apartados 3.5.2. y 3.5.3.

Las figuras 31 y 32 son fotografías realizadas durante la cuantificación de hongos micorrícicos de la flora arvense.

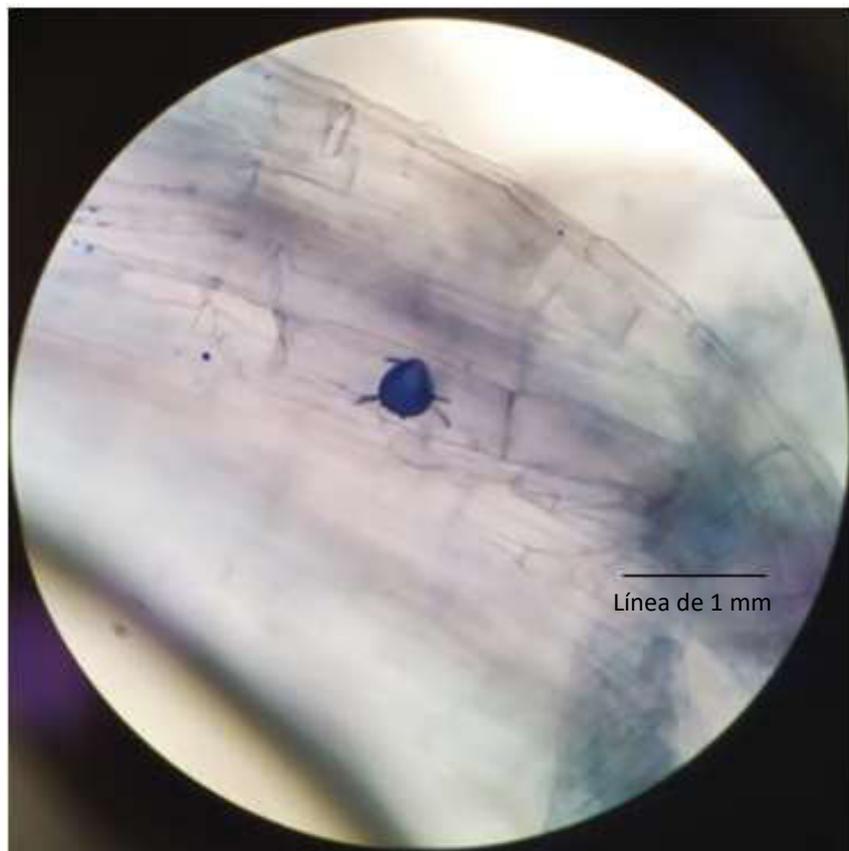


Figura 31. Espora germinando en el interior de una raíz.



Figura 32. Raíz teñida por azul de Trypan donde se aprecian esporas deshidratadas o muertas.

4.2 EXTRACCIÓN DE ESPORAS DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS

La figura 33 muestra un ejemplo de las esporas observadas y contabilizadas a través de la lupa binocular. Las esporas que se observaron eran del género *Glomus*, que es un género de hongos arbusculares. Estas son de forma globosa que se localizan en grupo sobre una hifa o solitarias. Pueden ser de diversos colores, aunque en este caso eran de color pardo-rojiza (Tapia-Goné et al., 2008; Medina et al., 2010).

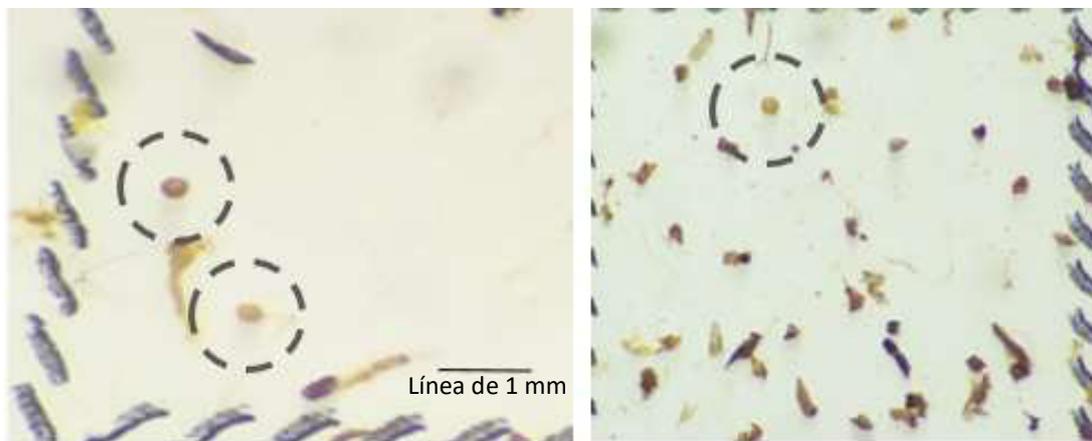


Figura 33. Esporas localizadas en el suelo de las muestras cogidas de los árboles.

La tabla 7 muestra el efecto de la zona, orientación y especie analizada sobre el número de esporas contabilizado.

Tabla 7. Efecto de los factores zona, especie y orientación sobre el nº de esporas de HMA.

Variable dependiente: Esporas

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Zona	1133138,021	1	1133138,021	53,705	,000
Especie	6257,292	2	3128,646	,148	,863
Orientación	4313,021	1	4313,021	,204	,654
Zona * Especie	36626,042	2	18313,021	,868	,428
Zona * Orientación	67875,521	1	67875,521	3,217	,081
Especie * Orientación	25551,042	2	12775,521	,605	,551
Zona * Especie * Orientación	38732,292	2	19366,146	,918	,409

La zona fue el único factor que mostró un efecto significativo sobre el nº de esporas contabilizado ($p < 0,0001$). Ni la especie ni la orientación del muestreo mostraron efectos significativos, así como tampoco las interacciones entre estos factores ($p > 0,05$).

El valor medio de esporas (nº esporas/100 g suelo) en función de la zona de muestreo se puede observar en la figura 34.

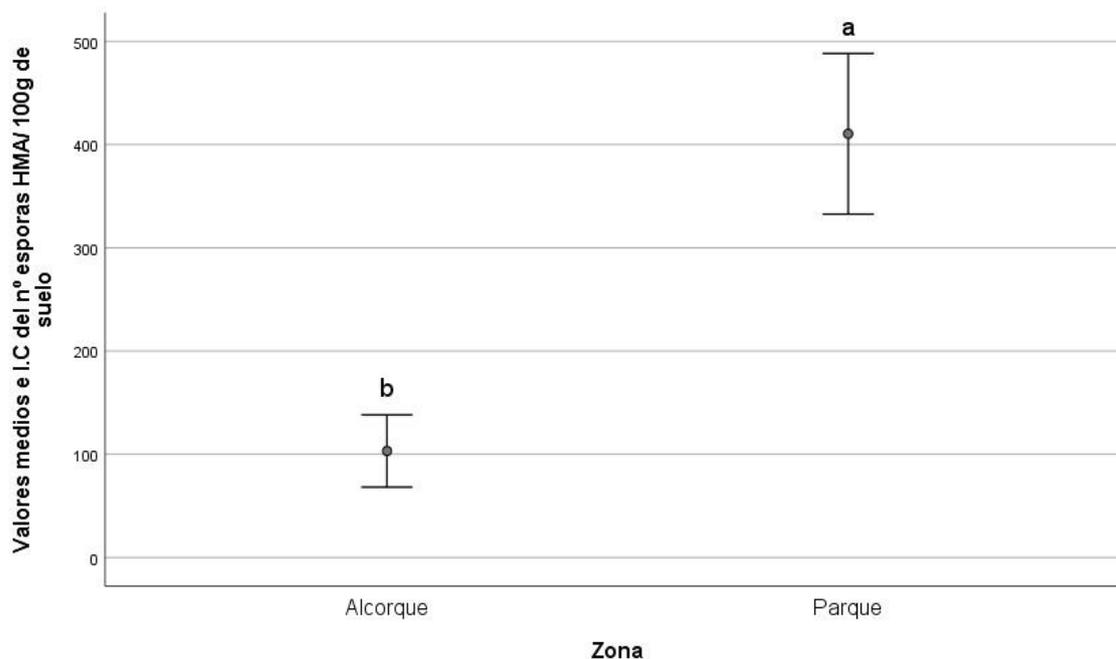


Figura 34. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % del número de esporas en función de la zona. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

El valor medio del número de esporas para el parque resultó de 410,42 esporas/100 g de suelo y para el alcorque de 103,13 esporas/100 g de suelo. Esta diferencia puede ser debida a que el suelo de los alcorques es más pobre, está sometido a mayor estrés, no se fertiliza ni abona y no alberga diversidad de plantas, es decir, es un suelo bastante inerte. En cambio, el suelo del parque está más cuidado, posee un mayor número de especies que interactúan y, por tanto, presenta una mayor actividad biológica.

En cuanto a la cantidad de esporas obtenidas, en los alcorques más del 60% de las muestras presentaba menos de 100 esporas/100 g, no superándose las 350 esporas/100 g. En el caso del parque, más del 50% de las muestras presentaba menos de 400 esporas/100 g, no superándose las 700 esporas/100 g salvo en un caso.

No se han encontrado referencias bibliográficas sobre el número de esporas presentes en parques y alcorques de ciudades por lo que los ensayos experimentales con los que se han comparado los resultados se corresponden a ámbitos diferentes. En un estudio desarrollado por Gosling et al. (2010), el número medio de esporas contabilizadas en suelos de cultivos extensivos y hortícolas manejados de forma convencional fue de 700 esporas/100 g y 500 esporas/100 g, respectivamente. Bajo manejo ecológico, su resultado fue de 1500 esporas/100 g y 1100 esporas/100 g. Por otro lado, en otro trabajo consultado (Pérez, 2019), en el que se analizaban diferentes sistemas de manejo en cultivos extensivos, hortícolas y leñosos en la provincia de Huesca, se obtuvieron valores aproximados de 30 esporas/100 g, no superándose las 200 esporas/100 g. En general, el número de esporas de HMA en suelos agrícolas se suele considerar bajo en comparación con otros ambientes como pueden ser los suelos forestales, debido a la intensificación de las labores agrarias, lo que sostiene lo anteriormente comentado respecto al suelo del parque y su mayor contenido de esporas en comparación con el de los alcorques, más maltratado y alejado de lo que sería un ecosistema natural. Resultaría necesario un estudio pormenorizado del comportamiento de especies arbóreas implantadas en parques y alcorques inoculadas desde vivero, haciendo un seguimiento de su evolución y una comparativa de su desarrollo con plantas no inoculadas.

4.3 TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

En la tabla 8 se muestran los resultados (número de positivos y negativos) obtenidos de cada una de las muestras analizadas.

Tabla 8. Determinación de la micorrización de las plantas de sorgo (10^0 a 10^{-4}). + micorrizada, - no micorrizada, en blanco no analizada en función del grado de dilución.

