



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Caracterización edáfica de la zona de Ribarroja del Turia

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

AUTOR/A: Mesado Mollar, Marcel

Tutor/a: Lidón Cerezuela, Antonio Luis

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



**Caracterización edáfica en la zona de Ribarroja
del Turia**

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Curso académico 2022-2023

Alumno: Marcel Mesado Mollar

Tutor: Antonio Luis Lidón Cerezuela

Valencia 11/09/2023

Título: Caracterización edáfica en la zona de Ribarroja del Turia

Autor: Marcel Mesado Mollar

Tutor: Antonio Luis Lidón Cerezuela

Resumen

El suelo es un recurso natural no renovable a corto plazo que se ve sometido a diferentes procesos degradativos como consecuencia del uso, muchas veces inadecuado, que de él se realiza. Para limitar o impedir dichos problemas ambientales, es necesario considerar las características edáficas en los planes territoriales de usos del suelo, de forma que exista una convergencia en la idoneidad territorial para cada uno de los usos del suelo posibles en una determinada zona. Para ello, es preciso disponer de información de las propiedades del suelo a una escala suficiente para tal fin. Sin embargo, la disponibilidad de dicha información es escasa en muchos casos. En el caso de los suelos de la Comunidad Valenciana la información cartográfica disponible se reduce a los trabajos del Proyecto LUCDEME, en los que la escala de los mapas es de 1:100000. En el mapa de suelos de Liria del mencionado proyecto, correspondiente a la hoja topográfica de Liria (695), se recoge información de gran parte del término municipal de Ribarroja, pero la escala de trabajo puede no ser suficiente para obtener con más detalle índices de calidad de suelo que puedan ser utilizados en proyectos de ordenación del territorio, planes de modernización de regadío, etc.

En este trabajo se ha llevado a cabo un muestreo intensivo de suelo en el término de Ribarroja y se han determinado algunas de las principales propiedades fisicoquímicas, con el objetivo de disponer de información edáfica que pueda ser utilizada en estudios de detalle que se vayan a realizar en dicha zona. Se vio la diferencia de las propiedades entre los suelos agrícolas más homogéneas y forestales, con mayor variabilidad, así como diferencias entre suelos forestales que deberían tener propiedades parecidas, comprobándose que la información existente solo concuerda con los suelos agrícolas siendo necesario una investigación más detallada.

Este proyecto contribuye a los siguientes objetivos de desarrollo sostenible: vida de ecosistemas terrestres (15) y acción por el clima (13).

Palabras clave:

Calidad suelo, indicadores, propiedades fisicoquímicas, mapa suelos.

Abstract

Soil is a non-renewable natural resource that is subjected to different degradative processes as a result of its use, often inadequate. In order to limit or prevent these environmental problems, it is necessary to consider the soil characteristics in territorial land use plans, so that there is a convergence in territorial suitability for each of the possible soil uses in a given area. To do this, it is necessary to have information on soil properties at a sufficient scale for this purpose. However, the availability of such information is scarce in many cases. In the case of soils in the Valencian Community, the available cartographic information is limited to the works of the LUCDEME Project, in which the scale of the maps is 1:100000. In the soil map of Liria of said project, corresponding to the topographic sheet of Liria (695), information is collected for a large part of the Ribarroja municipality, but the working scale may not be sufficient to obtain in more detail soil quality indices that can be used in territorial planning projects, irrigation modernization plans, etc.

In this work, an intensive soil sampling has been carried out in the Ribarroja municipality, and some of the main physicochemical properties have been determined, with the aim of having soil information that can be used in detailed studies to be carried out in that area.

Keywords:

Soil quality, indicators, physicochemical properties, soil map.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Objetivos y justificación.....	1
3. Material y métodos	2
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	2
3.1.1.Localización.....	2
3.1.2.Climatología.....	4
3.1.3.Vegetación.....	4
3.1.4.Hidrología.....	4
3.1.5.Uso del suelo	5
3.1.6.Espacios protegidos.....	5
3.1.7.Geomorfología.....	6
3.1.8.Edafología.....	6
3.2. Diseño de muestreo.....	6
3.2.1.Suelo de la zona forestal	7
3.3. Suelo de uso agrícola.....	8
3.4. Realización del muestreo.....	8
3.4.1.Zona forestal	9
3.4.2.Zona agrícola.....	10
3.5. Procesado y análisis de las muestras.....	10
3.5.1.Procesado	10
3.5.2.Pedregosidad.....	11
3.5.3.Densidad aparente.....	11
3.5.4.Factor de humedad.....	11
3.5.5.Color.....	12
3.5.6.Textura.....	12
3.5.7.Carbonatos.....	13
3.5.8.Conductividad eléctrica.....	13
3.5.9.pH.....	14
3.5.10. Capacidad de intercambio catiónico.....	14
3.5.11. Materia orgánica.....	15

3.5.12. Caracterización hidráulica de las muestras.....	16
4. Resultados.....	17
4.1. Puntos muestreados.....	17
4.1.1.Forestales.....	17
4.1.2.Agrícolas.....	21
4.2. Caracterización del suelo.....	22
4.2.1.Pedregosidad.....	22
4.2.2.pH.....	24
4.2.3.Conductividad eléctrica	25
4.2.4.Carbonatos	26
4.2.5.Textura.....	28
4.2.6.Materia orgánica.....	30
4.2.7.Capacidad de intercambio catiónico	33
4.2.8.Color	34
4.2.9.Densidad aparente	35
4.2.10. Características hidráulicas	36
5. Conclusiones	38
6. Bibliografía.....	39

Índice de figuras

Imagen 1: Situación geográfica de Ribarroja del Turia.....	2
Imagen 2: Término municipal de Ribarroja del Turia.	3
Imagen 3: Localización de las explotaciones mineras en el municipio de Ribarroja del Turia.....	5
Imagen 4: Propuesta de puntos y zonas para el muestreo de los suelos con uso forestal en Ribarroja del Turia.....	7
Imagen 5: Propuesta de muestreo en los suelos agrícola de Ribarroja del Turia.....	8
Imagen 6: Puntos de toma de muestra según las zonas delimitadas de muestreo.....	9
Imagen 7: Puntos de toma de muestra en la zona de uso agrícola.....	10
Imagen 8: Localización de los puntos muestreados Nº 13,14 y 15 en los suelos forestales.....	19
Imagen 9: Localización de los puntos muestreados Nº 4,5 y 6 en los suelos forestales.....	19
Imagen 10: Localización de los puntos muestreados Nº 1,2 y 3 en los suelos forestales.....	20
Imagen 11: Localización de los puntos muestreados Nº 7,8,9,10,11,12,16 y17 en los suelos forestales.....	20
Imagen 12: Localización de los puntos muestreados Nº 18,19,20,21 en los suelos forestales....	21
Imagen 13: Triángulo de textura según criterios USDA	28

Índice de tablas

Tabla1: Puntos muestreados en suelos forestales.....	17
Tabla2: Puntos de muestreo y sus correspondientes zonas de muestreo propuestas.....	18
Tabla3: Puntos muestreados en suelos agrícolas.....	21
Tabla 4: Porcentaje de pedregosidad (%) de los suelos forestales muestreados.....	23
Tabla 5: Porcentaje de pedregosidad (%) de los suelos agrícolas muestreados.....	23
Tabla 6: pH de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.	24
Tabla 7: pH de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	24
Tabla 8: Clasificación de la salinidad de los suelos según la $CE_{1:5}$	25
Tabla 9: Conductividad eléctrica expresada en dS/m de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	25
Tabla 10: Conductividad eléctrica expresada en dS/m de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	26
Tabla 11: Escala típica usada en España (Yanez, 1989).....	26
Tabla 12: Porcentaje de carbonato cálcico de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	27
Tabla 13: Porcentaje de carbonato cálcico de los suelos agronómicos de Ribarroja del Turia....	29
Tabla 14: Clase textural y porcentaje de arena, limo y arcilla en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	29
Tabla 15: Clase textural y porcentaje de arena, limo y arcilla en los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	30
Tabla 16: Ejemplo de norma de diagnóstico de la materia orgánica en función del grupo textural (Yanez, 1989).....	30
Tabla 17: Porcentaje de materia orgánica en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	31
Tabla 18: Diagnostico de materia orgánica en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	32
Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica en los agrícolas de Ribarroja del Turia.....	32
Tabla 20: Norma de diagnóstico de la capacidad de intercambio catiónico (Balland, 1984 y Gagnard et al., 1988).....	33
Tabla 21: Valores de la capacidad de intercambio catiónico, expresados en $cmol_c/kg$ de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	33
Tabla 22: Valores de la capacidad de intercambio catiónico, expresados en $cmol_c/kg$ de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	34
Tabla 23: Color de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	34
Tabla 24: Color de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	35
Tabla 25: Datos de la densidad aparente de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	35
Tabla 26: Datos de la densidad aparente de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	36
Tabla 27: Características hidráulicas de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.....	36
Tabla 28: Características hidráulicas de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.....	37

1. Introducción

El suelo, como un recurso natural fundamental, desempeña múltiples funciones y papeles clave en la sustentación de ecosistemas y como soporte primario de la actividad biológica y social, además su proceso de formación es extremadamente lento, por ello es considerado un recurso natural no renovable. En síntesis, la gran importancia de los suelos se extiende a múltiples aspectos de nuestra vida.

La Edafología estudia el suelo como recurso natural, analizando sus componentes, su formación, distribución y su conveniencia para uno o varios usos. La caracterización de las principales propiedades del suelo, junto a su observación in situ, permite la clasificación taxonómica del suelo en una determinada zona.

El siguiente trabajo consiste en una caracterización edáfica del municipio de Ribarroja del Turia.

2. Objetivos y justificación

En la actualidad, la información existente sobre los suelos y su calidad es muy poco detallada, varios ejemplos serían: la capa de litología procedente de la Generalitat Valenciana, está publicada en 1991 con una escala 1/50000; la Capacidad de uso del suelo (COPUT-1992), también con una escala de 1/50000 donde la última revisión existente es del año 1998; los trabajos del Proyecto LUCDEME, con una escala de 1/100000; la cartografía de Carbono en el suelo (PATFOR-2012), por el contrario al ser una información más reciente, tiene una escala un poco más detallada 1/25000, pero, tienen la problemática de aportar poca información sobre el suelo. Como estos hay más ejemplos y la gran mayoría de información que existe es antigua y con una escala demasiado pequeña.

Esta falta de información sobre datos edáficos del suelo puede provocar varios problemas en distintos ámbitos de trabajo, como por ejemplo la agricultura sostenible, la planificación territorial, la gestión de recursos naturales, donde, si no hay información precisa de las características del suelo, se pueden tomar decisiones inadecuadas que provoquen un mal uso o un uso ineficiente del suelo, con todo lo que conlleva en cuanto a su degradación.

Por estos motivos, este Trabajo Final de Grado se enfoca a una evaluación detallada de los suelos de una zona y a modo de ejemplo se ha seleccionado el municipio de Ribarroja del Turia, por la diversidad de usos que presenta y por ser una zona objeto de trabajo en algunas asignaturas de la titulación.

3. Material y métodos

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Localización

El área de estudio comprende el término municipal de Ribarroja del Turia, como se observa en la Imagen 1, pertenece a la provincia de Valencia y a la comarca de El camp de Túria. El municipio limita con los términos municipales de: La Eliana, la Pobla de Vallbona y Bengauacil, por el norte; con Xeste y Xiva por el sur; Quart de Poblet, Manises y Paterna, por el este y por el oeste limita con Vilamarxant.

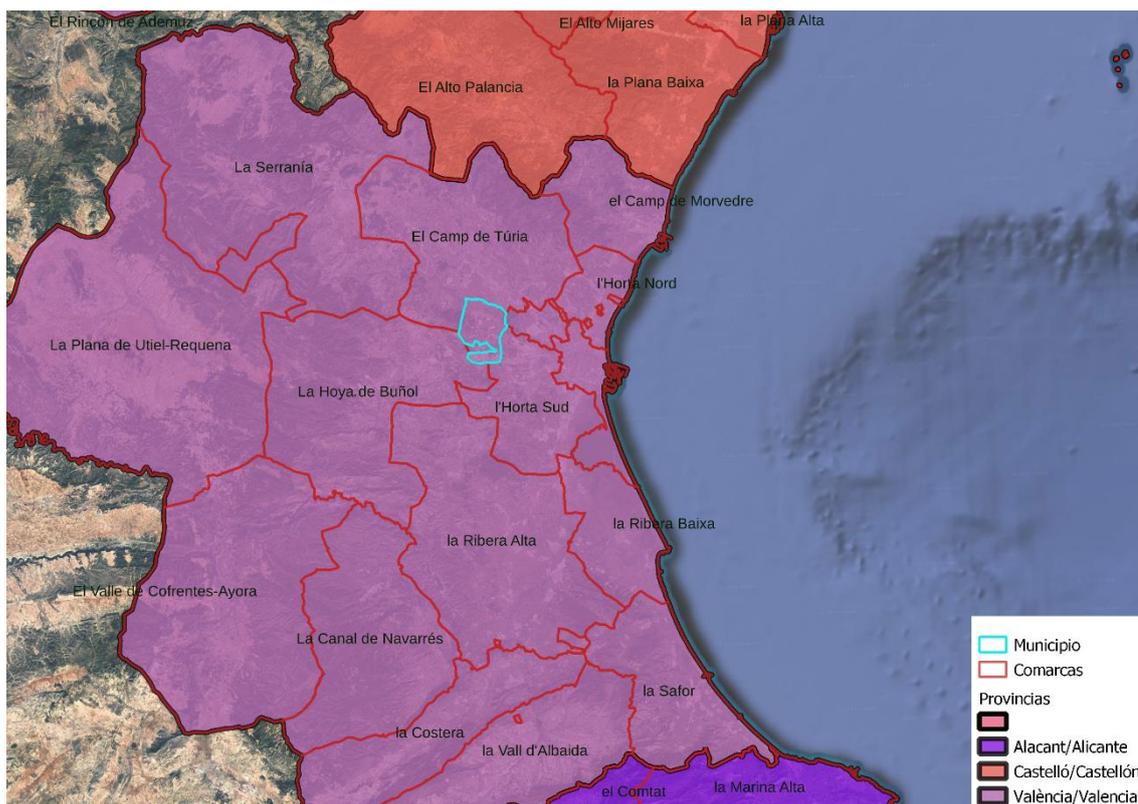


Imagen 1: Situación geográfica de Ribarroja del Turia.

El término municipal tiene una superficie de 6542 hectáreas y se estima que está unos 125 m sobre el nivel del mar. Como se observa en la imagen 2, la población está situada a la parte sur del río Turia, y el término municipal está compuesto mayoritariamente por tierras de regadío, situadas a la parte norte del río, y por una zona forestal intercalada con zonas agrícolas de secano, que se sitúa desde el sur de la población hasta el límite sur que se encuentra antes de llegar a la zona industrial. Por último, se encuentra un polígono industrial al sur del término municipal.

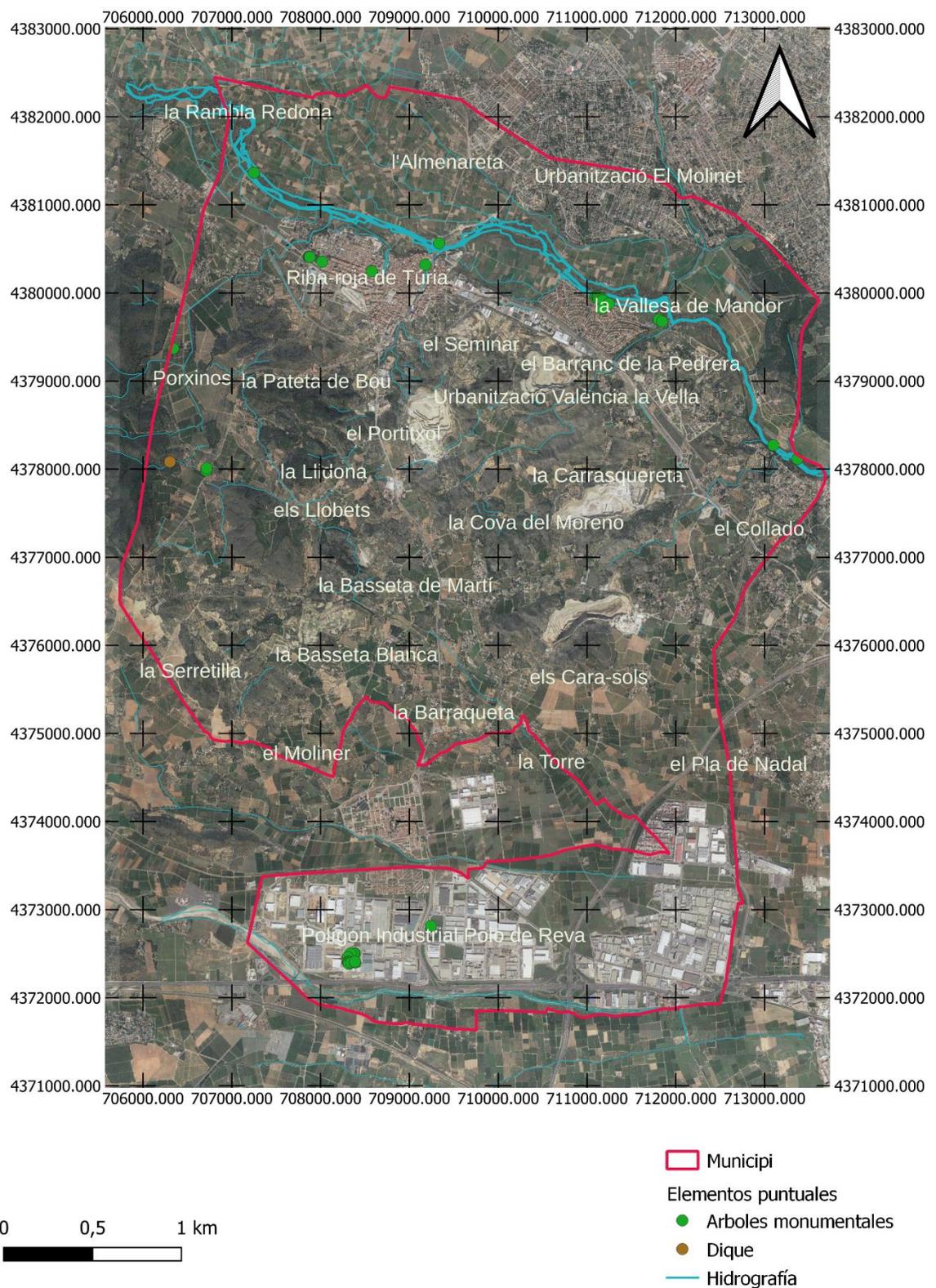


Imagen 2: Término municipal de Ribarroja del Turia.

3.1.2. Climatología

El área de estudio se caracteriza por tener un clima mediterráneo seco, con una precipitación media anual de 350-600 mm, teniendo el periodo máximo de lluvias en otoño y un periodo estival de mínima precipitación. La temperatura media anual en Ribarroja es de 15,45°C, con una temperatura máxima anual de 41°C en los días más cálidos de verano y con unos mínimos anuales de -8°C en los meses más fríos de invierno; aunque esta temperatura es bastante baja no hay información de un periodo de heladas, sin contar las que se producen por inversión térmica en zonas puntuales del municipio (Pla de Nadal). La variación térmica anual es significativa, ya que oscila entre 9,5°C en los meses más fríos y 23,6 en los meses de verano.

3.1.3. Vegetación

El término municipal de Ribarroja del Turia está enmarcado dentro del piso bioclimático termomediterráneo superior, según la clasificación de Rivas-Martínez, al cual le corresponde la serie de vegetación potencial valenciano-tarraconense murcianoalmeriense basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*) (DEPLAN, S.L.).

La etapa madura del paisaje de Ribarroja está representada por carrascales, pero debido al gran dominio de la explotación agrícola, dichos carrascales se han quedado en un segundo plano en el paisaje actual.

Por el contrario, los bosquetes de lentiscos, palmitos y coscojas, que deberían ocupar algunas áreas marginales han pasado a predominar en los territorios de ombroclima semiárido-seco, como es el caso de Ribarroja.

Por este motivo, la vegetación actual del municipio está compuesto por zonas de matorral denso con algunos especímenes de coscoja, acebuche, palmito, algarrobo y lentisco; zonas degradadas de romeral con ericas, cistus, lavanda y demás matorral y algunos bosquetes de *Pinus halepensis*.

En zonas concretas del municipio, está presente vegetación de ribera, barrancos y ramblas.

En lo referente a la vegetación de las tierras agrarias, los cítricos predominan en la mayoría de la superficie cultivada, si bien aparecen otros cultivos frutales y algunas zonas con cultivos hortícolas.

3.1.4. Hidrología

Al norte de Ribarroja, el río Turia cruza el término municipal, dejando a la parte norte de éste un glacis donde su uso principal es el cultivo agrícola. Es en la parte sur del río donde se ha desarrollado el casco urbano de Ribarroja (imagen 2).

La erosión actual, en las zonas no forestales, es baja, mientras que en las zonas forestales la erosión actual es media-alta (PATFOR 2012 CC BY 4.0 Generalitat)

La erosión potencial, excluyendo la zona agrícola norte y la zona industrial sur, está catalogada como moderada-alta en el resto del municipio, llegando incluso a ser una erosión potencial muy alta en las montañas del este de municipio (PATFOR 2012), de ahí la necesidad de llevar a cabo unas medidas efectivas de protección del suelo, dada su alto riesgo de erosión.

En el municipio se puede encontrar un dique perteneciente a la cuenca del río Júcar, en el barranco de Porxinos (observable en la imagen 2), construido en 1983; el dique se encuentra

en perfectas condiciones según un estudio realizado en 2009 (Dics de la Comunitat Valeniana 2016 CC BY4.0 Generalitat).

3.1.5. Uso del suelo

Actualmente existen cuatro explotaciones mineras en funcionamiento:

Cantera junto al Barranco La Pedrera, cantera Pla del Totxar, cantera junto ctra. Ribarroja Loriguilla y Cantera Cara-Sol, cuya localización se puede observar en la imagen 3.

En cuanto al sector agrícola, la superficie cultivada ocupa una superficie total de 3332 hectáreas, mientras que los suelos con uso forestal comprenden unas 1329 hectáreas, según datos del Mapa forestal nacional 2011 CC BY 4.0 Generalitat y PATFOR 2012.