ALCORQUE						PARQUE					
Repetición 1	1	2	3	4	5	Repetición 1	1	2	3	4	5
10^0	+	+	+	+	+	10^0	+	+	+	+	+
10^{-1}	+	+	+	+	+	10^{-1}	+	+	+	+	+
10^{-2}	+	+	-	-	-	10^{-2}	+	+	-	+	+
10^{-3}	-	-	-	-	-	10^{-3}	-	-	-	-	-
10^{-4}						10^{-4}					
Repetición 2	1	2	3	4	5	Repetición 2	1	2	3	4	5
10^0	+	+	+	+	+	10^0	+	+	+	+	+
10^{-1}	-	+	-	+	-	10^{-1}	+	+	+	+	+
10^{-2}	-	-	-	-	-	10^{-2}	+	-	+	-	-
10^{-3}						10^{-3}	-	-	-	-	-
10^{-4}						10^{-4}					
Repetición 3	1	2	3	4	5	Repetición 3	1	2	3	4	5
10^0	+	+	+	+	+	10^0	+	+	+	+	+
10^{-1}	+	+	+	+	+	10^{-1}	+	+	+	+	+
10^{-2}	-	-	+	-	-	10^{-2}	+	+	-	+	-
10^{-3}						10^{-3}	-	-	-	-	-
10^{-4}						10^{-4}					

Con estos resultados, se obtuvo el Número Más Probable de propágulos micorrícicos de cada muestra de suelo expresados para 100 cm^3 de suelo seco (figura 35) y se realizó un promedio para cada una de las zonas analizadas (figura 36). Los propágulos o elementos capaces de formar la simbiosis micorrícica, son tanto esporas como fragmentos de raíz micorrizados con arbusculos y vesículas, e hifas de las HMA.

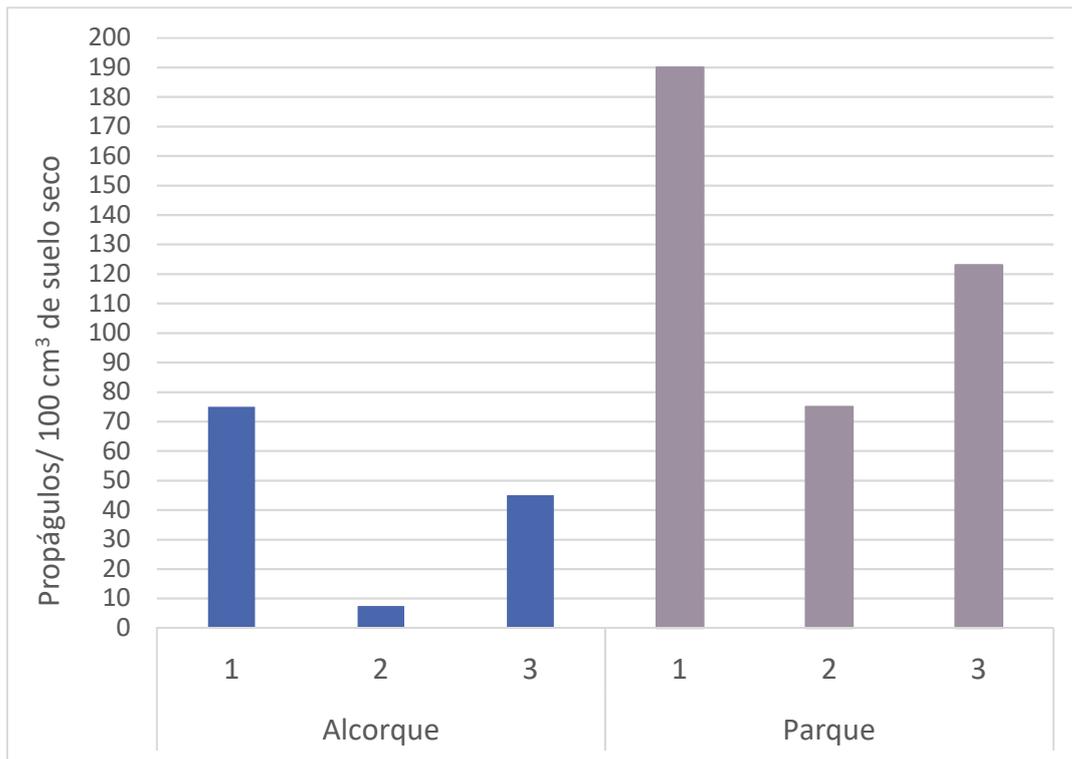


Figura 35. Número de propágulos en 100 cm³ de suelo seco en tres alcorques y tres zonas del parque.

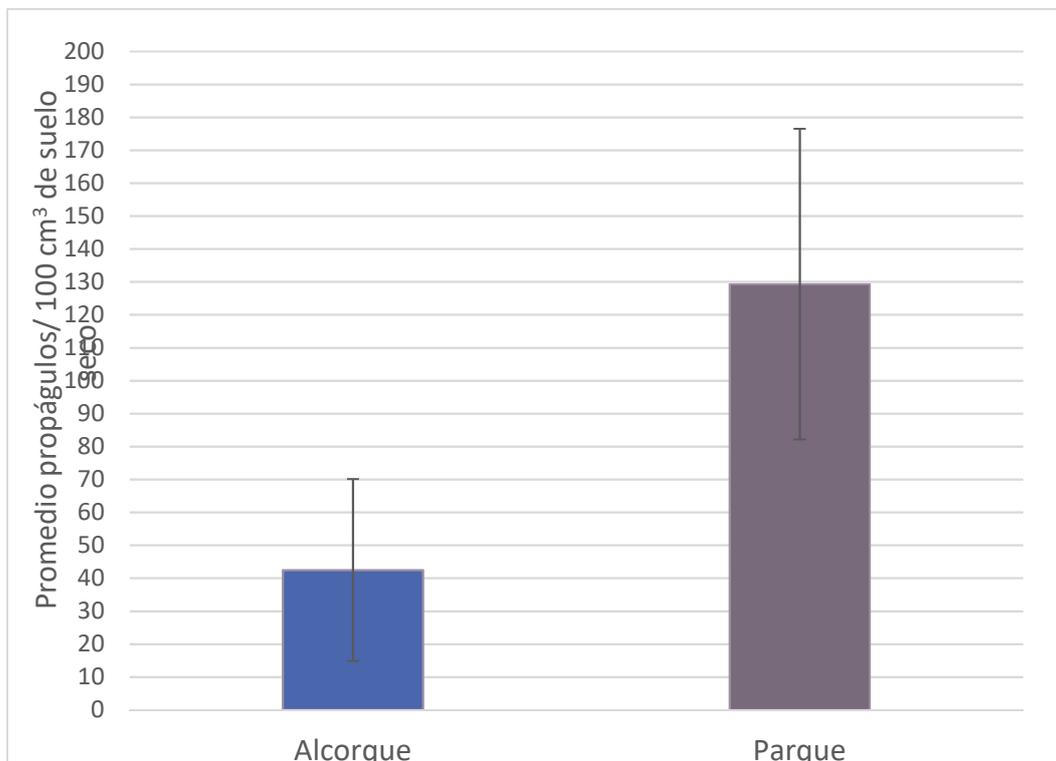


Figura 36. Promedio de propágulos en 100 cm³ de suelo seco de las tres alcorques y tres zonas de parque.

Existe una gran variabilidad en todas las muestras estudiadas en el NMP de propágulos micorrícicos. Todas las muestras tienen un número de propágulos micorrícicos superior a 40 propágulos/100 cm³ (a excepción de 1 de ellas). Si se compara con otros estudios como el de Pérez (2019), en el que el número máximo registrado fue de 29 propágulos/100 cm³. Se puede afirmar que el número de propágulos en este tipo de suelos es superior al observado en suelos agrícolas.

Sin embargo, estos datos no son concluyentes y se debería hacer un mayor número de análisis de árboles en la ciudad para llegar a establecer un nivel medio de potencial micorrícico y estado de micorrización general. En primer lugar, con más cantidad de muestras, es decir, más alcorques y más zonas de parque (no solamente tres de cada una de ellas). En segundo lugar, sería recomendable repetir el ensayo con otras especies hospedadoras para eliminar el posible efecto selectivo de las especies de planta (Jansa et al., 2002).

Las figuras 37 a 40 muestran algunas tinciones de raíces donde se pueden ver arbuscúlos, esporas y colonización de micorrizas arbusculares.

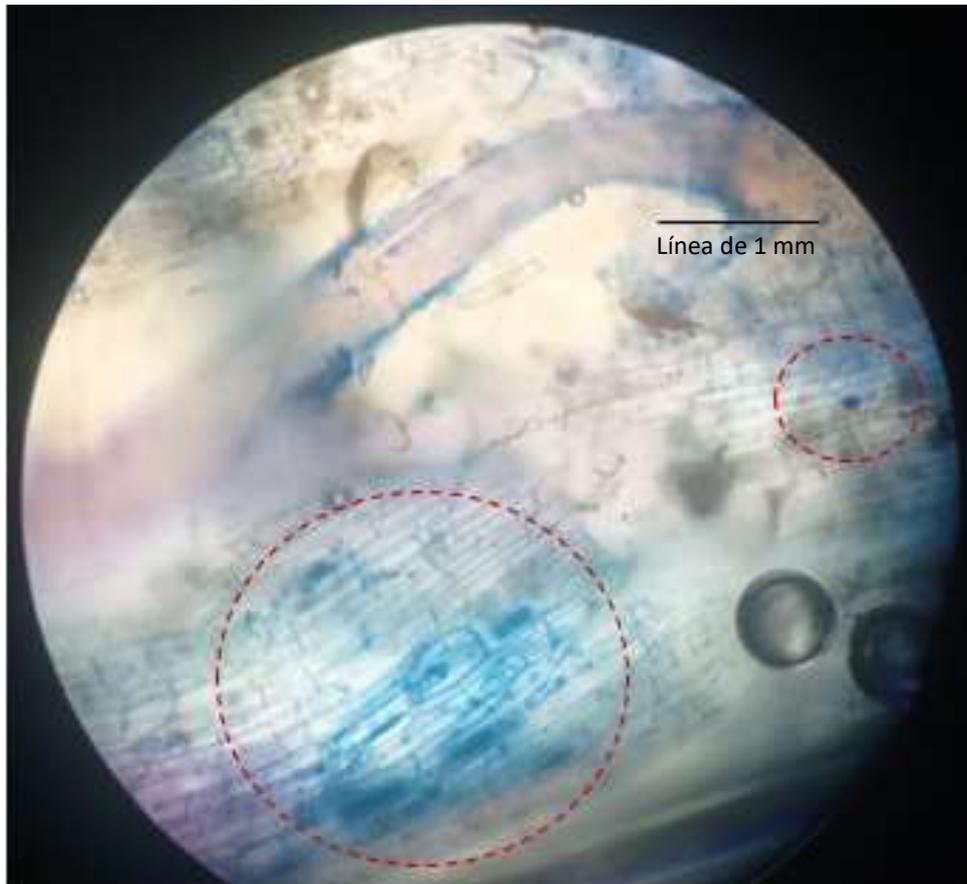


Figura 37. Arbúsculos y a la derecha una espóra germinando.