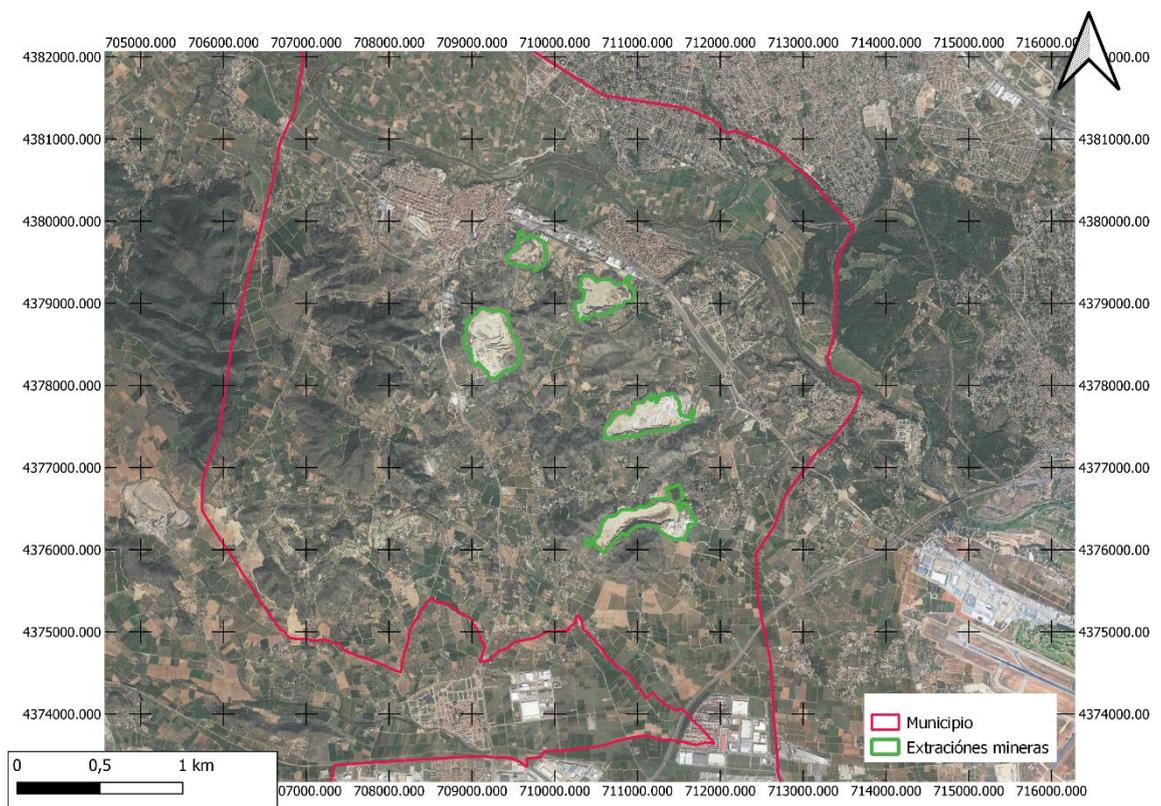


Imagen 3: Localización de las explotaciones mineras en el municipio de Ribarroja del Turia.

3.1.6. Espacios protegidos

El término municipal de Ribarroja del Turia recoge una parte del parque natural del Turia, declarado en 2007 y con una superficie total de 8041 ha; ocupa los términos municipales de: Valencia, Mislata, Quart de Poblet, Manises, Paterna, L'Elia, Ribarroja del Turia, Vilamarxant, Benaguasil, Llíria, Pedralba, Bugarra, Gestelgar i Chulilla.

El monte de la Vallesa de Mandor, situado al noroeste del municipio contiene una zona protegida de zonas húmedas (Zona d'influència de les zones humiedes de la comunitat valencia 2002 CC BY 4.0 Generalitat).

En todo el término municipal se encuentran 38 árboles monumentales, localizados en la imagen 2. De ellos, 14 se encuentran en las zonas circundantes del río Turia, al norte del

municipio, 6 en la zona urbanizable, 2 en el límite del término municipal en la zona este, y 16 en la zona industrial en el sur.

3.1.7. Geomorfología

El término municipal de Ribarroja del Turia es divisible en dos sectores:

El sector septentrional, que vierte las aguas de su cuenca al río Turia. Éste, a su vez, es divisible en dos partes o subsectores, el subsector Norte y el subsector medio. La diferencia entre ellos radica en la proximidad al propio río Turia, ya que la parte norte, al estar más cerca, presenta una mayor humedad. Mientras que el subsector medio presenta unas temperaturas más altas y una menor humedad.

El sector meridional, que presenta una ligera inclinación hacia el barranco de Torrent, y donde predomina una baja amplitud térmica, siendo los mínimos ligeramente más perceptibles.

En la mayoría del territorio predominan las bajas pendientes, con valores del 0-10%; en el centro del término, donde se concentra la mayor zona forestal de Ribarroja del Turia, predominan las pendientes del 20-30%, pero en las crestas de montaña se alcanzan valores del 50%.

3.1.8. Edafología

En municipio al que va dedicado este trabajo vienen descritas las características edafológicas por los trabajos del Proyecto LUCDEME en la hoja de Liria, donde viene clasificada toda el área de Ribarroja como Fluvisol calcáreo, Calcisol háplico.

Los Fluvisoles son suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales, en nuestro caso por aportes de materiales provenientes del Río Túria. Son suelos profundos con una secuencia de horizontes determinada por las etapas de aporte y sedimentación de la cuenca.

Los Calciosoles háplicos son suelos que tienen sólo solo un horizonte cálcico o contienen acumulaciones de caliza pulverulenta en los primeros 125cm de suelo.

3.2. Diseño de muestreo

Para empezar a escoger las zonas destinadas a estudio, se dividieron los suelos no urbanizables en suelos con uso agrícola y suelos con uso forestal o con vegetación natural. Para los suelos agrícolas se decidió muestrear solamente la zona de regadío (nombrada en el apartado 3.1.1) ya que las zonas de secano, localizadas entre las zonas forestales, se asumió que tendrían las mismas propiedades que las zonas forestales circundantes.

3.2.1. Suelo de la zona forestal

A partir de las áreas designadas como suelo forestal (PATFOR 2023) y utilizando como criterios la litología del municipio (Litología COPUT 1991 CC BY 4.0 Generalitat) y el tipo de cubierta del suelo (SIOSE 2015 CC BY 4.0 www.scne.es), se designaron distintas zonas para el muestreo que se encuentran localizadas en la imagen 4.

Tras delimitar las áreas forestales con características semejantes, se le asignó a cada zona de las 54 seleccionadas un punto aleatorio donde muestrear, tomando como criterio adicional, la facilidad de acceso; estos puntos están localizados en la imagen 4. El total de puntos seleccionados fue de 38, siendo finalmente 22 los puntos de muestreo.

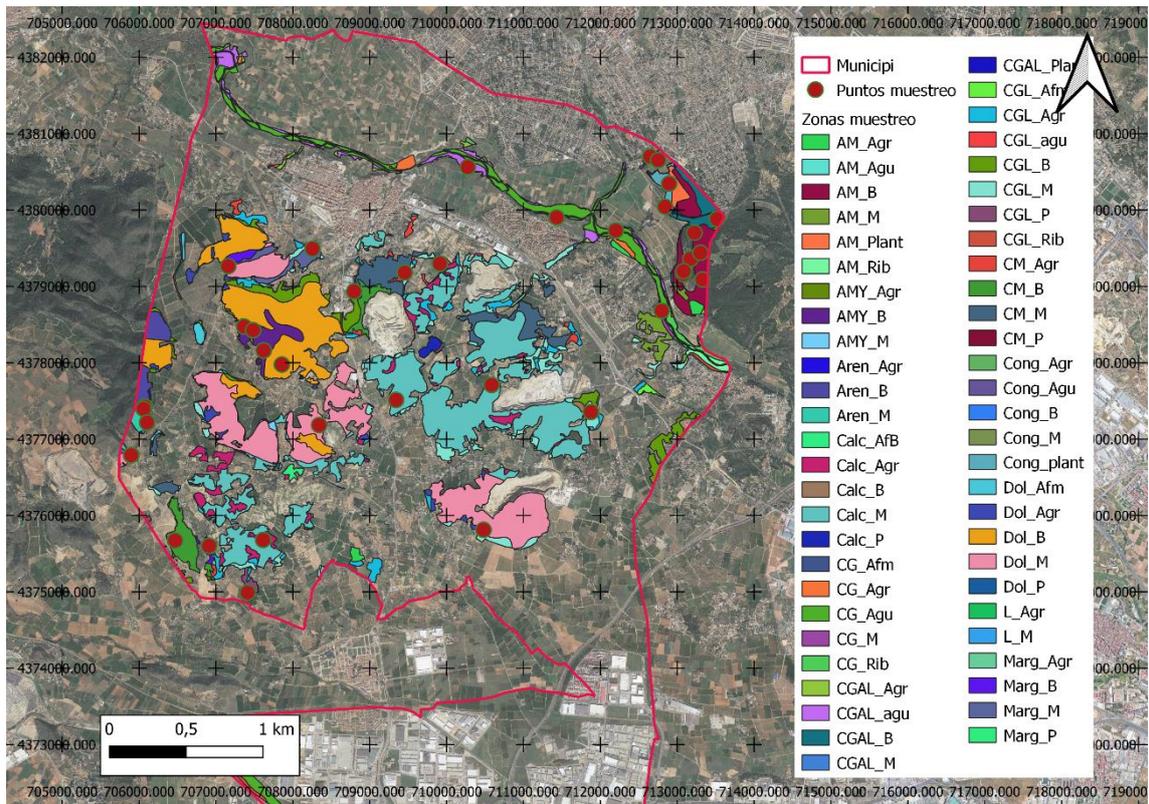


Imagen 4: Propuesta de puntos y zonas para el muestreo de los suelos con uso forestal en Ribarroja del Turia.

3.2.2. Suelo de uso agrícola

Para los suelos agrícolas, y tras una visita de reconocimiento de la zona, se optó por realizar un muestreo sistemático debido a la uniformidad de las características del terreno (pendiente, pedregosidad, tipo de cultivos y manejo de los mismos...).

Se dispusieron puntos de muestreo en forma de cruz, siguiendo las dos diagonales de la zona, a favor de la pendiente y con una separación aproximada de 300 m entre ellos. Posteriormente se localizaron los caminos y se planificó una ruta para el día de la recogida. Como es visible en la imagen 5 se reubicaron los puntos de muestreo adecuándolos a la ruta calculada con anterioridad para facilitar la extracción y recogida de las muestras y hacer más eficiente el muestreo. Si bien con el diseño de muestreo quedaba alguna zona sin muestrear, la visita previa al muestreo sirvió para corroborar la uniformidad de los suelos, quedando dichas zonas representadas también por los puntos seleccionados.

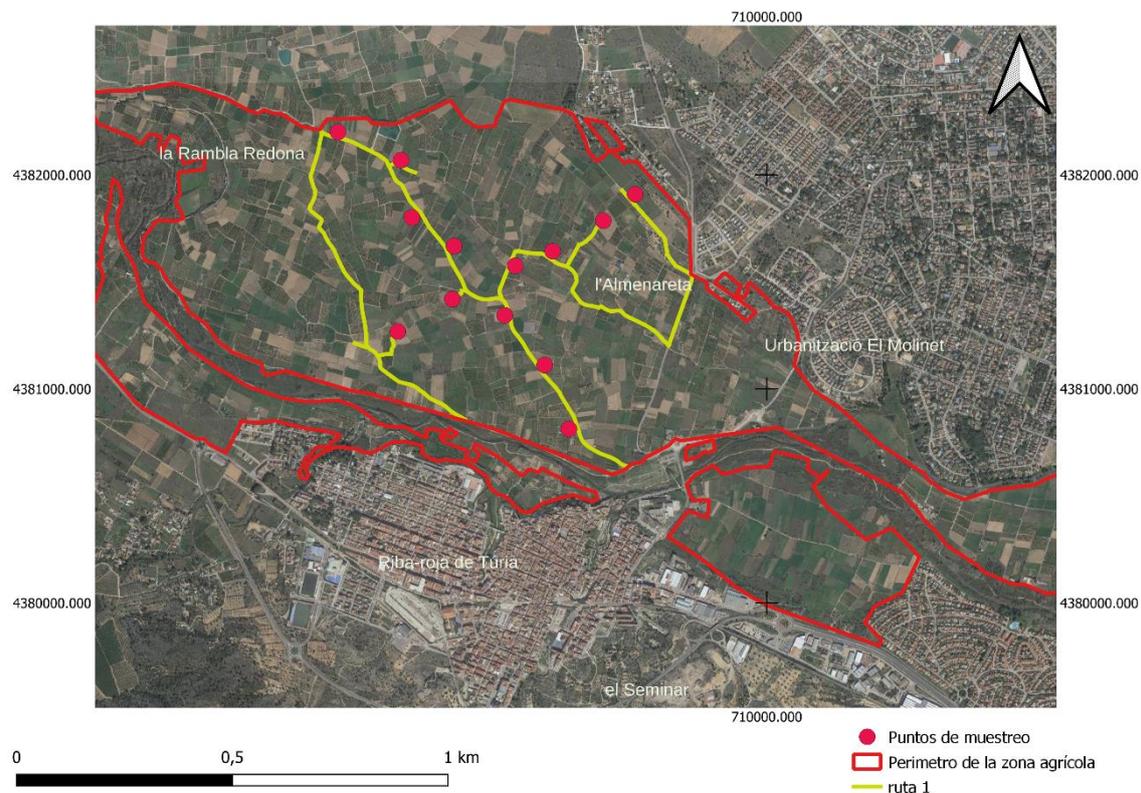


Imagen 5: Propuesta de muestreo en los suelos agrícola de Ribarroja del Turia.