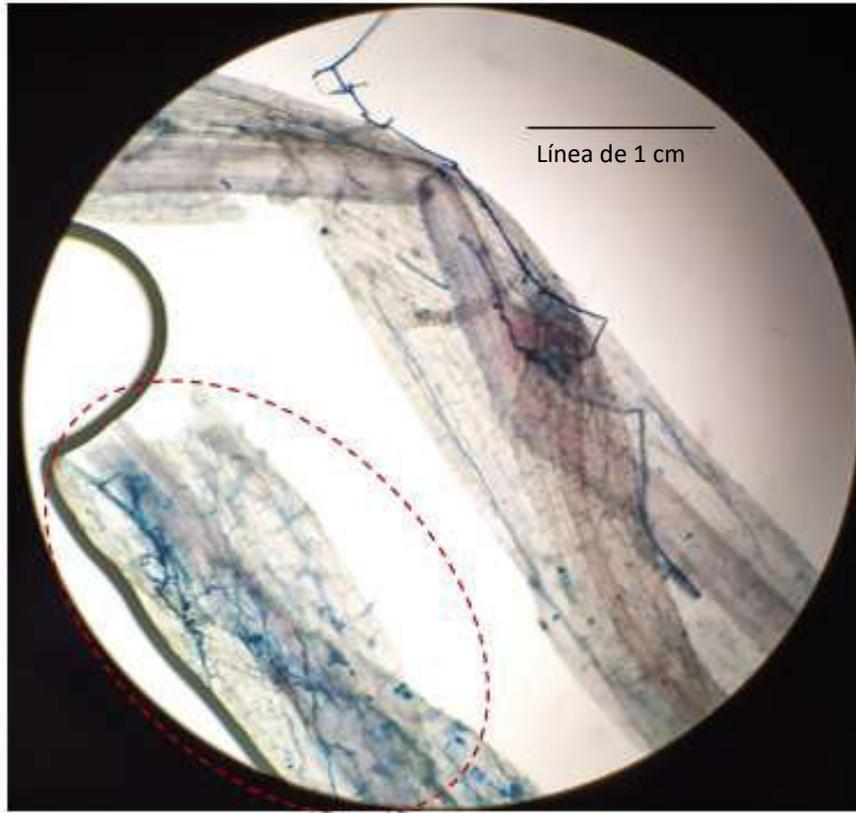


Figura 38. Raíces de sorgo en el análisis del NMP donde las hifas han colonizado.



Figura 39. Germinación de una hifa en el interior de la raíz.

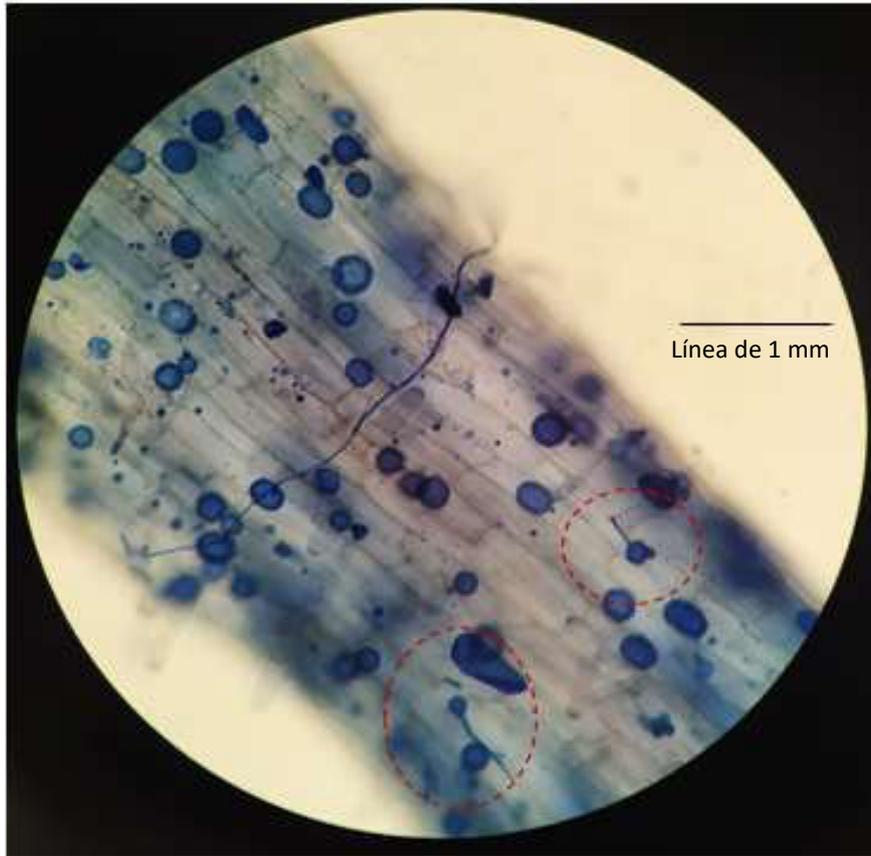


Figura 40. Esporas germinando en el interior de una raíz.

4.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

Los resultados obtenidos relativos a las texturas de las muestras analizadas se observan en la figura 41 para las especies de alcorques y en la figura 42 para las especies del parque (los resultados del análisis físicoquímico de todas las muestras se encuentran en el Anexo IV).

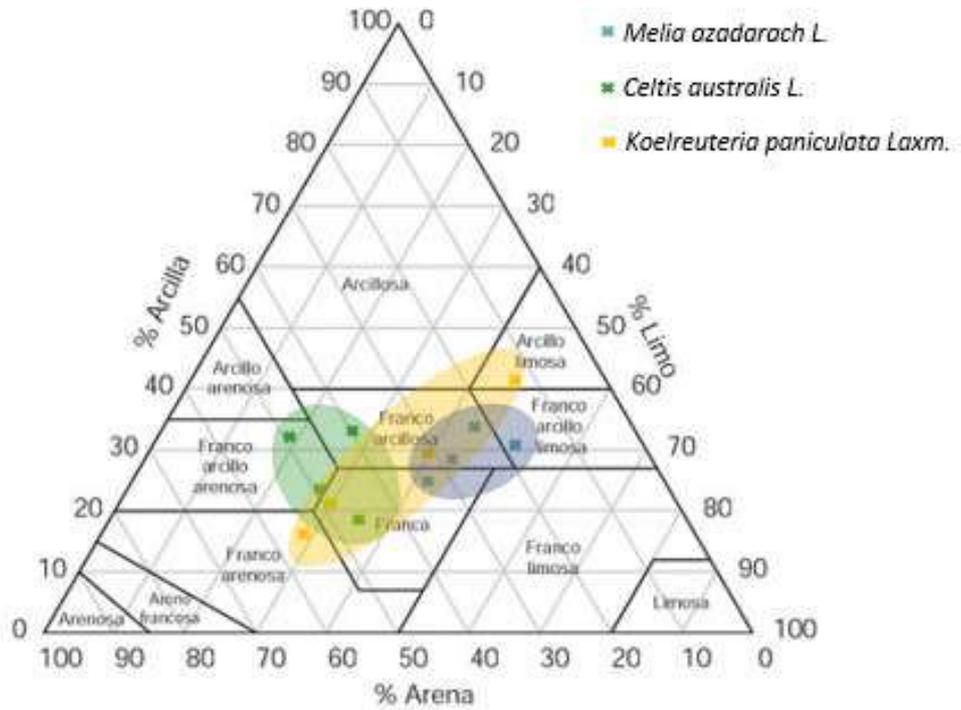


Figura 41. Distribución de la textura del suelo de los alcorques estudiados, diferenciada por especies *M. azedarach*, *C. australis*, *K. paniculata*.

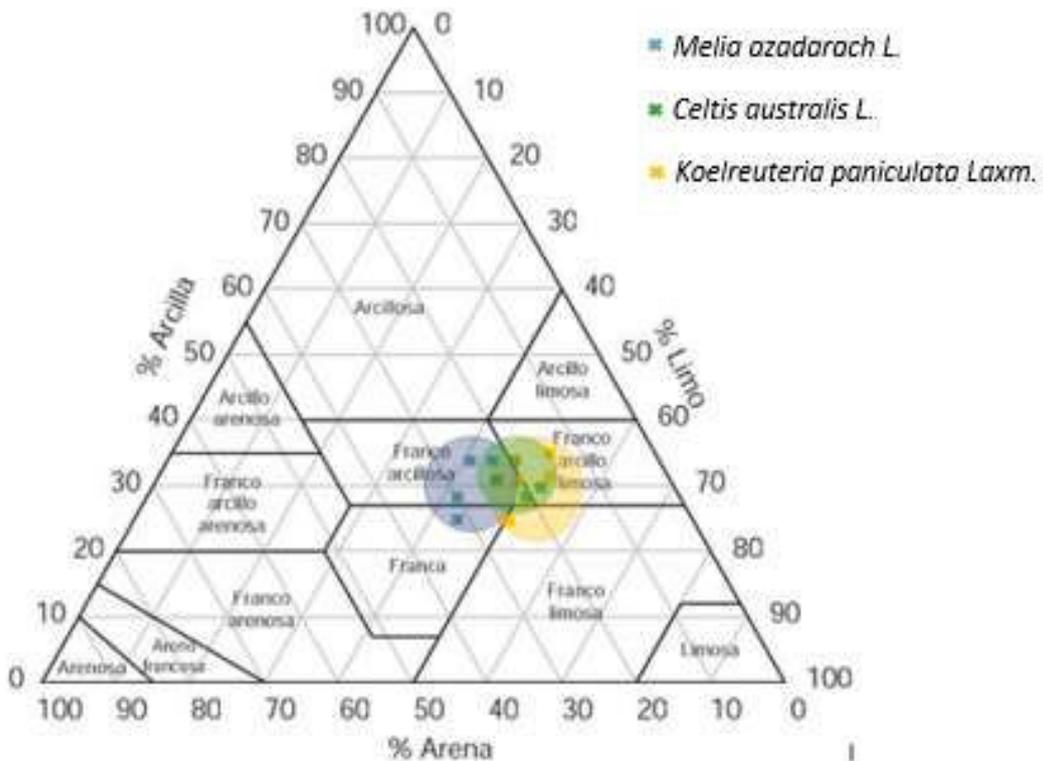


Figura 42. Distribución de la textura del suelo del parque diferenciada por especies *M. azedarach*, *C. australis*, *K. paniculata*.

En cuanto a los alcorques, se observó un rango amplio en las texturas del suelo. Sin embargo, existe una predominancia general de suelos franco-arcillosos y francos. Por

otro lado, todas las muestras de suelo del parque presentaron una textura semejante con predominancia de suelos franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos. Algunos árboles de la especie *K. paniculata* se adaptan a texturas diferentes como son franco-arenoso o arcillo limoso.

La tabla 9, muestra los estadísticos descriptivos de los parámetros analizados.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos (media, mediana desviación estándar, mínimo y máximo).

	pH	Salinidad (dS/m)	M. Orgánica (g/100g)	Fósforo (mg/kg)	Potasio (mg/kg)	Magnesio (mg/kg)
Media	8,17	0,90	3,53	13,21	286,25	320,83
Mediana	8,25	0,70	3,24	10,00	274,00	330,00
Desv. estándar	0,23	0,68	1,69	9,40	101,56	136,08
Mínimo	7,70	0,20	1,34	2,00	148,00	116,00
Máximo	8,50	2,60	6,69	33,00	522,00	506,00

Los valores obtenidos para el pH estuvieron en el rango comprendido entre 7,70 y 8,50, es decir, los suelos en general son básicos y apenas hay diferencias en este parámetro entre muestras. En cuanto a la salinidad, se observó un amplio rango de datos entre 0,2 y 2,60 dS/m. Lo mismo ocurría con la materia orgánica (entre 1,34 y 6,69 g/100 g), el fósforo (entre 2 y 33 mg/kg), el potasio (entre 148 y 522 mg/kg) y el magnesio (entre 166 y 506 mg/kg).

La tabla 10 refleja los resultados de la correlación entre el número de esporas de HMA y los parámetros fisicoquímicos obtenidos en cada muestra de suelo.

Tabla 10. Análisis de correlación entre el nº de esporas de HMA y los parámetros fisicoquímicos del suelo.

		Arena	Limo	Arcilla	pH	Salinidad	Materia Orgánica Oxidable	P	K	Mg
Esporas	Coefficiente de correlación	-0,499*	0,587**	0,468*	0,626**	0,051	0,336	-0,318	0,149	0,605**
	p-valor	0,013	0,003	0,021	0,001	0,813	0,108	0,130	0,487	0,003

Nota: (**) La correlación es significativa al nivel 0,01; (*) La correlación es significativa al nivel 0,05

El coeficiente de correlación de Spearman, está comprendido entre -1 y +1, y mide la fuerza de la relación lineal entre las variables de manera negativa o positiva. El p-valor muestra la significación de esta relación. En negrita se han señalado los p-valor $< 0,05$ para la correlación entre las variables fisicoquímicas con la variable esporas.

- Esporas con arena: correlación negativa con un coeficiente de Spearman de -0,499 y es estadísticamente significativa ($p = 0,013$).
- Esporas-limo: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,587 y es estadísticamente significativa ($p = 0,003$).
- Esporas-arcilla: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,468 y es estadísticamente significativa ($p = 0,021$).
- Esporas-pH: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,626 y es estadísticamente significativa ($p = 0,001$).
- Esporas-salinidad: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,051 y no es estadísticamente significativa ($p > 0,005$).
- Esporas-Materia Orgánica oxidable: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,336 y no es estadísticamente significativa ($p > 0,005$).
- Esporas- fósforo: correlación negativa con un coeficiente de Spearman de 0,318 y no es estadísticamente significativa ($p > 0,005$).
- Esporas- Potasio: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,149 y no es estadísticamente significativa ($p > 0,005$).
- Esporas-Magnesio: correlación positiva con un coeficiente de Spearman de 0,605 y es estadísticamente significativa ($p > 0,003$).

A continuación, se muestra el valor de la materia orgánica oxidable y del magnesio en función de la zona (parque/alcorque) según la prueba de U de Mann-Whitney (figuras 43 y 44).

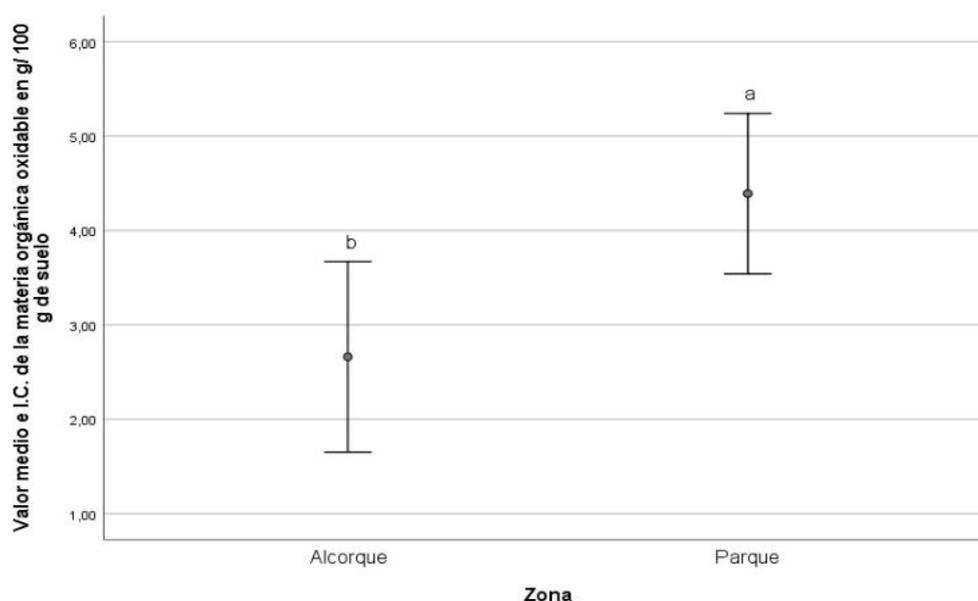


Figura 43. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % de la materia orgánica oxidable en función de la zona. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

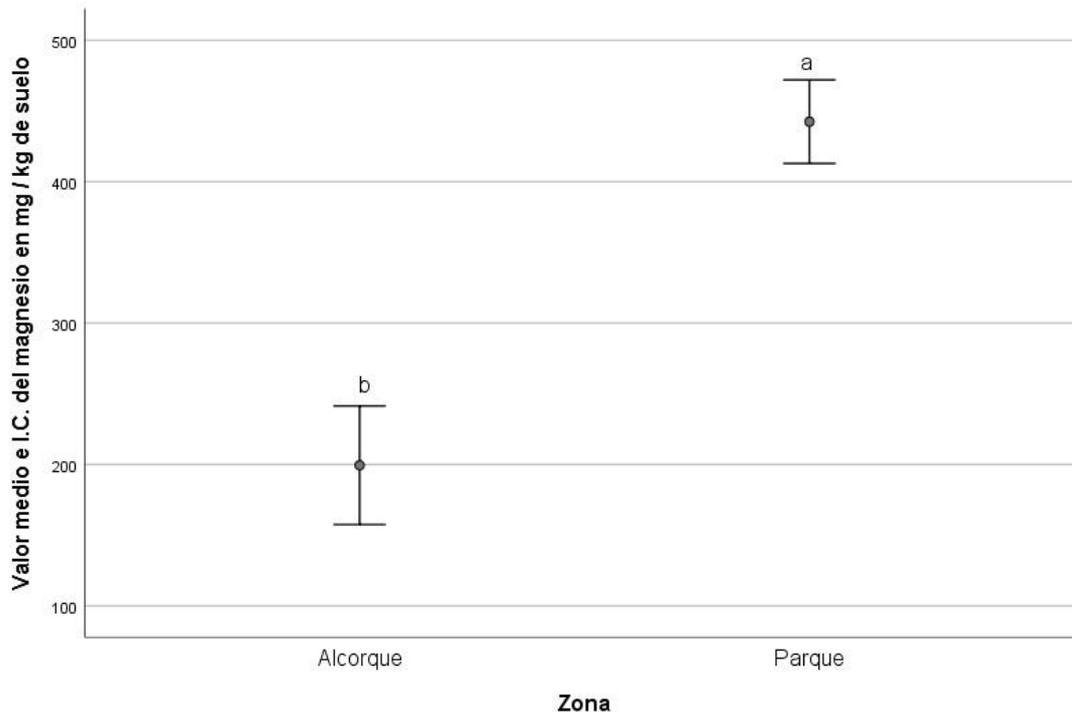


Figura 44. Valor medio e intervalo de confianza al 95 % del magnesio en función de la zona. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Con respecto a la materia orgánica oxidable, existen diferencias estadísticamente significativas entre sus valores en función de la zona ($p = 0,003$), siendo el dato medio, el doble en parque que en alcorque. Sin embargo, no se puede relacionar el número de esporas con este parámetro, ya que no se ha detectado una correlación estadísticamente significativa entre ellos. Este resultado no era de esperar, ya que la materia orgánica tiene una influencia positiva sobre diferentes parámetros del suelo, y entre ellos los biológicos, favoreciendo la simbiosis de micorrizas, aumentando la biodiversidad de organismos, la cantidad de nutrientes y energía, y regulando la actividad de los organismos (Labrador, 2009).

El magnesio también presentó diferencias estadísticamente significativas en su distribución por zonas ($p < 0,0001$), siendo su valor medio el doble en parque que en alcorques. En este caso, sí se detectó una correlación positiva y estadísticamente significativa entre este parámetro y el número de esporas, es decir, a mayor contenido de magnesio, mayor número de esporas contabilizado en el suelo. Sin embargo, el magnesio (al contrario que el fósforo) no es uno de los nutrientes que, de forma generalizada, se relacionen con el proceso de simbiosis micorrícica, y los altos niveles presentes en el suelo de parque podrían deberse a distintas procedencias, sin ser concluyente su relación con el estado de micorrización de los árboles.

En relación a otros parámetros fisicoquímicos, en cuanto a la textura del suelo, la distribución del contenido de arena, limo y arcilla es significativamente diferente en

cada zona ($p=0,014$, $p=0,02$ y $p=0,01$, respectivamente) Estos parámetros resultaron significativamente correlacionados con el número de esporas, de tal forma que, a mayor cantidad de limo y arcilla, mayor cantidad de esporas.

La textura influye en la distribución de algunos géneros de HMA, como ocurre en este estudio (género *Glomus*), posiblemente por la disponibilidad del oxígeno en el suelo. Según la bibliografía, la mayoría de los géneros sensibles a la textura prefieren suelos francos y no suelos arcillosos debido a la disponibilidad de oxígeno y el bajo drenaje, que promueven a la formación de microhábitats anaeróbicos en el suelo, afectando a la viabilidad de los propágulos (Peña-Venegas et al., 2006). En este caso, no se ha observado una relación inversa en la cantidad de arcilla, ya que los niveles observados no son extremos, pero sí en la cantidad de arena y esto puede deberse a que, en general, este tipo de textura contribuye a una menor reserva de nutrientes y a una menor capacidad de retención de agua.

En relación al pH del suelo, existe una distribución de este parámetro significativamente diferente en cada zona ($p=0,001$). El pH fue superior en la zona del parque, en la que se observó una mayor cantidad de esporas. Según los resultados obtenidos esta diferencia es significativa, sin embargo, apenas existe variación entre ambos datos medios (siendo en alcorque de 8,02 y en parque de 8,30). En cuanto a la literatura, conforme más neutro sea el pH mejores condiciones para la colonización de HMA (Peña-Venegas et al., 2006).

Es conveniente destacar que no se ha encontrado una correlación estadísticamente significativa entre la cantidad de fósforo y el número de esporas. Se conoce que este parámetro es la mayor limitante para la infección del suelo con micorrizas. Las micorrizas son las encargadas de facilitar el fósforo de forma asimilable a la planta cuando es deficiente. Sin embargo, en este estudio, ambas zonas tienen una cantidad similar de fósforo (alcorque 14,00 mg/kg y parque 12,42 mg/kg) y estos valores están dentro de los valores medios que se establecen entre 10,00 y 14,00 mg/kg, es decir, las plantas no deberían presentar deficiencias en este elemento (Quintero, 2002).