3.3. Realización del muestreo

Para la realización del muestreo se utilizaron dos barrenas tipo Ederman GM081 y GM083, utilizando la segunda barrena para suelos muy pedregosos donde la primera se podía romper al ser menos robusta, también se utilizaron bolsas de plástico, cinta métrica, piqueta, espátula, bandejas de plástico, sonda Kopeky para determinación de la densidad aparente y se utilizó la aplicación móvil "Mapas de España" como GPS. Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados.

Durante la realización del muestro hubo algunas diferencias en cuanto a la toma de muestras, que serán detalladas en los apartados posteriores, pero generalmente se siguió la misma metodología. Tras localizar el punto de muestreo, se condujo hasta la vía de comunicación más cercana al punto, tras descargar el material necesario se visitó el punto de muestreo, se

visualizó la zona donde se encontraba ubicado y tras elegir un punto cercano que tuviera buenas características para hacer la extracción de las muestras (sin mucha pendiente, sin grandes rocas, que sea accesible), se geolocalizaba en el GPS el punto exacto donde se realizaba la extracción y se anotaron datos de interés que se creyeron necesarios. Posteriormente se apartaban piedras y restos superficiales y se introducía la barrena en el suelo hasta que la parte superior del receptáculo estuviese bajo tierra y no fuese visible, a continuación, se extrajo la barrena y se depositaba la muestra de suelo en las bandejas, se medía la profundidad alcanzada y finalmente se rotulaba una bolsa con los datos necesarios (fecha, Nº punto, profundidad) y se guardaba la muestra de suelo dentro de ella. Siempre que fue posible, se realizó esta operación tres veces con el fin de obtener tres profundidades de cada punto, 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm, si se veía que el tipo de suelo era distinto a más profundidad (cambio de color, textura, compacidad) se extraían una o dos muestras más.

3.3.1. Zona forestal

Tras varias dificultades en campo, se cogieron distintos puntos intentando cubrir las zonas de muestreo más representativas en el término municipal. En muchos puntos no se pudo extraer la muestra para el cálculo de densidad aparente debido a la gran pedregosidad que presentaba el suelo. En otros puntos no se consiguieron las tres profundidades deseadas debido a la poca profundidad del suelo. En los lugares donde no se pudo introducir la barrena, se recogió la muestra con una piqueta y algunos de los puntos que se plantearon en el diseño de muestreo eran inaccesibles o estaba situados en propiedades privadas.

Se recogieron muestras donde parecía cambiar el tipo de suelo según criterios de cambio de tipo de vegetación, cambio en el color del suelo, cambio en la textura del suelo.

Como se observa en la imagen 6, se obtuvieron 22 puntos de muestreo y 55 muestras de suelo. Los puntos de muestreo se detallarán posteriormente en el apartado 4 de resultados.

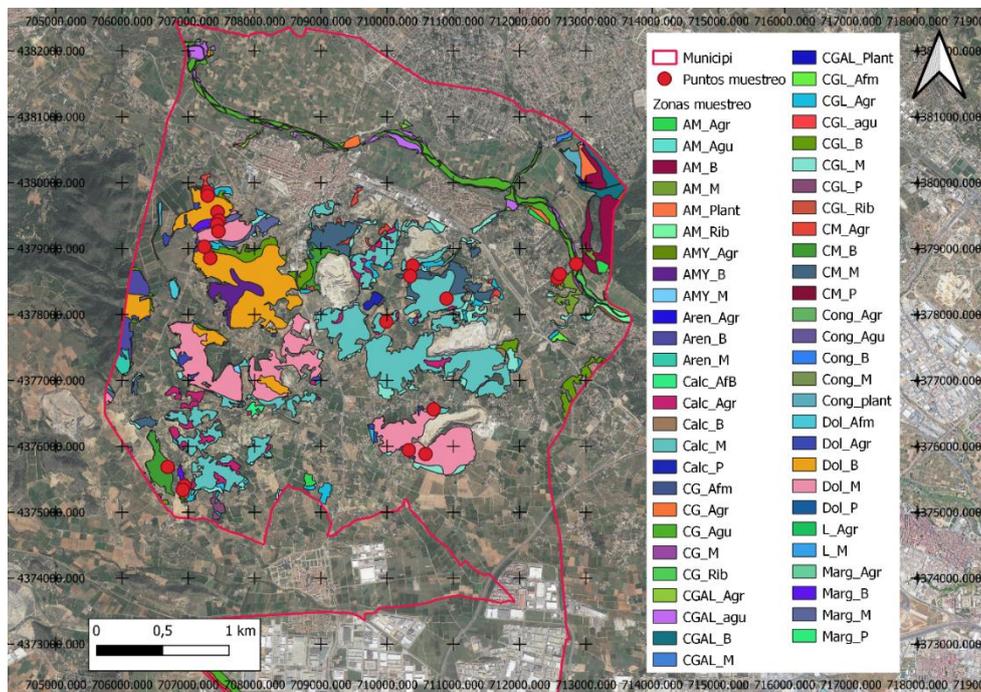


Imagen 6: Puntos de toma de muestra según las zonas delimitadas de muestreo.

3.3.2. Zona agrícola

Finalmente se siguió la ruta planificada y se recogieron muestras a los dos lados del camino intentando mantener la misma distancia entre los puntos de muestreo; se tuvo especial cuidado en las zonas donde más podía cambiar las características del suelo (cerca del río y en la zona noreste), y se cogieron las muestras teniendo en cuenta el tipo de cultivo existente en cada parcela. En lo que respecta a tipo de muestra y profundidad de las mismas, el muestreo se realizó como se detalla en el apartado anterior 3.3 Realización del muestreo. Como se observa en la imagen 7, se obtuvieron 12 puntos de muestreo y 48 muestras.

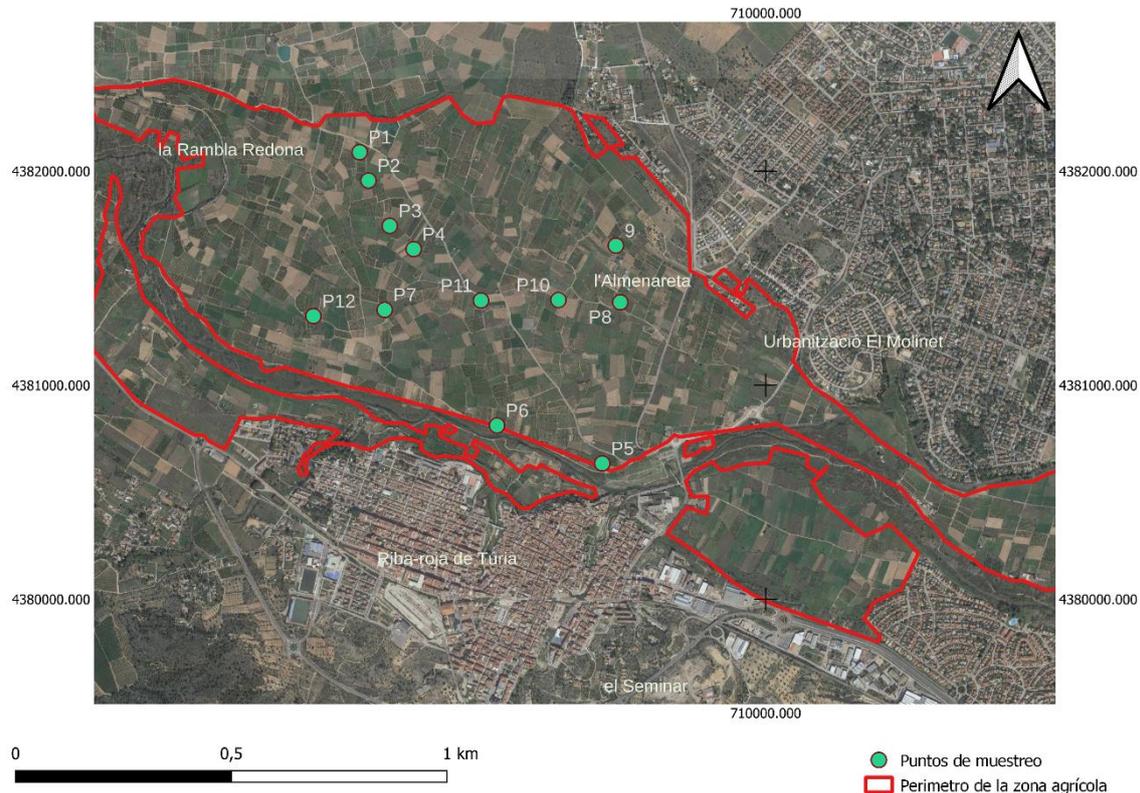


Imagen 7: Puntos de toma de muestra en la zona de uso agrícola.

3.4. Procesado y análisis de las muestras

Tras realizar el muestreo, las muestras se llevaron al laboratorio donde se pesaban (Peso suelo húmedo) y se dejaban secar a temperatura ambiente por unos días para poder procesarlas. Una vez estén secas se volvieron a pesar (Peso del suelo seco al aire).

3.4.1. Procesado

El procesado se basa en triturar agregados y tamizar las muestras con tamiz de malla de 2 mm de diámetro, para de este modo separar los elementos gruesos (> 2mm) de los elementos finos (< 2 mm). Tras el tamizado se pesaban los elementos gruesos y se desechaba, mientras que los elementos finos se volvían a guardar en bolsas para utilizar esta fracción en los siguientes análisis. También se tamizaron 10g de cada muestra, con tamiz de malla de 500 µm de diámetro, que se almacenaron para el posterior análisis de la materia orgánica.

Las determinaciones realizadas fueron las siguientes:

3.4.2. Pedregosidad

Para el análisis de la pedregosidad se ha seguido el siguiente cálculo:

$$\text{Pedregosidad (\%)} = \frac{Peg}{Pssa} * 100$$

Donde:

- Pssa: Peso del suelo seco al aire (g).
- Peg: Peso de los elementos gruesos (> 2mm) extraídos del procesado de las muestras (g).

3.4.3. Densidad aparente

La densidad aparente de un suelo es la relación entre la masa del suelo y el volumen que ocupa, incluyendo el espacio que ocupan los poros. A través de este valor es posible conocer el estado de compactación del suelo y la porosidad.

La densidad aparente se midió tomando muestras de suelo con una sonda Kopecky (cilindro de 5,34 cm de diámetro y altura de 12,7 cm), y posteriormente en el laboratorio se calculó el volumen de suelo que alberga la sonda y el peso del suelo seco a 105 °C que se ha recogido. Para el cálculo se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$Dap = \frac{PSS_{105}}{V}$$

Donde:

- PSS_{105} = Peso del suelo secado en estufa a 105°C (g)
- V = Volumen de la sonda Kopecky ($V = \pi * h * r^2$)
- Donde:
- h = Altura de la sonda Kopecky (cm)
- r = radio de la sonda Kopecky (cm)

3.4.4. Factor de humedad

Puesto que las muestras se secan al aire, es necesario determinar el factor de humedad de cada muestra ya que permite expresar todos los resultados de los siguientes análisis sobre el peso del suelo seco (sin agua).