5. CONCLUSIONES

1. Se ha encontrado un bajo nivel de micorrización en las especies de árboles ornamentales estudiados *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Celtis australis* L. y *Melia azedarach* L. tanto en la zona de alcorque como en el parque, posiblemente asociado al estrés en esas condiciones y a la ausencia de micorrización desde etapas iniciales de crecimiento.
2. La flora arvense ubicada en los mismos alcorques que los árboles leñosos, muestra un porcentaje de colonización superior al 50% en casi todos los casos. Se demuestra que la falta de colonización de los árboles no es debida a un bajo potencial micorrícico del suelo.
3. Se manifiesta un mayor contenido de esporas en el suelo de parque que en el de alcorque. Considerándose en ambos casos valores por encima de otros estudios de la literatura.
4. Según los resultados obtenidos del NMP, se obtuvieron altos valores de colonización de las plantas de sorgo, lo que se puede asociar a altos potenciales micorrícicos, aunque estos análisis podrían no ser concluyentes y debería ampliarse el número de muestras.
5. La textura del suelo se ha presentado como el parámetro con una mayor influencia sobre el número de esporas presentes en el suelo.
6. Este trabajo se ha considerado un punto de partida en el estudio de la micorrización en el arbolado urbano de la ciudad de Zaragoza, el objetivo será conseguir datos futuros para realizar comparaciones con otras especies de árboles y con otros sistemas de manejo de la flora urbana.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 3 (5) pp. 55–60.
- Andrades, M., Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. (3ª ed). Rioja: Universidad de la Rioja, Servicio de publicaciones.
- Ayuntamiento de Zaragoza (2021). *Parques, jardines e infraestructura verde. Guía de especies Medioambiente y Sostenibilidad*. [Sitio web]. Recuperado el 9 de julio del 2021, de <https://www.zaragoza.es/sede/portal/medioambiente/infraestructura-verde/parques-jardines/especies/servicio/especie/>
- Ayuntamiento de Zaragoza (2013). Ordenanza de protección del arbolado urbano. [Sitio web]. Recuperado el 20 de octubre del 2021, de <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/normativa/4084>.
- Ayuntamiento de Zaragoza (2008). *Pliego de condiciones para la adquisición de arbolado, para plantaciones de las marras existentes en los viales, para la unidad de arboricultura y viveros del Ayuntamiento de Zaragoza*. 0570059/08. [Sitio web]. Recuperado el 20 de octubre del 2021, de <https://www.zaragoza.es/aytocasa/descargarFichero.jsp?id=211>
- Baar, J. (2010). *Development of soil quality metrics using mycorrhizal fungi*. Spanish Journal of Agricultural Research. pp. 137–143.
- Bainard, L.D., Klironomos, J.N., Gordon, A.M. (2011). *Arbuscular mycorrhizal fungi in tree-based intercropping systems: a review of their abundance and diversity*. Pedobiologia. 54 (2), pp. 57–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.11.001>
- Ballesta, R.J., Quiñones, V.G. (2006). La Calidad de Suelos como medida para su conservación. *Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica*. 13 (3), 125–138.
- Barea, J.M. (2009). *Mycorrhizas and agricultural fertility*. *Current Tropics in Agriculture*. USA: Studium Press. pp. 257-274.
- Borelli, S., Conigliaro, M., Yujuan, C. (2017). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Estudio FAO: Montes (FAO) 178.
- Budi, S.W., Setyaningsih, L. (2013). *Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improved early growth of neem (Melia azedarach Linn.) seedling under greenhouse conditions*. Jurnal Manajemen Hutan Tropika. 19 (2), pp. 103–110. DOI: <https://doi.org/10.7226/jtfm.19.2.103>
- Cano, M.A. (2011). *Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp.* Una revisión. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. 14 (2), pp. 15–31.
- Castillo Rodríguez, L., Armando Ferro Cisneros, S. (2015). *La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: verde con respuntes negros*. Arquitectura y Urbanismo. 36. pp. 5–24.
- Chamola, B., Pandwal, B., Uniyal, P., Aziem, S. (2014). *Growth Responses of Some Fodder Tree Species on Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. 3(11). Pp 52-60.
- Cluzeau, D., Guernion, M., Chaussod, R., Martin-Laurent, F., Villenave, C., Cortet, J., Ruiz-Camacho, N., Pernin, C., Mateille, T., Philippot, L. (2012). *Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types*. European Journal of Soil Biology. 49. pp. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.11.003>

- Cruz, A.B., Barra, J.E., del Castillo, R.F., Gutiérrez, C. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. Ecosistemas. 13 (2).
- Durán, S.S. (2012). *Ectomicorrizas en el cultivo de trufa negra: ecología, diversidad y gestión*. Universidad de Zaragoza.
- Eduque Palomo, A.I., Aldea Chagoyen, C., Martínez-Rica, J.P. (2012). *Los árboles del campus*. Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.
- FAO (2015). *Carta mundial de los suelos*. 12(1).
- Fisher, F.S.R.A., Yates, F. (1963). *Statistical tables for biological, agricultural and medical research, edited by RA Fisher and F. Yates*. (6th ed). Edinburgh, Scotland: Oliver and Boyd.
- Fray, P. (2010). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible*.
- Galindo-Bianconi, A.S., Victoria-Urbe, R. (2012). *La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca*. Universidad Autónoma del Estado de México. Revista de Estudios Territoriales 14 (1). pp. 98–108.
- Garbisu, C., Becerril, J.M., Epelde, L., Alkorta, L. (2007). *Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador*. Ecosistemas 16 (2).
- García, Á.L. (2013). *Incidencia de la degradación del hábitat, la estacionalidad climática y el hábito de crecimiento de la planta hospedadora sobre la diversidad de las comunidades de hongos micorrícicos arbusculares, y su dinámica de sucesión, asociados a plantas características de ambientes mediterráneos*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Estación Experimental del Zaidín. DOI: 10.1007/s11104-013-1625-0
- García-García, M.J., Christien, L., García-Escalona, E., González-García, C. (2020). Sensitivity of green spaces to the process of urban planning. Three case studies of Madrid (Spain). 100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102655>
- García-González, I., Quemada, M., Gabriel, J.L., Hontoria, C. (2016). *Arbuscular mycorrhizal fungal activity responses to winter cover crops in a sunflower and maize cropping system*. Applied Soil Ecology 102. pp. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.02.006>
- Gerdemann, J., Nicolson, T.H. (1963). *Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting*. Transactions of the British Mycological society 46 (2), pp. 235–244.
- Gobierno de Aragón. DECRETO 27/2015, de 24 de febrero, del Gobierno de Aragón, por el que se regula el Catálogo de árboles y arboledas singulares de Aragón. Boletín Oficial de Aragón. núm. 45.
- Gosling, P., Ozaki, A., Jones, J., Turner, M., Rayns, F., Bending, G.D. (2010). *Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonisation potential and spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi*. Agriculture, ecosystems & environment 139 (1) (2). pp. 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.08.013>
- Jaizme-Vega, M.C. (2010). *Las micorrizas, microorganismos esenciales en la agricultura ecológica*. Biodiversidad Agraria, pp. 28–29.
- Jaizme Vega, M.C. (2019). *Las micorrizas, una estrategia Agroecológica para optimizar la calidad de los cultivos*. Phutoma España S.L, Universidad de La Laguna, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

- Jaizme-Vega, M. del C., Rodríguez-Romero, A.S. (2008). *Integración de microorganismos benéficos (Hongos micorrícicos y bacterias izoféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias*. Agroecología, 3.
- Jansa, J., Mozafar, A., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I., Frossard, E. (2002). *Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil*. Mycorrhiza 12. pp. 225–234. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-002-0163-z>
- Koske, R., Gemma, G., Carreiro, M. (1989). *Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in a sand dune*. Mycological Research 92 (3). pp 317–321. DOI [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80072-3](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80072-3)
- Labrador, J. (2009). *La materia orgánica en los agrosistemas*. III Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH. Almería.
- Medina, L.R., Rodríguez, Y., Torres, Y., Herrera, R. (2010). *Aislamiento e identificación de hongos micorrícicos arbusculares nativos de la zona de las Caobas, Holguín*. Cultivos Tropicales 31 (3).
- Negrete-Yankelevich, S., Maldonado-Mendoza, I.E., Lázaro-Castellanos, J.O., Sangabriel-Conde, W., Martínez-Álvarez, J.C. (2013). *Arbuscular mycorrhizal root colonization and soil P availability are positively related to agrobiodiversity in Mexican maize polycultures*. *Biology and fertility of soils*. 49, pp. 201–212.
- Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano (2013). Ayuntamiento de Zaragoza. [Sitio web]. Recuperado el 5 de abril del 2022 <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/normativa/4084>
- Peña-Venegas, C.P., Cardona, G.I., Mazorra, A., Arguellez, J.H., Arcos, A.L. (2006). *Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Catálogo Ilustrado*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Colombia. Pp. 90.
- Pennock, D., McKenzie, N. (2015). *Estado mundial del Recurso suelo (EMRS)-Resumen técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo*, Roma, Italia.
- Pérez, M. (2019). *Potencial micorrícico y microorganismos fúngicos cultivables en suelos de agricultura ecológica de la Hoya de Huesca*. [Trabajo Fin de Grado]. Escuela Politécnica superior de Huesca.
- Phillips, J.M., Hayman, D. (1970). *Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection*. Transactions of the British mycological Society 55, pp. 158–161.
- Porter, W. (1979). *The 'Most Probable Number' method for enumerating infective propagules of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil*. Soil Research 17 (3), pp. 515–519. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR9790515>
- Priego, C. (2002). *Beneficios del arbolado urbano*. [Ensayo doctorado].
- Purcell, L. (2015). *Lo esencial para la poda de árboles*. Forestry and Natural Resources. 506, pp. 1–18.
- Quintero, C.E. (2002). *Dosificación del Fósforo según Tipos de Suelos*. 16.
- Rama, M., Andrade, E., Moreira, M.T., Feijoo, G., González-García, S. (2021). *Defining a procedure to identify key sustainability indicators in Spanish urban systems: Development and application*. Sustainable Cities and Society. 70, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102919>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay.

- Sánchez, M., Prager, M., Naranjo, R.E., Sanclemente, O.E. (2012). *El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas*. Agroecología 7, pp. 19–34.
- Sansón, E.G. (2017). *La importancia de la actividad biológica del suelo en la regulación de las poblaciones de "ceratitis capitata"*. Universidad de Extremadura.
- Segueda, A.N., Correa, G.V., Blanco, J.L., Gamino, M. de L.R. (2011). *Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo*. 80. pp 29–37.
- Smith, S.E., Read, D.J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. (3^o ed.). Academic press.
- Socarrás, A. (2013). *Soil mesofauna: biological indicator of soil quality*. Pastos y Forrajes 36. pp 14–21.
- SSSA (2022). *Sociedad de la Ciencia del Suelo de América*. [Sitio web]. Recuperado el 5 de abril del 2022, de www.soils.org
- Tapia-Goné, J., Ferrera-Cerrato, R., Varela-Fregoso, L., Rodríguez Ortiz, J.C., Lara Mireles, J., Soria Colunga, J.C., Cuellar Torres, H., Tiscareño Iracheta, M.A., Cisneros Almazán, R. (2008). *Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México*. Revista mexicana de micología. 26, pp 1–7.
- United Nations (2014). *World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights*. department of economic and social affairs. Population Division, United Nations. 32 (1).
- Urcelay, C., Díaz, S. (2003). *The mycorrhizal dependence of subordinates determines the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant diversity*. Ecology Letters. 6, pp 3. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00444.x>

7. ANEXOS

ANEXO I. ESPECIES Y VARIEDADES PARA EL ARBOLADO URBANO DE ZARAGOZA

Se detallan todas las especies que pueden ser utilizadas en los viveros para el arbolado urbano, además de sus características y su precio según el Priego de condiciones para la adquisición del arbolado de febrero del 2008. Además, todas las especies serán servidas en cepellón o contenedor, quedando prohibida la entrega de ejemplares a raíz desnuda.

Tabla A.1 Especies y variedades de los viveros para el arbolado urbano de Zaragoza

CÓDIGO	ESPECIE/ PRECIO	CARACTERÍSTICAS
01011C	<i>Ginkgo biloba</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
01011D	<i>Ginkgo biloba</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
02062R	<i>Cedrus atlántica</i>	De 2,5-3 m. de altura.
02062S	<i>Cedrus atlántica</i>	De 3-3,5 m. de altura
02063R	<i>Cedrus deodara</i>	De 2,5-3 m. de altura
02063S	<i>Cedrus deodara</i>	De 3-3,5 m. de altura.
02074Q	<i>Pinus pinea</i>	De 2-2,5 m. de altura
02074R	<i>Pinus pinea</i>	De 2,5-3 m. de altura
04015R	<i>Cupressus sempervirens "Stricta"</i>	De 2,5-3 m. de altura
04015S	<i>Cupressus sempervirens "Stricta"</i>	De 3-3,5 m. de altura
04016R	<i>Cupressus arizonica "Fastigiata"</i>	De 2,5-3 m. de altura
04016S	<i>Cupressus arizonica "Fastigiata"</i>	De 3-3,5 m. de altura
04081R	<i>Cupressocyparis leylandii</i>	De 2,5-3 m. de altura.
04081S	<i>Cupressocyparis leylandii</i>	De 3-3,5 m. de altura.
07011O	<i>Taxus baccata</i>	De 1,5-1,75 m. de altura
07011P	<i>Taxus baccata</i>	De 1,75-2 m. de altura
12031Q	<i>Trachycarpus fortunei</i>	De 2-2,5 m. de altura
12031R	<i>Trachycarpus fortunei</i>	De 2,5-3 m. de altura.
21012C	<i>Populus alba "Pyramidalis"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
21012D	<i>Populus alba "Pyramidalis"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
21015C	<i>Populus nigra "Italica"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
21015D	<i>Populus nigra "Italica"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
21016C	<i>Populus alba "Nivea"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
21016D	<i>Populus alba "Nivea"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
22011C	<i>Hibiscus silyacus</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
22011D	<i>Hibiscus silyacus</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23015C	<i>Betula pendula</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
23015D	<i>Betula pendula</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23023C	<i>Alnus cordata</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23023D	<i>Alnus cordata</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23032C	<i>Corylus colurna</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23032D	<i>Corylus colurna</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.

23041C	<i>Carpinus betulus</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
23041D	<i>Carpinus betulus</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
23051C	<i>Ostrya carpinifolia</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
23051D	<i>Ostrya carpinifolia</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
25023C	<i>Zelkova serrata</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
25023D	<i>Zelkova serrata</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
25031C	<i>Zelkova serrata</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
25031D	<i>Zelkova serrata</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
26014C	<i>Morus alba "Kagayamae"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
26014D	<i>Morus alba "Kagayamae"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
26021C	<i>Broussonetia papyrifera</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
26021D	<i>Broussonetia papyrifera</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
28011C	<i>Magnolia grandiflora/</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
28011D	<i>Magnolia grandiflora</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
28018T	<i>Magnolia grandiflora</i>	Altura de tronco 4-4,5 m.
28018U	<i>Magnolia grandiflora</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
31013C	<i>Platanus hispánica</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
31013D	<i>Platanus hispánica</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
31013E	<i>Platanus hispánica</i>	De 20-25 cm. de circunferencia.
32011C	<i>Liquidambar styraciflua</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
32011D	<i>Liquidambar styraciflua</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
32021C	<i>Parrotia pérsica</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
32021D	<i>Parrotia pérsica</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
34034C	<i>Crataegus laevigata "Paul Scarlet"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
34034D	<i>Crataegus laevigata "Paul Scarlet"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
34061C	<i>Sorbus aria</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
34061D	<i>Sorbus aria</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
34062C	<i>Sorbus torminalis</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
34062D	<i>Sorbus torminalis</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
34082C	<i>Malus evereste "Perpetu"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
34082D	<i>Malus evereste "Perpetu"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
34083C	<i>Malus trilobata</i>	De 12-14 cm. de circunferencia.
34083D	<i>Malus trilobata</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
35042C	<i>Prunus cerasifera "Nigra"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
35042D	<i>Prunus cerasifera "Nigra"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
35048C	<i>Prunus serrulata "Kanzan"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
35048D	<i>Prunus serrulata "Kanzan"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
35052C	<i>Prunus serrulata "Amanogawa"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
35052D	<i>Prunus serrulata "Amanogawa"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36041C	<i>Cercis siliquastrum</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.
36041D	<i>Cercis siliquastrum</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36053C	<i>Gleditsia triacanthos "Inermis"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia.

36053D	<i>Gleditsia triacanthos "Inermis"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36055C	<i>Gleditsia triacanthos "Skyline"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
36055D	<i>Gleditsia triacanthos "Skyline"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36061C	<i>Sophora japónica</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
36061D	<i>Sophora japónica</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36062C	<i>Sophora japonica "Pendula"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
36062D	<i>Sophora japonica "Pendula"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
36082C	<i>Albizzia julibrissin "Ombrella"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
36082D	<i>Albizzia julibrissin "Ombrella"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
40014C	<i>Acer campestre</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
40014D	<i>Acer campestre</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
40018C	<i>Acer freemanii "Autumn Blaze"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
40018D	<i>Acer freemanii "Autumn Blaze"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
41011C	<i>Aesculus hippocastanum</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
41011D	<i>Aesculus hippocastanum</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
42011C	<i>Tilia platyphyllos</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
42011D	<i>Tilia platyphyllos</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
42017C	<i>Tilia tomentosa "Brabant"</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
42017D	<i>Tilia tomentosa "Brabant"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
43011B	<i>Hibiscus silyacus</i>	De 12-14 cm. de circunferencia
43011C	<i>Hibiscus silyacus</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
47011C	<i>Fraxinus excelsior</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
47011D	<i>Fraxinus excelsior</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
43013C	<i>Fraxinus ornus</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
47013D	<i>Fraxinus ornus</i>	De 16-18 cm. de circunferencia.
47016D	<i>Fraxinus oxycarpa "Raywood"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
47016D	<i>Fraxinus oxycarpa "Raywood"</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
47022C	<i>Ligustrum japonicum</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
47022D	<i>Ligustrum japonicum</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
50012C	<i>Catalpa bungei</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
50012D	<i>Catalpa bungei</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
50031C	<i>Chitalpa tashkentensis</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
50031D	<i>Chitalpa tashkentensis</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
51011C	<i>Melia azedarach</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
51011D	<i>Melia azedarach</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
52011C	<i>Ailanthus altissima</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
52011D	<i>Ailanthus altissima</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
56011C	<i>Koelreuteria paniculata</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
56011D	<i>Koelreuteria paniculata</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
57011B	<i>Lagerstroemia indica</i>	De 12-14 cm. de circunferencia
57011C	<i>Lagerstroemia indica</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
59011C	<i>Tamarix gallica</i>	De 14-16 cm. de circunferencia

59011D	<i>Tamarix gallica</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
59015C	<i>Tamarix pentandra</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
59015D	<i>Tamarix pentandra</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
62011C	<i>Casuarina equisetifolia</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
62011D	<i>Casuarina equisetifolia</i>	De 16-18 cm. de circunferencia
66011C	<i>Pawlonia tomentosa</i>	De 14-16 cm. de circunferencia
66011D	<i>Pawlonia tomentosa</i>	De 16-18 cm. de circunferencia

ANEXO II. CONDICIONES DE TAMAÑO, DESARROLLO, FORMA DE CULTIVO Y TRASPLANTE ESPECIFICADAS QUE TIENEN QUE CONSIDERAR LOS VIVEROS PARA EL ARBOLADO URBANO DE ZARAGOZA

Según el Anexo II del Pliego de Condiciones para la adquisición de arbolado, para plantaciones de las marras existentes en los viales, para la unidad de arboricultura y viveros del Ayuntamiento de Zaragoza, se explican cómo ha de ser el arbolado para ser utilizado en la ciudad de Zaragoza.

PRESENTACIÓN DE LOS ÁRBOLES A SUMINISTRAR.

La planta a utilizar podrá ser servida en dos formas distintas, definiéndose a continuación las características de ambas:

- PLANTA EN CEPELLÓN.

Toda la planta que se suministre en cepellón deberá cumplir una relación mínima entre el diámetro del árbol y el diámetro del cepellón. Así pues, el diámetro del cepellón será, como mínimo, 9 veces mayor que el diámetro del tronco del árbol a una altura del suelo de 30 centímetros.

Deberá contener un buen sistema radical, de raíces secundarias que garanticen su arraigamiento.

- SOLIDEZ DEL CEPELLÓN.

Si los árboles son arrancados en cepellón, éste debe ser completamente sólido con respecto al tronco del árbol. En el caso de que existan raíces que sobresalgan del cepellón y que sean muy largas o se encuentren desgarradas o rotas, deberán ser cortadas con una tijera de mano muy afilada, realizando un corte oblicuo y limpio, justo por encima de la superficie externa del cepellón.

- ENVOLTURAS DEL CEPELLÓN.

Si fuese necesario sujetar el cepellón al sacarlo del vivero, se envolverá este con arpillera natural y se atará con cuerda de pita. Si se decidiese sujetar con malla metálica, ésta será de alambre sin galvanizar. El atado del rete metálico se realizará con alambre fino, sin galvanizar. En ninguno de los dos casos descritos deberá quitarse la envuelta que sujeta al cepellón, pues el árbol será manipulado por el personal de Parques y Jardines, o de su Contrata, con dicha envuelta. No se aceptarán cepellones escayolados.

- ARBOLES EN CONTENEDOR

En aquellas plantas que se oferten en contenedor, se deberá indicar el tamaño de éste.

Toda la planta suministrada en contenedor, habrá crecido sólo un periodo vegetativo en el mismo, debiendo ocupar dichas raíces todo el sustrato del contenedor de manera uniforme, pero sin crecer de forma helicoidal. Estas plantas deberán haber sufrido repicados sucesivos en su periodo de formación. Las raíces serán de color claro que indique su juventud.

El tronco del árbol estará sólidamente unido a el suelo existente en el interior del recipiente.

El contenedor será de un tamaño proporcional al tamaño de los ejemplares suministrados, guardando la misma relación de 9:1 mencionada para los cepellones. No presentará raíces con forma espiral o circular, ni otros defectos que tengan como origen el desarrollo en contenedor.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES A SUMINISTRAR

- TAMAÑO DE LA PLANTA.

El tamaño de la planta deberá poseer un perímetro de tronco (expresado en cm.), una altura total o un diámetro de copa, que se especifica en el Anexo I del presente Pliego de Condiciones.

- AUSENCIA DE ENFERMEDADES Y PLAGAS.

Deberán de estar libres de cualquier enfermedad o plaga que pueda afectar a la especie elegida y que afecten a su calidad de manera significativa.

- FORMA DE LA COPA.

Deberá presentar una copa bien formada y la guía del árbol, en caso de ser un rasgo específico o varietal, estará en su totalidad.

- ALTURA DE LA COPA.

Deberán presentar un tronco completamente recto y libre de ramas hasta una altura mínima de 2,4 metros, o bien presentar ramas dispuestas regularmente desde la base.

- RAMIFICACIÓN

Los árboles no deberán presentar una copa formada por troncos o ramas múltiples en el mismo punto de inserción, que originan horcaduras débiles. Las ramas deberán presentar una disposición natural dependiendo de la especie.

- AUSENCIA DE HERIDAS Y CANCROS.

No deberá presentar descortezamientos y/o heridas causadas durante su manipulación, o canchros y/o depresiones causadas por antiguos descortezamientos, necrosis del cámbium o podas de ramas de diámetro superior a 3 cm.

- FORMA DE LOS CORTES REALIZADOS.

No presentará cortes "a ras", realizados en vivero durante los años de crianza.

- AUSENCIA DE REBROTOS.

No deberá presentar exceso de rebrotes originados por cortes "a ras", exceso de poda, o cualquier otro motivo.

- FORMA DE LAS HORCADURAS.

No presentará horcaduras débiles estructuralmente, causadas de forma habitual por corteza incluida o por ramas que presentan horcadura en "V".

- PRESENTACIÓN DE LOS TRONCOS.