Para determinar el factor de humedad se introduce una submuestra del suelo seco al aire (25g aproximadamente) en estufa, durante 24-48 h a 105°C, ya que a esta temperatura se evapora el agua capilar del suelo. Una vez transcurrido el tiempo necesario para el secado de la muestra, ésta se vuelve a pesar y se aplica la siguiente expresión:

$$f = \frac{PSS_{105}}{PSS_{aire}}$$

Donde:

- $P_{SS_{105}}$ = Peso del suelo secado en estufa (g).
- $P_{SS_{aire}}$ = Peso del suelo seco al aire, el peso del suelo antes de secarlo en estufa (g).
- f = Factor de humedad

3.4.5. Color

El color del suelo puede indicar el que el suelo contiene hierro, carbonato cálcico y materia orgánica (MO), ya que, estos agentes cromógenos tiñen fuertemente el suelo; por ejemplo, la materia orgánica proporciona una coloración oscura, que se intensifica hasta la negrura cuando mayor sea el contenido de MO. En cuanto al hierro, este puede presentar distintas coloraciones, pero normalmente aporta coloraciones rojizas. Los colores grises y blancos pueden indicar la presencia de carbonatos, yeso y compuestos de cuarzo.

El análisis consiste en comparar el color del suelo con los colores de la tabla Munsell, lo que permite encontrar los tres parámetros que definen el color del suelo, matiz, brillo y saturación. En este trabajo se ha determinado el color en la muestra seca al aire.

3.4.6. Textura

La textura del suelo viene definida por las proporciones en peso de las partículas minerales que posee un suelo de acuerdo a su tamaño; la diferenciación de estas partículas viene definida por el tamaño de partícula, que siguiendo el criterio de la USDA, se clasifican en arena (2,0-0,05 mm de diámetro), limo (0,05-0,002 mm de diámetro) y arcilla (diámetro menor a 0,002 mm).

A partir de la textura se pueden conocer propiedades como, la permeabilidad del suelo, la aireación, la capacidad de retener nutrientes y agua, ya que, estas propiedades varían según el tamaño de las partículas del suelo.

Para la determinación de la textura se ha aplicado el método del densímetro de Bouyoucos siguiendo el siguiente procedimiento:

Se pesan 40 g de suelo seco al aire, se les añade 100 mL de calgón (NaPO_3) y se deja reposar durante 10 min. Posteriormente la mezcla se bate con una batidora mecánica durante 5 min, una vez transcurrido este tiempo se traspasa la disolución a una probeta de 1L. En los suelos que visualmente o al tacto se pudo constatar que tenían una cantidad considerable de arena, se hizo pasar la disolución por un tamiz de malla de 50 μm de diámetro, para de esta forma extraer la fracción arena y evitar el arrastre de partículas de menor tamaño que provocaría una sobreestimación de la fracción arena. La probeta se enrasa con agua del grifo. Para homogenizar la suspensión se agita la muestra con un embolo agitador y se toman medidas con un densímetro a los 30 segundos, 1 min, 3 min, 10min, 30min, 90min y más de 8h.

A partir de las lecturas tomadas y aplicando los cálculos correspondientes se obtuvieron en la hoja de cálculo Excel los porcentajes de arena, arcilla y limo de cada muestra, y mediante el triángulo de texturas de la clasificación USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) se obtuvieron las clases texturales de cada suelo.

3.4.7. Carbonatos

La importancia de los carbonatos radica en la mejora que produce en los suelos, ya que, neutraliza la acidez, mejora la estructura del suelo, favorece la aparición de agregados y mejora la resistencia a la erosión.

El contenido de carbonatos se determinó mediante el calcímetro de Bernard. El CO₂ que desprenden los carbonatos cálcicos (CaCO₃) y magnésico (MgCO₃) cuando reacciona con el ácido clorhídrico (HCl), desplaza la columna la disolución saturada de CO₂ que contiene el calcímetro. De este modo podemos saber la cantidad de CO₂ que se ha desprendido, calculando el volumen de líquido desplazado, y a la vez, la cantidad de CaCO₃ que ha reaccionado mediante comparación con el volumen de CO₂ desprendido por una cantidad conocida de CaCO₃.

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

Se introducen aproximadamente 0.5g de suelo en matraces Erlenmeyer, justo antes de la determinación se introduce un tubo de precipitados con aproximadamente 6 mL de ácido clorhídrico (HCl) sin que se vuelque sobre el suelo; al tapar el Erlenmeyer con el calcímetro se hace la primera lectura. Posteriormente se agita el Erlenmeyer, para que el HCl haga contacto con el suelo y reaccione con los carbonatos, creando como producto CO₂. En el momento en que el líquido del calcímetro deje de desplazarse se anota la siguiente lectura ya que no se está produciendo más CO₂. Para la preparación del blanco se sigue el procedimiento descrito anteriormente, pero sustituyendo los 0.5 g de suelo por 0.5 g de CaCO₃ puro. En algunas determinaciones el calcímetro se vació entero, por lo que se repitieron las determinaciones, pero con menos cantidad de suelo.

Posteriormente se expresó el resultado en porcentaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\%CaCO_3 = \frac{L_2 - L_1}{L'_1 - L'_2} * \frac{P_{CaCO_3}}{P_{ssa} \times f_h}$$

Donde:

- L₁: Lectura del calcímetro antes de reacción del HCl con los carbonatos.
- L₂: Lectura del calcímetro después de reaccionar el HCl con los carbonatos.
- P_{CaCO3}: Peso del Carbonato cálcico utilizado en el blanco.
- P_{ssa}: Peso del suelo utilizado en las determinaciones.
- f_h: factor de humedad de la muestra
- L'₁: Lectura del calcímetro antes de disolver los Carbonatos, en el blanco.
- L'₂: Lectura del calcímetro después de disolver los carbonatos, en el blanco.

3.4.8. Conductividad eléctrica

En el suelo siempre existen sales solubles, el problema radica cuando estas sales solubles se concentran en cantidades suficientes para interferir en el crecimiento de los vegetales, en otras palabras, la salinización de los suelos es un proceso de degradación del suelo que deriva en una concentración de sales solubles que interfiere en el crecimiento de las especies vegetales y en el deterioro de la estructura del suelo. La salinidad de un suelo puede tener un origen natural,

o, por el contrario, puede estar causada por factores humanos, como la actividad agrícola (riego, fertilización...).

Al medir la conductividad eléctrica del suelo (CE), se está midiendo la capacidad de transmisión eléctrica del suelo, y esta ve afectada por la presencia de sales solubles. Si se obtienen valores altos de conductividad se puede traducir en que las raíces de la planta deberán hacer un mayor esfuerzo para absorber nutrientes y, de este modo, utilizando más energía que se podría destinar en otras funciones. En algunas plantas el exceso de sales también supone una toxicidad.

Para la valoración de la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro, haciendo las mediciones en extracto acuoso 1:5 (suelo:agua). El extracto se prepara con 10 g de suelo y 50 mL de agua destilada y se agita durante una hora. Tras filtrado, se mide la CE en el volumen recogido.

3.4.9. pH

La asimilación de ciertos nutrientes varía dependiendo del valor del pH del suelo, tanto para pH altos, como para pH bajos. Esta baja disponibilidad de ciertos nutrientes afecta al crecimiento de las plantas, por este motivo, existen especies que no son viables a partir de ciertos valores de pH. Además, el pH condiciona también la actividad microbiana del suelo, condicionando los procesos de transformación de la materia orgánica del suelo.

Cuando hablamos del pH del suelo, nos referimos a la concentración de iones H^+ que se encuentran en la disolución de suelo y en las posiciones intercambiables del suelo. Cuando el agua destilada que se utiliza para preparar el extracto se pone en contacto con el suelo, ésta adquiere los iones libres del suelo; de este modo con un pH-metro de sobremesa y en un extracto acuoso 1:2,5 (suelo:agua) se puede medir el pH del suelo. El extracto se preparó con 10 g de suelo y 25 mL de agua destilada.

3.4.10. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

El fenómeno de intercambio catiónico se refiere a un proceso en el cual los iones presentes en las soluciones acuosas del suelo (fase en disolución) son captados por la fase sólida del suelo (fase adsorbida); a su vez, el suelo libera iones que inicialmente estaban asociados a la fase sólida. El responsable de este intercambio es el complejo de cambio, que está constituido mayoritariamente por arcillas y materia orgánica humificada. La cantidad total de cationes que pueden ser retenidos por el complejo de cambio obtiene el nombre de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Existe un equilibrio entre la concentración de cationes presente en la solución del suelo y los cationes ligados al complejo de cambio, y existe un equilibrio para cada tipo de catión. Este equilibrio permite que cuando baja la concentración de un catión en la solución, el complejo de cambio libere más cationes a la solución; de este modo las plantas pueden absorber estos elementos, ya que las raíces no son capaces de adquirir los cationes retenidos en el complejo de cambio.

El método utilizado para la determinación de la CIC, ha sido por saturación de acetato sódico con pH de 8,2. Con este método se pretende intercambiar todos los iones, que ocupan las posiciones de intercambio del suelo, por sodio. Una vez están todas las posiciones ocupadas por sodio, este se desplaza mediante nitrato magnésico y se valora el sodio desplazado. Se siguió el siguiente procedimiento:

Se pesan 4g de suelo seco al aire, se colocan en frascos de centrifugado, donde posteriormente se le introducen 33 mL de acetato sódico. Se tapa la muestra y se agita durante 5 minutos en un agitador de brazos. Una vez agitada la muestra se centrifuga durante 5', si el líquido sobrenadante no está claro, es recomendable dejarlo durante más tiempo. Una vez centrifugado se desecha el líquido sobrenadante, con cuidado de no desechar nada de suelo. Se repite la operación 4 veces.

A continuación, se le añade al suelo 33 mL de nitrato magnésico $[Mg(NO_3)_2]$ 0.5N y se realizan las mismas operaciones que con el acetato sódico, pero en esta ocasión se repetirán 3 veces y se recogerá el líquido sobrenadante. En la última repetición se le añaden a la muestra 34 mL de nitrato magnésico. El líquido sobrenadante se recoge en matraces aforados de 100 mL, uno por muestra. En el momento de abocar el líquido a los matraces aforados se pone un filtro de papel con un embudo, para asegurarse de que no caiga suelo o restos orgánicos de las muestras.

Una vez recogida la muestra en los matraces aforados, se determina la concentración de sodio por fotometría de llama.

3.4.11. Materia Orgánica

La descomposición de la materia orgánica (MO) es un proceso que ocurre gracias a los organismos que viven en el suelo; éstos descomponen los tejidos vegetales y animales generando, por una parte, nutrientes (materia inorgánica) y, por otra parte, materia orgánica estable que forma el compuesto llamado humus. La presencia de MO en el suelo favorece el intercambio catiónico, mejora la retención de agua, hace que el suelo sea más resistente a la erosión y permite un buen desarrollo de la estructura del suelo.

Para la determinación de MO se utilizó el método de oxidación de Walkley-Black (1934) siguiendo el procedimiento descrito a continuación. Se pesan 0.5 g de suelo tamizado por 500 μ m en matraces Erlenmeyer, se le aplican 10 mL de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) y 20 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4), se produce una reacción exotérmica por lo que hay que dejar enfriar la muestra unos 30 min. Una vez que se encuentran a temperatura ambiente, se le incorporarán 50 mL de agua destilada, para observar mejor el cambio de color que se producirá en la valoración.