Los troncos no estarán vendados con material textil que pueda ocultar defectos que pudieran existir, tapar la iluminación del córtex del tronco o servir de refugio a diversos insectos.

- AUSENCIA DE PODA.

La planta no será podada hasta el año siguiente de su plantación, por lo que está completamente prohibido terciar la planta antes del transporte o de la entrega. Sólo deberán podarse las ramas que hayan podido romperse durante la manipulación y el transporte, siempre con posterioridad a su entrega.

- RESERVAS DE LA PLANTA.

La planta deberá tener abundantes reservas en el sistema radicular, así como en las zonas anexas a las yemas de crecimiento.

- NORMA GENERAL

Las plantas estarán bien formadas (lo que excluye las que posean heridas o canchales que hayan originado madera de herida, plantas con tallo desprovisto de yema terminal clara y sana, plantas con ramificación insuficiente, plantas con cuello de raíz dañado, plantas perennifolias con las hojas más recientes gravemente dañadas, etc.) y no deberán haber sufrido mutilaciones o podas que contradigan las características de las plantas ofertadas o hagan peligrar su viabilidad futura. La presencia de guía terminal será exigible, en principio, en todas las especies de arbolado en que sea característica y deberá especificarse en su oferta su existencia o no, para su valoración en concurso. No presentarán heridas en su corteza, fuera de las normales de la poda correcta. En arbolado ofertado con copa a 2'4 m. no presentará heridas recientes por corte de ramas del tronco.

ANEXO III. LISTADO DE LAS ESPECIES DE ARBOLADO DE ZARAGOZA
CLASIFICADAS EN ADECUADAS, ACEPTABLES E INADECUADAS O PROHIBIDAS

A continuación, se muestra una tabla con el listado de especies para el arbolado urbano de Zaragoza, clasificadas como especies recomendada, posibles y desaconsejadas o prohibidas.

Tabla A.2 Listado de las especies para el arbolado urbano de la ciudad de Zaragoza.

ESPECIES RECOMENDADAS	ESPECIES POSIBLES	ESPECIES DESACONSEJADAS O PROHIBIDAS
<i>Acer campestre</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Acacia</i> spp
<i>Acer monpessulanum</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Acer negundo</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Albizia julibrissin</i>	<i>Ailanthus altissima</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Arbutus unedo</i>	<i>Alnus cordata</i>
<i>Biota orientalis</i>	<i>Butia capitata</i>	<i>Brachychiton populneus</i>
<i>Calocedrus decurrens</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Broussonetia papyrifera</i>
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	<i>Cedrus</i> spp.	<i>Catalpa bignonioides</i>
<i>Celtis australis</i>	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	<i>Cotoneaster</i> spp. (*)
<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Chitalpa tashkentensis</i>	<i>Crataegus</i> spp. (*)
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	<i>Cinnamomum camphora</i>	<i>Cydonia</i> spp. (*)
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Eleagnus angustifolia</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Eriobotrya</i> spp. (*)
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Cupressus macrocarpa</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>
<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Koelreuteria paniculata</i>	<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	<i>Mespilus</i> spp. (*)
<i>Melia azedarach</i>	<i>Ficus carica</i>	<i>Malus</i> spp. (*)
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Firmiana simple</i>	<i>Phoenix canariensis</i>
<i>Populus alba</i>	<i>Juglans nigra</i>	<i>Phoenix dactylifera</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Juglans regia</i>	<i>Pyracantha</i> spp. (*)
<i>Sophora japonica</i>	<i>Lagerstroemia indica</i>	<i>Pyrus</i> spp. (*)
<i>Tamarix gallica</i>	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Taxus baccata</i>	<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>Sorbus</i> spp. (*)
<i>Trachycarpus fortunei</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>	
<i>Washingtonia filifera</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i>	
<i>Zelkova serrata</i>	<i>Magnolia grandiflora</i>	
	<i>Morus alba</i>	
	<i>Morus alba "Pendula"</i>	
	<i>Olea europaea</i>	
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	
	<i>Pawlonia tomentosa</i>	
	<i>Picea abies</i>	
	<i>Picea pungens</i>	

	<i>Pinus halepensis</i>	
	<i>Pinus pinea</i>	
	<i>Prunus cerasifera</i> "Atropurpurea"	
	<i>Prunus laurocerasus</i>	
	<i>Prunus spp</i>	
	<i>Punica granatum</i>	
	<i>Quercus ilex</i>	
	<i>Salix babylonica</i>	
	<i>Schinus molle</i>	
	<i>Tilia cordata</i>	
	<i>Tilia tomentosa</i>	
	<i>Ulmus resista</i>	
	<i>Ulmus spp.</i>	

Dentro del grupo de especies denominadas inadecuadas o prohibidas. Aquellas marcadas con (*) son aquellas que sobre todo no resultan aptas para su plantación, es decir, que están prohibidas, debido a que pertenecen a géneros afectados por *Erwinia amylovora* (fuego Bacteriano).

Además, todas aquellas especies no reflejadas en este listado y cuya plantación se considere necesaria en cualquier proyecto, deberán ser descritas conforme a sus características de cultivo incidiendo en los motivos por los que se pretende su plantación. Una vez examinada por el Servicio de Parques y Jardines, se aceptará o rechazará su plantación, incluyéndose en el listado en función de su comportamiento.

ANEXO IV. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS SUELOS MUESTREADOS



GOBIERNO DE ARAGON
 Departamento de Agricultura,
 Ganadería y Medio Ambiente
LABORATORIO AGROAMBIENTAL
 Av. Montaña, 1003
 Telef. 976 716 480
 Fax: 976 736 487
 50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 01/12/2021
 Su referencia 26/358
 Número de registro 20210004644
 Análisis Informativo
 Copia boletín nº 0



Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
 SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
 Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021 Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	15,63	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	5,34	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	36,39	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	42,64	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,2	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,4	± 0,06
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	2,24	± 0,28
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	31	± 5
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	290	± 49
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-006	mg/kg	230	± 37

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

El Responsable Técnico

Nicolás Abancens Tejero

Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (t=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/11
Número de registro 20210004645
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021 Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

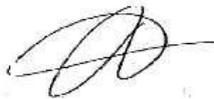
DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0.05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	57,93	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	7,05	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	18,98	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	16,04	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2.5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,4	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,2	± 0,03
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	1,85	± 0,23
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	12	± 2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	284	± 48
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	116	± 19

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

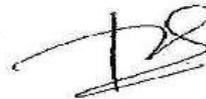
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. **NIF o CIF** Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021**Fecha de finalización de los análisis:** 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	31,20	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	6,91	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	31,50	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	30,39	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,1	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,8	± 0,1
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	1,77	± 0,22
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	8	± 1,3
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	190	± 32
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	220	± 35

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.



GOBIERNO DE ARAGON
 Departamento de Agricultura,
 Ganadería y Medio Ambiente
LABORATORIO AGROAMBIENTAL
 Av. Montañesa, 1005
 Tel.º 976 716 480
 Fax. 976 716 487
 50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 01/12/2021
 Su referencia 27/12
 Número de registro 20210004647
 Análisis Informativo
 Copia boletín nº 0



Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
 SUELO
 Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
 Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA
 Contenedora en ENVASE DE PLÁSTICO
 Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021 Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	47,23	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	7,58	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	22,93	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	22,26	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,2	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,5	± 0,07
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	1,56	± 0,20
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	7	± 1,2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	176	± 29
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	160	± 26

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico

Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/522
Número de registro 20210004648
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	20,59	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	8,46	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	35,17	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	35,78	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,0	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	1,2	± 0,2
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	1,76	± 0,22
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	13	± 2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	178	± 30
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	286	± 46

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

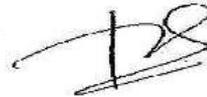
V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/3992
Número de registro 20210004649
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	37,01	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	13,12	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	26,59	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	23,28	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,0	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,4	± 0,05
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	6,48	± 0,82
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	33	± 6
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	218	± 37
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	310	± 50

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 30/119
Número de registro 20210004650
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CATEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	17,57	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	17,57	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	37,02	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	27,84	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		7,8	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	2,5	± 0,4
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	1,72	± 0,22
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	2	± 0,3
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	248	± 42
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	140	± 23

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

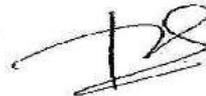
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 30/120
Número de registro 20210004651
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	30,45	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	13,16	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	30,94	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	25,45	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2.5 por potenciometría	MT-SUE-007		7,9	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	2,5	± 0,4
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	1,79	± 0,23
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	9	± 1,5
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	356	± 60
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	144	± 23

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

El Responsable Técnico



Nicolás Abancens Tejero



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/239
Número de registro 20210004652
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. **NIF o CIF** Q-5018001-G
Ctra. de Cuarele s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	50,39	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	6,37	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	20,17	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	23,07	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		7,7	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	1,2	± 0,2
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	2,63	± 0,33
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	24	± 4
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	326	± 55
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	124	± 20

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

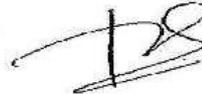
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/426
Número de registro 20210004653
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo:
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	51,05	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	10,50	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	21,56	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	16,89	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		7,7	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	1,2	± 0,2
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	4,58	± 0,58
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	17	± 3
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	264	± 44
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	208	± 33

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 27/58
Número de registro 20210004654
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	40,10	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	8,33	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	25,69	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	25,88	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,1	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,6	± 0,09
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	1,34	± 0,17
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	7	± 1,2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	148	± 25
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	180	± 29

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 30/5008
Número de registro 20210004655
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

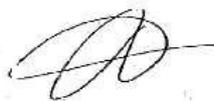
Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0.05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	44,54	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	11,70	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	26,90	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	16,86	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,2	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,4	± 0,06
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	4,21	± 0,53
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	5	± 0,8
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	312	± 52
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	274	± 44

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

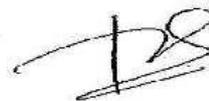
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10253
Número de registro 20210004656
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo:
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	13,98	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	12,98	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	39,35	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,79	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,5	± 0,07
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	2,63	± 0,33
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	4	± 0,7
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	200	± 34
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	410	± 66

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.



GOBIERNO DE ARAGON
Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente
LABORATORIO AGROAMBIENTAL
Av. Montañana, 1005
Tel.º 976 716480
Fax.º 976 716487
50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10514
Número de registro 20210004657
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0



Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO
Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA
Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO
Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	23,62	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	12,55	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	34,58	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	29,25	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,5	± 0,07
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	4,90	± 0,62
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	21	± 4
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	464	± 78
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	500	± 80

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

V.º B.º El Director

Nicolás Abancens Tejero

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

El Responsable Técnico

Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10631
Número de registro 20210004658
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

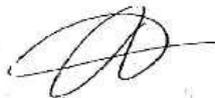
Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	11,10	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	9,69	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	39,25	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	39,96	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2.5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,5	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,7	± 0,10
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	2,71	± 0,34
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	5	± 0,8
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	208	± 35
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	448	± 72

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10543
Número de registro 20210004659
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	19,17	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	8,79	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	37,15	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	34,89	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2.5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,6	± 0,09
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	4,91	± 0,62
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	7	± 1,2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	186	± 31
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	506	± 81

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

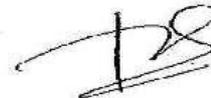
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 11273
Número de registro 20210004660
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
<u>TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)</u>				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	31,90	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	9,98	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	29,84	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	28,28	
<u>FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)</u>				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,7	± 0,10
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	Superior a 6,69	
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	33	± 6
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	308	± 52
<u>CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)</u>				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	492	± 79

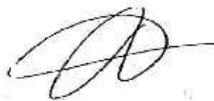
OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

El resultado de la materia orgánica ha sido 6.90 g/100g.