Para la valoración, se prepara una bureta de 20 mL con sulfuro ferroso ($FeSO_4$), se aplican 6 gotas del indicador ortofenantrolina a la muestra y usando un agitador magnético se va suministrando $FeSO_4$ hasta que el color de la muestra vira a rojo. No hay que olvidar hacer un blanco con 10, 20 y 50 mL de $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 y agua destilada respectivamente, para calcular el factor de normalidad del $FeSO_4$.

Para las muestras forestales, que tenían un color muy oscuro, el cual indica un contenido alto en materia orgánica, se aplicaron 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ y 20 mL de H_2SO_4 , pero en las muestras que a priori cabía esperar que tuvieran menor contenido de MO, se les aplicaron 5 y 10 mL, respectivamente.

Para el cálculo del porcentaje de materia orgánica que tiene cada suelo se calcularon mediante las siguientes expresiones.

$$\% \text{ de } C \text{ orgánico oxidable} = \frac{(V_b - V_m) \times 0.5 \times f \times 0.003 \times 100 \times 1.3}{P_{S_{\text{aire}}} \times f_h}$$

Donde:

- V_b : Volumen de $K_2Cr_2O_7$ (mL)
- V_m : Volumen de $FeSO_4$ (mL)
- f es el factor de molalidad del $FeSO_4$
- $P_{s_{aire}}$ es el peso de suelo seco al aire (g)
- f_h es el factor de humedad de la muestra

Una vez calculado el porcentaje de carbono orgánico oxidable, el de materia orgánica se obtiene utilizando la expresión:

$$\% M.O. = 2 \times \% C_{orgánico\ oxidable}$$

3.4.12. Caracterización hidráulica de las muestras

La caracterización hidráulica del suelo se realizó de forma indirecta, utilizando el módulo *Soil Water Characteristics* del software *SPAW* (Soil-Plant-Atmosphere-Water hydrologic model) del USDA, basado en el trabajo de Saxton y Rawls (2006). El programa estima la curva característica de retención de agua y de conductividad hidráulica del suelo utilizando funciones de pedotransferencia basadas en otras propiedades edáficas como la textura, el contenido de materia orgánica, la pedregosidad, el grado de compactación (o densidad aparente) y la salinidad. Dichas funciones permiten conocer los valores de humedad volumétrica a saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, así como de conductividad hidráulica saturada y el agua disponible, lo que constituye una fuente de información válida para aspectos relacionados con el agua en el suelo.

Como la densidad aparente es una de las variables que ayudan a afinar los resultados ofrecidos por el programa, en este trabajo solo se han caracterizado aquellos puntos en los que se determinó la densidad aparente.

4. Resultados

4.1. Puntos muestreados

A continuación, se detalla información perteneciente a los puntos de muestreo.

4.1.1. Forestales

Tabla1: Puntos muestreados en suelos forestales.

Punto	Fecha de muestreo	Altitud (m)	Coordenadas	Muestras	Notas
1	05/12/2022	60,7	39,532189°N 0,523353°W	0-20 20-35	
2	05/12/2022	85,9	39,530865°N 0,526314°W	0-20 20-40 40-50	
3	05/12/2022	88,3	39,530319°N 0,526711°W	0-30 30-60	Muestra cogida de un perfil de suelo.
4	06/12/2022	164,8	39,506797°N 0,550711°W	0.20	
5	06/12/2022	162,9	39,507385°N 0,553629°W	0-20 20-30 30-50	
6	06/12/2022	43,9	39,512872°N 0,549082°W	0-20 20-30	
7	16/12/2022	103,9	39,542883°N 0,587710°W	0-18 18-30	
8	16/12/2022	87,0	39,543383°N 0,587717°W	0-20 20-40 40-60	
9	16/12/2022	181,5	39,537983°N 0,585992°W	0-10 0-12	
10	16/12/2022	139,9	39,53897°N 0,586192°W	0-40	
11	16/12/2022	138,8	39,53942°N 0,585853°W	0-20 20-30 30-50 50-55	
12	16/12/2022	152,5	39,540635°N 0,586065°W	0-15	
13	26/12/2022	156,0	39,505978°N 0,596010°W	0-20 20-40 40-50	
14	26/12/2022	118,7	39,502787°N 0,593447°W	0-20	
15	26/12/2022	109,1	39,503317°N 0,593155°W	0-20	
16	13/01/2023	120,4	39,535917°N 0,588542°W	0-10	

17	13/01/2023	188,3	39,534353°N 0,587550°W	0-15 15-20	
18	09/03/2023	151,0	39,527940°N 0,546293°W	0-10 10-20 20-30	
19	09/03/2023	86,0	39,531163°N 0,552538°W	0-20 20-40 40-60	
20	09/03/2023	126,2	39,532591°N 0,552080°W	0-20 20-30 30-45	
21	09/03/2023	93,6	39,525038°N 0,556972°W	0-20	
22	09/03/2023	126.6	39.528134°N 0.558254°W	0-25	

La localización de los puntos se detalla en las imágenes 8,9,10,11 y 12. En las imágenes se han organizado los puntos por cercanía, para una buena visualización de la localización de cada punto. A continuación (Tabla 2) se detalla la agrupación de puntos según la zonificación propuesta en el apartado 3.2 Diseño de muestreo

Tabla2: Puntos de muestreo y sus correspondientes zonas de muestreo propuestas.

Puntos	Zona de muestreo
7,8,12,17	Dolomías_bosque (D_B)
10,11,15	Margas_Bosque (M_B)
4,9	Dolomías Matorral (D_M)
16	Cantos, gravas y limos_Bosque (CGL_B)
13,14	Calcareas y Margas_Bosque (CM_B)
18,20,21,6	Calcáreas matorral (Calc_M)
19	Calcáreas y Margas_Matorral (CM_M)
2.3	Areniscas y Margas_Matorral (AM_M)
1	Cantos y gravas_Agua (CG_Agu)
22	Calcareas_Pastizal-Matorral (Calc_M)

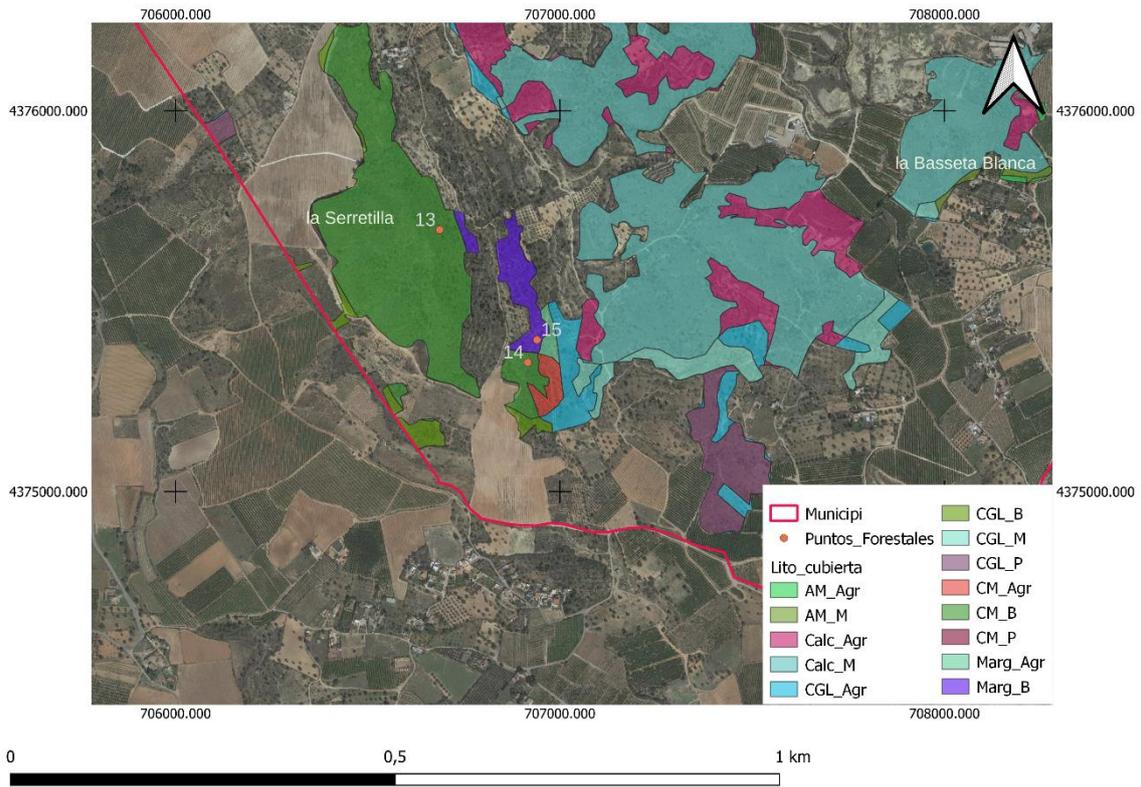


Imagen 8: Localización de los puntos muestreados Nº 13,14 y 15 en los suelos forestales.

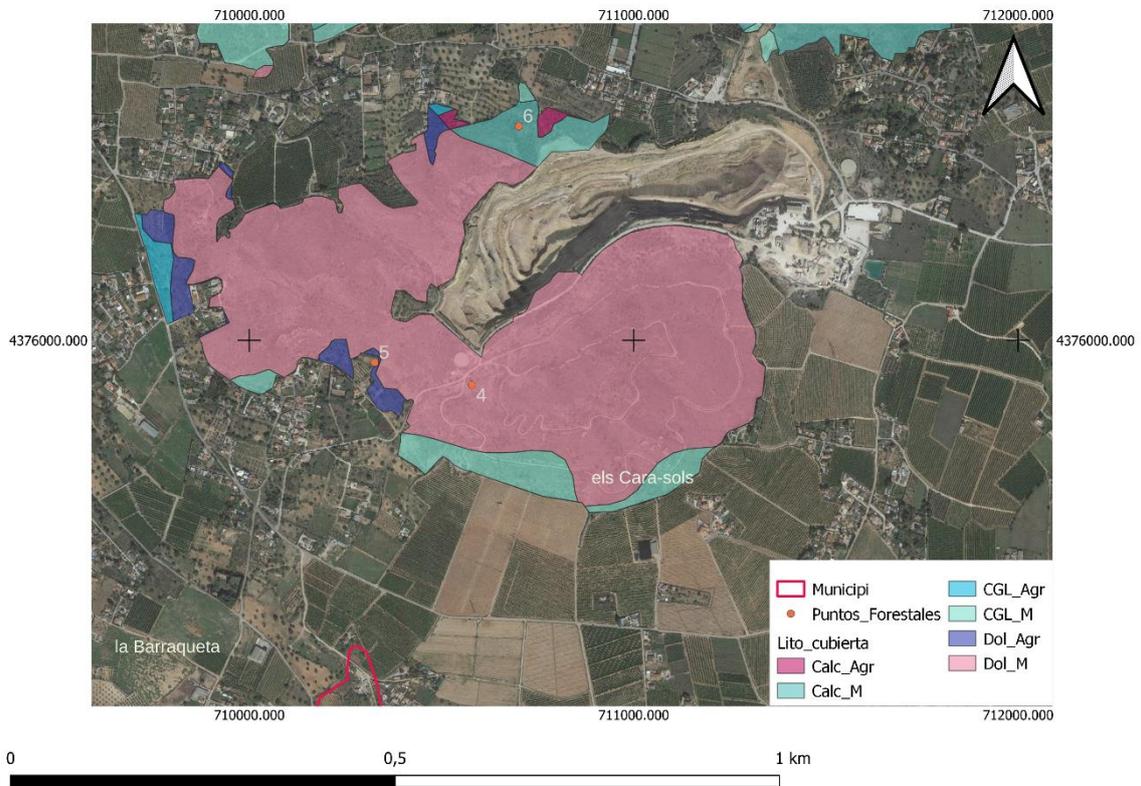


Imagen 9: Localización de los puntos muestreados Nº 4,5 y 6 en los suelos forestales.

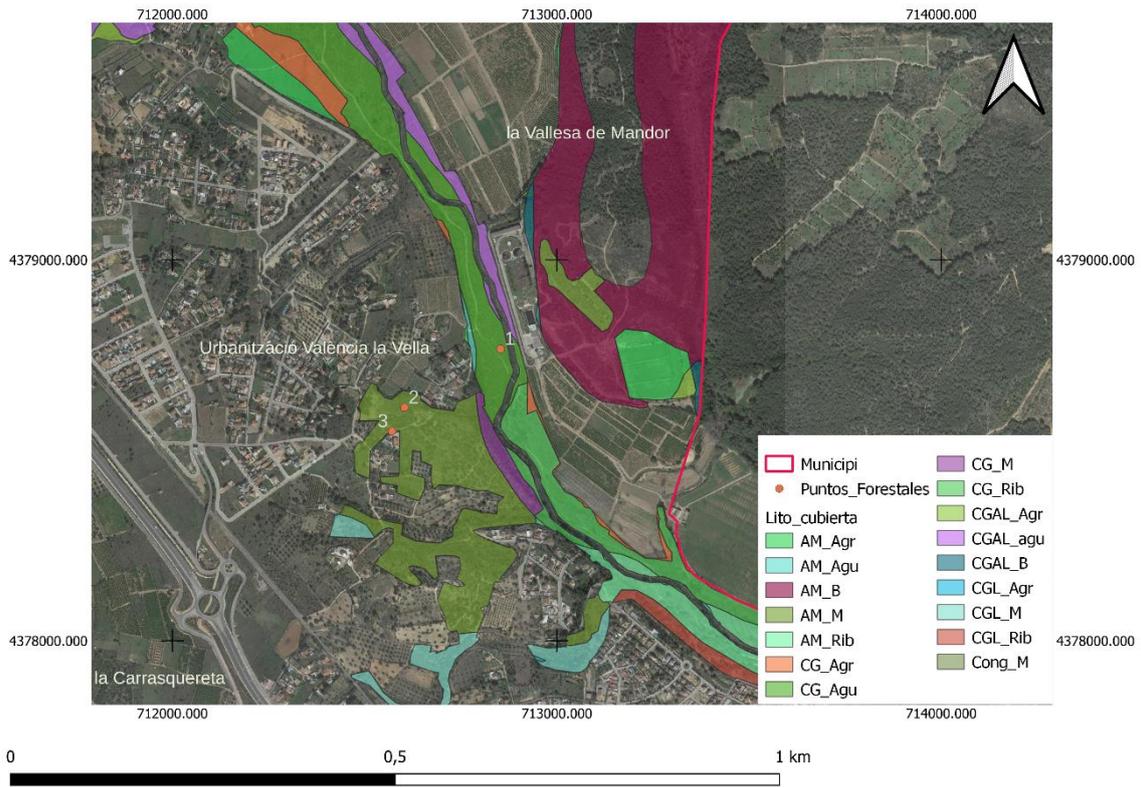


Imagen 10: Localización de los puntos muestreados N° 1, 2 y 3 en los suelos forestales.

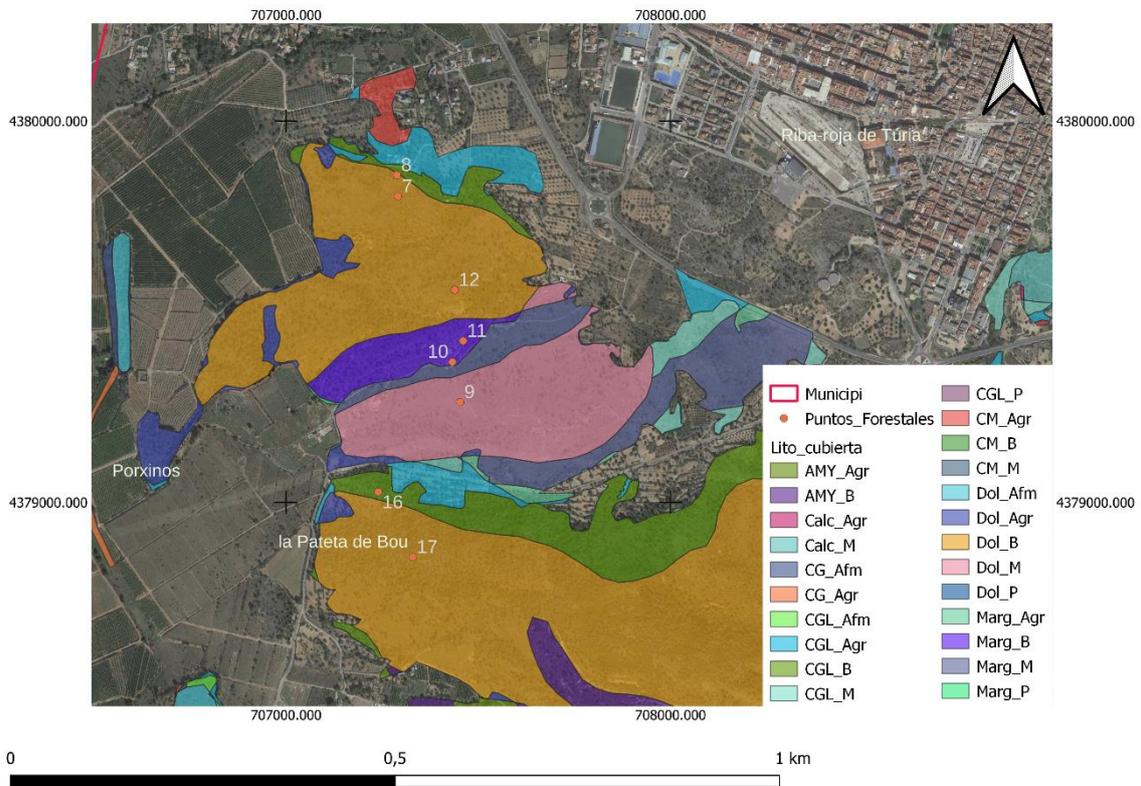


Imagen 11: Localización de los puntos muestreados N° 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16 y 17 en los suelos forestales.

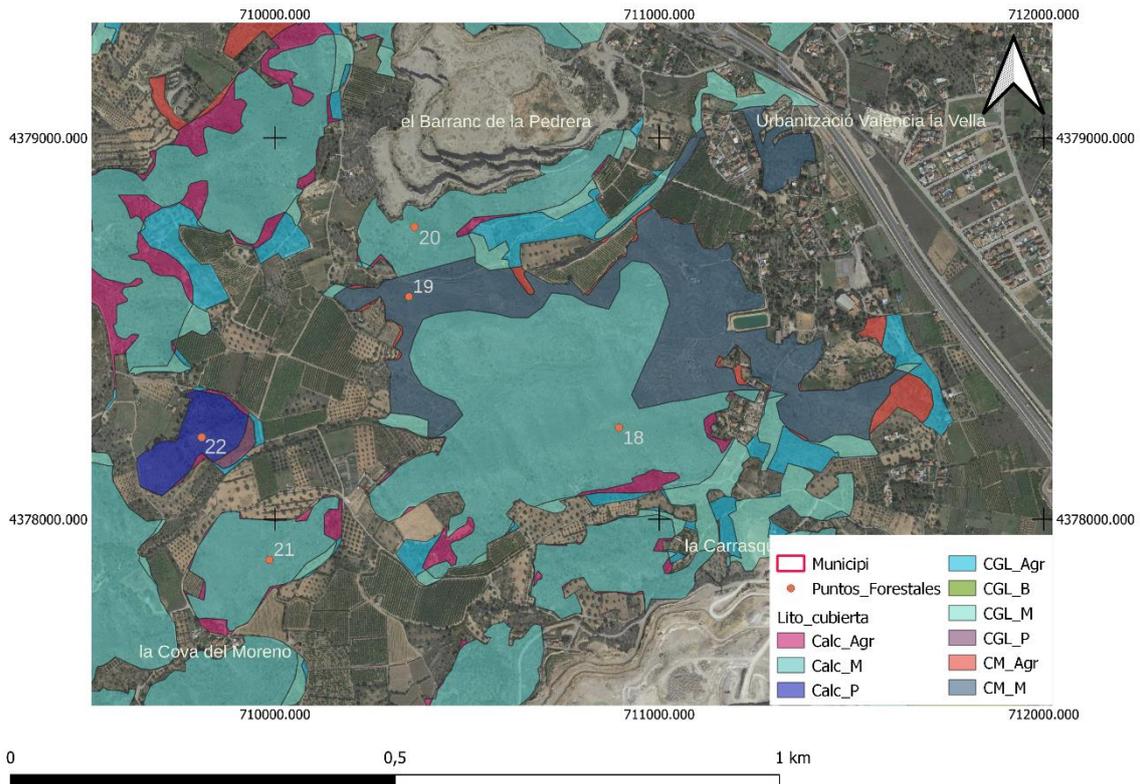


Imagen 12: Localización de los puntos muestreados N° 18,19,20,21 en los suelos forestales

4.1.2. Agrícola

A continuación, en la tabla 3 se detallan las coordenadas, las profundidades recogidas y el uso de las parcelas agrícolas en las que se han recogido muestras.

Tabla3: Puntos muestreados en suelos agrícolas.

Nº	Fecha de muestreo	Cubierta/uso	Altitud (m)	Coordenadas	Profundidades
1	27/03/2022	Cultivo cítrico, no labrado, con árboles adultos.	45,0	39,563282ºN 0,577170ºW	0-20 20-40 40-60
2	27/03/2022	Parcela abandonada, sin malas hierbas, con algunas gravas superficiales, sin grandes piedras superficiales	44,5	39,562060ºN 0,576940ºW	0-20 20-40 40-60
3	27/03/2022	Parcela abandonada con muchas malas hierbas. Suelo superficial muy agregado, cementado	55,2	39,560128ºN 0,57587ºW	0-20 20-40 40-60
4	27/03/2022	Cultivo de cítricos con suelo labrado. Árboles jóvenes, quemados en la zona más alta.	37,7	39,559125ºN 0,574603ºW	0-20 20-40 40-50

		Suelo húmedo, regado hace pocos días del muestreo.			
5	27/03/2022	Parcela abandonada, cerca del río. Mucha maleza alta y suelo compactado.	12,3	39,549898°N 0,564753°W	0-20 20-40 40-60
6	27/03/2022	Cultivo de <i>Paulownia spp.</i> Suelo regado, siega sin labrar	14,6	39,551610°N 0,570372°W	0-20 20-40 40-60
7	27/03/2022	Cultivo de cítricos sin labrar. Vegetación solo en la línea de plantación. Árboles jóvenes.	88,8	39,563262°N 0,577372°W	0-20 20-40 40-60
8	06/04/2023	Cultivo de cítricos sin labrar. No presenta malas hierbas, árboles jóvenes.	81,7	39,556653°N 0,563543°W	0-20 20-40 40-60
9	06/04/2023	Cultivo de Almendros labrado, muestra cogida en la calle labrada, árboles jóvenes.	32,2	39,559042°N 0,563697°W	0-20 20-40 40-60
10	06/04/2023	Cultivo abandonado. Presenta un matorral escaso -10 cm aprox.	43,9	39,556820°N 0,566873°W	0-20 20-40 40-50
11	06/04/2023	Cultivo de granado, sin labrar. Árboles jóvenes, sin vegetación superficial. Suelo duro.	23,8	39,556885°N 0,571048°W	0-20 20-40 40-60
12	06/04/2023	Cultivo abandonado, antiguo campo de naranjos. Vegetación superficial abundante de gran envergadura. Suelo húmedo.	26,7	39,556418°N 0,580105°W	0-20 20-40 40-60

La localización de los puntos está detallada en la Imagen 7.