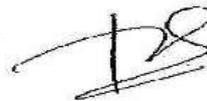
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

El Responsable Técnico



Nicolás Abancens Tejero



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 11267
Número de registro 20210004661
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CATEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021 Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	21,13	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	11,90	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,04	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,93	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		7,9	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	2,6	± 0,4
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	3,07	± 0,39
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	12	± 2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	306	± 51
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	350	± 56

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

El Responsable Técnico



Nicolás Abancens Tejero



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 11266
Número de registro 20210004662
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

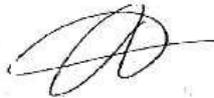
Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,78	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	10,21	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	29,83	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	26,20	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,7	± 0,10
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	6,46	± 0,81
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	18	± 3
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	276	± 46
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	444	± 71

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

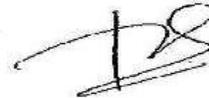
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 11270
Número de registro 20210004663
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

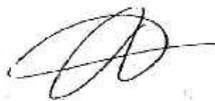
Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	25,12	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	10,29	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	32,64	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	31,95	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,8	± 0,1
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	3,82	± 0,48
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	6	± 1,0
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	250	± 42
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	416	± 67

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

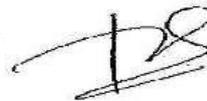
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10513
Número de registro 20210004664
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	18,95	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	11,31	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	36,11	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,63	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,8	± 0,1
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	4,82	± 0,61
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	11	± 1,8
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	508	± 85
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	478	± 77

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- .. El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - .. En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - .. Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - .. El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10517
Número de registro 20210004665
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	25,02	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	10,39	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	33,63	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	30,96	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,3	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dSim	0,5	± 0,07
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	5,05	± 0,64
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	20	± 3
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	522	± 87
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	438	± 70

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

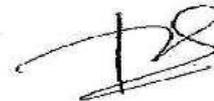
Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10518
Número de registro 20210004666
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONÓMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis: 13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis: 17/12/2021

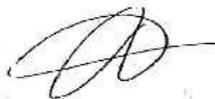
<u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u>	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Resultado</u>	<u>Incertidumbre</u>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	24,08	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	11,23	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	34,79	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	29,92	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,4	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dS/m	0,6	± 0,09
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUC-002	g/100g	4,22	± 0,53
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	7	± 1,2
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	380	± 64
CATIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	430	± 69

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director

El Responsable Técnico



Nicolás Abancens Tejero



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

Fecha de entrada 01/12/2021
Su referencia 10257
Número de registro 20210004667
Análisis Informativo
Copia boletín nº 0

Los ensayos marcados (*) no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.
SUELO

Remitida por UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA - Escuela Politécnica Superior. NIF o CIF Q-5018001-G
Ctra. de Cuarte s/n. 22071 HUESCAHUESCA

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones GESTION ECONOMICA DE CÁTEDRAS PARQUES URBANOS.

Fecha de inicio de los análisis:13/12/2021

Fecha de finalización de los análisis:17/12/2021

DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)				
* Arena total (0,05 - 2 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	16,75	
* Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	12,66	
* Limo fino (0,002 - 0,02 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	39,08	
* Arcilla (< 0,002 mm.).	SEDIMENTACION	% p/p	31,51	
FERTILIDAD (Resultados expresados sobre masa seca al aire)				
pH al agua 1:2,5 por potenciometría	MT-SUE-007		8,5	± 0,5
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría.	Orden 05/12/75	dSim	0,7	± 0,10
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría.	MT-SUE-002	g/100g	3,41	± 0,43
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofo.	MT-SUE-003	mg/kg	5	± 0,8
Potasio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	272	± 46
CACIONES DE CAMBIO (Resultados sobre masa seca al aire)				
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES.	MT-SUE-008	mg/kg	396	± 64

OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

Zaragoza, a 17 de diciembre de 2021

V.º B.º El Director



Nicolás Abancens Tejero

El Responsable Técnico



Mª Patrocinio Catalán Cantero

- NOTAS:**
- El Laboratorio garantiza que estos resultados corresponden a la muestra aportada por el cliente.
 - En ensayos cuantitativos, la incertidumbre asociada está calculada y a disposición del cliente. Nivel de confianza 95 % (k=2).
 - Este informe no debe reproducirse sin la autorización por escrito del Laboratorio.
 - El cliente es responsable de la información que ha facilitado y de las consecuencias que de ella se puedan derivar.

ANEXO V. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA AL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

EXTRACCIÓN DE ESPORAS DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS

Tabla A.3 Estadísticos descriptivos de hongos formadores de micorrizas.

Variable dependiente: Esporas

Zona	Especie	Orientación	Media	Desv. Desviación	N
Alcorque	<i>K. paniculata</i>	N.E	167,50	96,825	4
		S.O	120,00	49,497	4
		Total	143,75	75,581	8
	<i>C. australis</i>	N.E	158,75	129,317	4
		S.O	68,75	57,645	4
		Total	113,75	104,429	8
	<i>M. azedarach</i>	N.E	67,50	21,016	4
		S.O	36,25	31,983	4
		Total	51,88	30,111	8
	Total	N.E	131,25	97,308	12
		S.O	75,00	56,125	12
		Total	103,13	82,828	24
Parque	<i>K. paniculata</i>	N.E	408,75	244,485	4
		S.O	363,75	177,077	4
		Total	386,25	199,083	8
	<i>C. australis</i>	N.E	321,25	118,700	4
		S.O	510,00	124,566	4
		Total	415,63	151,220	8
	<i>M. azedarach</i>	N.E	360,00	177,623	4
		S.O	498,75	259,948	4
		Total	429,38	219,047	8
	Total	N.E	363,33	173,629	12
		S.O	457,50	189,815	12
		Total	410,42	184,290	24
Total	<i>K. paniculata</i>	N.E	288,13	215,090	8
		S.O	241,88	177,380	8
		Total	265,00	191,946	16
	<i>C. australis</i>	N.E	240,00	144,049	8
		S.O	289,38	252,395	8

	Total	264,69	200,154	16
<i>M. azedarach</i>	N.E	213,75	195,334	8
	S.O	267,50	300,856	8
	Total	240,63	246,610	16
Total	N.E	247,29	181,653	24
	S.O	266,25	238,547	24
	Total	256,77	209,968	48

TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

Tabla A.4 Estadísticos descriptivos de técnica del Número Más Probable.

	Zona	Datos	Media	Desviación estándar
Propágulos/ 100 cm ³ de suelo	Alcorque	75	41,25	27,61
		7,5		
		45		
	Parque	190	129,33	47,16
		75		
		123		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS SUELOS

Tabla A.5 Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos del suelo.

	Zona	Estadístico	Error estándar	
Esporas	Alcorque	Media	41,25	7,374
		Mediana	31,00	
		Desviación estándar	25,545	
		Mínimo	12	
		Máximo	82	
	Rango intercuartil	50		
	Parque	Media	164,17	17,758
		Mediana	151,00	
		Desviación estándar	61,514	
		Mínimo	82	
Máximo		301		
Rango intercuartil	86			
Arena	Alcorque	Media	36,9742	4,05072
		Mediana	38,5550	
		Desviación estándar	14,03210	

		Mínimo	15,63	
		Máximo	57,93	
		Rango intercuartil	26,55	
	Parque	Media	22,0383	1,93138
		Mediana	22,3750	
		Desviación estándar	6,69048	
		Mínimo	11,10	
		Máximo	33,76	
		Rango intercuartil	7,79	
Limo	Alcorque	Media	37,4942	2,36814
		Mediana	38,5050	
		Desviación estándar	8,20347	
		Mínimo	26,03	
		Máximo	54,59	
		Rango intercuartil	12,26	
	Parque	Media	45,9392	1,14513
		Mediana	45,9800	
		Desviación estándar	3,96686	
		Mínimo	39,82	
		Máximo	52,33	
		Rango intercuartil	5,36	
Arcilla	Alcorque	Media	25,5317	2,28398
		Mediana	24,3650	
		Desviación estándar	7,91193	
		Mínimo	16,04	
		Máximo	42,64	
		Rango intercuartil	11,52	
	Parque	Media	32,0225	1,03713
		Mediana	31,7300	
		Desviación estándar	3,59273	
		Mínimo	26,20	
		Máximo	39,96	
		Rango intercuartil	4,48	
pH	Alcorque	Media	8,0250	,06292
		Mediana	8,0500	
		Desviación estándar	,21794	
		Mínimo	7,70	
		Máximo	8,40	
		Rango intercuartil	,37	
	Parque	Media	8,3083	,04345
		Mediana	8,3000	

		Desviación estándar	,15050	
		Mínimo	7,90	
		Máximo	8,50	
		Rango intercuartil	,07	
Salinidad	Alcorque	Media	,9917	,22679
		Mediana	,7000	
		Desviación estándar	,78562	
		Mínimo	,20	
		Máximo	2,50	
		Rango intercuartil	,80	
	Parque	Media	,8083	,16581
		Mediana	,7000	
		Desviación estándar	,57439	
		Mínimo	,50	
		Máximo	2,60	
		Rango intercuartil	,25	
Materia Orgánica Oxidable	Alcorque	Media	2,6617	,45880
		Mediana	1,8200	
		Desviación estándar	1,58934	
		Mínimo	1,34	
		Máximo	6,49	
		Rango intercuartil	2,09	
	Parque	Media	4,3908	,38634
		Mediana	4,5200	
		Desviación estándar	1,33833	
		Mínimo	2,63	
		Máximo	6,69	
		Rango intercuartil	1,86	
Fósforo	Alcorque	Media	14,00	2,949
		Mediana	10,50	
		Desviación estándar	10,216	
		Mínimo	2	
		Máximo	33	
		Rango intercuartil	15	
	Parque	Media	12,42	2,566
		Mediana	9,00	
		Desviación estándar	8,888	
		Mínimo	4	
		Máximo	33	
		Rango intercuartil	14	
Potasio	Alcorque	Media	249,17	19,363

Magnesio		Mediana	256,00	
		Desviación estándar	67,076	
		Mínimo	148	
		Máximo	356	
		Rango intercuartil	126	
	Parque	Media	323,33	34,237
		Mediana	291,00	
		Desviación estándar	118,602	
		Mínimo	186	
		Máximo	522	
	Alcorque	Rango intercuartil	225	
		Media	199,33	19,049
		Mediana	194,00	
		Desviación estándar	65,988	
Mínimo		116		
Máximo		310		
Rango intercuartil		122		
Parque		Media	442,33	13,409
		Mediana	441,00	
		Desviación estándar	46,451	
	Mínimo	350		
	Máximo	506		
	Rango intercuartil	77		

Tabla A.6 Prueba U de Mann-Whitney para los parámetros fisicoquímicos en función de la zona.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Arena es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,014 ^a	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Limo es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,002 ^a	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Arcilla es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,010 ^a	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de pH es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,001 ^a	Rechace la hipótesis nula.

5	La distribución de Salinidad es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,932 ^a	Conserve la hipótesis nula.
6	La distribución de Materia Orgánica Oxidable es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,003 ^a	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de Fósforo es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,630 ^a	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de Potasio es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,160 ^a	Conserve la hipótesis nula.
9	La distribución de Magnesio es la misma entre categorías de Zona.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ^a	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050. a. Se muestra la significación exacta para esta prueba.