4.2. Caracterización del suelo.

4.2.1. Pedregosidad

4.2.1.1. Forestal

En la tabla 4 se muestra en cada punto y a cada profundidad el porcentaje de elementos gruesos obtenido tras el tamizado de las muestras. Al observar la tabla 4, se aprecia una elevada variabilidad, oscilando el rango observado entre 0 – 54%, aunque se puede afirmar que la pedregosidad obtenida en los suelos forestales es, en general, elevada y tiende a

disminuir con la profundidad. Destacan de la mayoría los puntos 1, 3, 11, 19 y 20 por tener una baja pedregosidad.

Tabla 4: Porcentaje de pedregosidad (%) de los suelos forestales muestreados.

Punto	Tipo	Pedregosidad	Punto	Tipo	Pedregosidad	Punto	Tipo	Pedregosidad
1	0-20	0%	8	0-20	16%	15	0-20	20%
1	20-35	0%	8	20-40	13%	16	0-10	38%
2	0-20	30%	8	40-60	9%	17	0-15	54%
2	20-40	23%	9	0-10	50%	17	15-20	48%
2	40-50	6%	9	0-12	52%	18	0-10	46%
3	0-30	3%	10	0-40	15%	18	10-20	29%
3	30-60	2%	11	0-20	11%	18	20-30	29%
4	0-20	46%	11	20-30	5%	19	0-20	19%
5	0-20	43%	11	36-50	5%	19	20-40	3%
5	20-30	34%	11	50-55	1%	19	40-60	4%
5	30-50	31%	12	0-15	44%	20	0-20	3%
6	0-20	30%	13	0-20	18%	20	20-30	8%
6	20-30	21%	13	20-40	16%	20	30-45	0%
7	0-18	54%	13	40-50	23%	21	0-20	23%
7	18-30	45%	14	0-20	39%	22	0-25	32%

Al analizar estos puntos individualmente se observa que el punto 1 se localiza en una ladera del río, con vegetación de carrizo, por lo que no sorprende su baja pedregosidad. En cuanto al punto 3, se observa en la tabla 1 que la muestra está tomada de un perfil de suelo. La explicación más lógica sería que al coger una muestra de un perfil que está a la intemperie, este ha ido perdiendo los materiales más gruesos por factores como la lluvia, ventiscas o la intervención humana ya que también está localizada cerca de una urbanización.

4.2.1.2. Agrícola

En la Tabla 5 se recogen los valores de pedregosidad de cada uno de los puntos y profundidad de muestreo. Se observa como los datos son muy homogéneos y la mayor pedregosidad es superficial y desaparece en las muestras de mayor profundidad. El rango de valores oscila entre el 0 – 8%, siendo el valor medio en la primera capa del 3,3 %, del 2,8% en la capa de 20 - 40 cm y del 2,1% en la capa más profunda. Se pueden considerar estos valores como bajos.

Tabla 5: Porcentaje de pedregosidad (%) de los suelos agrícolas muestreados.

Punto	Tipo	%eg	Punto	Tipo	% Pedregosidad
1	20-40	1%	7	0-20	1%
1	0-20	1%	7	20-40	1%
1	40-60	0%	7	40-60	2%
2	0-20	1%	8	0-20	2%
2	20-40	2%	8	20-40	3%
2	40-60	1%	8	40-60	2%
3	0-20	0%	9	0-20	1%
3	20-40	0%	9	20-40	2%
3	40-60	0%	9	40-60	0%
4	0-20	2%	10	0-20	5%
4	20-40	1%	10	20-40	4%
4	40-50	1%	10	40-50	3%
5	0-20	6%	11	0-20	3%
5	20-40	8%	11	20-40	3%
5	40-60	6%	11	40-60	2%
6	0-20	2%	12	0-20	3%
6	20-40	1%	12	20-40	1%
6	40-60	1%	12	40-60	1%

4.2.2. pH

El pH indica la cantidad de iones H⁺ libres en el suelo. Los valores del pH varían en un rango de 0-14, siendo suelos ácidos, neutros y básicos si el valor está comprendido entre 0-6,5, 6,6-7,5 y 7,5-14, respectivamente.

4.2.2.1. Forestal

En la Tabla 6 se muestran los valores de pH de los suelos muestreados en la zona forestal. Se puede observar que los valores del pH son bastantes homogéneos, teniendo la mayoría un pH ligeramente básico, exceptuando el punto 8 que tienen un pH más elevado que el resto. El valor medio considerando todos los puntos y profundidades es de $8,59 \pm 0,25$, siendo el rango de variación de 8,13 – 9,17. Se trata de suelos básicos, como corresponde a su elevado contenido en carbonatos, siendo el suelo del punto 8 catalogado como alcalino seguramente debido a la presencia de sodio intercambiable, dado su elevado valor de pH.

Tabla 6: pH de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Ph	Punto	Tipo	Ph	Punto	Tipo	Ph
1	0-20	8,63	8	0-20	8,94	15	0-20	8,15
1	20-35	8,95	8	20-40	9,17	16	0-10	8,49
2	0-20	8,33	8	40-60	9,17	17	0-15	8,21
2	20-40	8,72	9	0-10	8,58	17	15-20	8,32
2	40-50	8,69	9	0-12	8,58	18	0-10	8,53
3	0-30	8,49	10	0-40	9,14	18	10-20	8,36
3	30-60	9,07	11	0-20	8,62	18	20-30	8,37
4	0-20	8,35	11	20-30	8,75	19	0-20	8,45
5	0-20	8,48	11	36-50	8,81	19	20-40	8,79
5	20-30	8,64	11	50-55	8,80	19	40-60	8,95
5	30-50	8,59	12	0-15	8,37	20	0-20	8,66
6	20-30	8,52	13	0-20	8,67	20	20-30	8,60
6	0-20	8,57	13	20-40	8,75	20	30-45	8,72
7	0-18	8,48	13	40-50	8,66	21	0-20	8,20
7	18-30	8,72	14	0-20	8,13	22	0-25	8,35

4.2.2.2. Agrícola

La Tabla 7 recoge los valores de pH medidos en las diferentes zonas muestreadas a diferentes profundidades. *El valor medio, considerando todos los puntos y profundidades, es de $8,57 \pm 0,23$, oscilando los valores entre 8,06 y 9,22.*

Tabla 7: pH de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Ph	Punto	Tipo	Ph	Punto	Tipo	Ph
1	0-20	8,63	8	0-20	8,94	15	0-20	8,15
1	20-35	8,95	8	20-40	9,17	16	0-10	8,49
2	0-20	8,33	8	40-60	9,17	17	0-15	8,21
2	20-40	8,72	9	0-10	8,58	17	15-20	8,32
2	40-50	8,69	9	0-12	8,58	18	0-10	8,53
3	0-30	8,49	10	0-40	9,14	18	10-20	8,36
3	30-60	9,07	11	0-20	8,62	18	20-30	8,37
4	0-20	8,35	11	20-30	8,75	19	0-20	8,45
5	0-20	8,48	11	36-50	8,81	19	20-40	8,79
5	20-30	8,64	11	50-55	8,80	19	40-60	8,95
5	30-50	8,59	12	0-15	8,37	20	0-20	8,66
6	20-30	8,52	13	0-20	8,67	20	20-30	8,60
6	0-20	8,57	13	20-40	8,75	20	30-45	8,72
7	0-18	8,48	13	40-50	8,66	21	0-20	8,20
7	18-30	8,72	14	0-20	8,13	22	0-25	8,35

Se puede observar cómo mayoritariamente los suelos tienen un pH ligeramente básico y los valores son muy homogéneos, de acuerdo con lo ya observado en la zona forestal.

4.2.3. Conductividad eléctrica

A través de los resultados obtenidos en la valoración de la conductividad eléctrica se halla la salinidad del suelo. Se considera como salino un suelo que presenta un exceso de sales solubles que impide el correcto desarrollo de la vegetación.

Para clasificar un suelo como salino se ha seguido la clasificación adoptada por Cros en 1983, obtenida de De la rosa (2008) y que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Clasificación de la salinidad de los suelos según la $CE_{1:5}$

$CE_{1:5}$ (dS/m)	Clasificación
<0,35	No salino
0,35-0,65	Ligeramente salino
0,65-1,15	Salino
>1,15	Muy salino

4.2.3.1. Forestal

En la Tabla 9 se recogen los valores obtenidos en el análisis de la conductividad eléctrica expresada en dS/m de los suelos forestales.

Tabla 9: Conductividad eléctrica expresada en dS/m de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	CE (dS/m)	Punto	Tipo	CE (dS/m)	Punto	Tipo	CE (dS/m)
1	0-20	0,109	8	0-20	0,082	15	0-20	0,352
1	20-35	0,171	8	20-40	0,071	16	0-10	0,154
2	0-20	0,115	8	40-60	0,073	17	0-15	0,177
2	20-40	0,096	9	0-10	0,101	17	15-20	0,138
2	40-50	0,102	9	0-12	0,130	18	0-10	0,107
3	0-30	0,268	10	0-40	0,077	18	10-20	0,140
3	30-60	0,300	11	0-20	0,133	18	20-30	0,125
4	0-20	0,133	11	20-30	0,107	19	0-20	0,115
5	0-20	0,108	11	36-50	0,095	19	20-40	0,094
5	20-30	0,097	11	50-55	0,095	19	40-60	0,081
5	30-50	0,092	12	0-15	0,147	20	0-20	0,119
6	0-20	0,118	13	0-20	0,103	20	20-30	0,151
6	20-30	0,122	13	20-40	0,103	20	30-45	0,128
7	0-18	0,126	13	40-50	0,102	21	0-20	0,349
7	18-30	0,111	14	0-20	0,204	22	0-25	0,132

En cuanto a la CE, es destacable, aunque esperable, el bajo nivel de salinidad de los suelos en la zona forestal (tabla 9), donde el mayor valor de la conductividad eléctrica del extracto 1:5 es de 0.35 dS/m que es justamente el límite entre no salino y ligeramente salino. El valor medio de todas las muestras es de $0,134 \pm 0,06$.

4.2.3.2. Agrícola

La tabla 10 recoge los resultados obtenidos de los análisis, en los que se observa como la mayoría de los suelos no presentan problemas de salinidad ya que el rango de valores fluctúa entre 0.18-0.17 dS/m.

Tabla 10: Conductividad eléctrica expresada en dS/m de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	CE (dS/m)	Punto	Tipo	CE (dS/m)
1	0-20	0,18	7	0-20	0,20
1	20-40	0,55	7	20-40	0,24
1	40-60	0,92	7	40-60	0,25
2	0-20	0,16	8	0-20	0,19
2	20-40	0,27	8	20-40	0,36
2	40-60	0,70	8	40-60	0,30
3	0-20	0,26	9	0-20	0,30
3	20-40	0,33	9	20-40	0,32
3	40-60	0,27	9	40-60	0,31
4	0-20	0,37	10	0-20	0,36
4	20-40	0,32	10	20-40	0,18
4	40-50	0,32	10	40-50	0,14
5	0-20	0,12	11	0-20	0,28
5	20-40	0,22	11	20-40	0,31
5	40-60	0,21	11	40-60	0,37
6	0-20	0,21	12	0-20	0,32
6	20-40	0,28	12	20-40	0,27
6	40-60	0,55	12	40-60	0,36

En cuanto a los suelos de la zona agrícola (tabla 10), se observa como la mayoría de los suelos no presentan problemas de salinidad, aunque se aprecia una tendencia a una acumulación de sales con la profundidad. hay que remarcar dos puntos que presentan una ligera salinidad en la superficie que desaparece con las muestras a mayor profundidad. En promedio la CE en la zona agrícola es de $0,296 \pm 0,146$ dS/m, siendo el rango de variación de $0,096 - 0,916$ dS/m. Estos valores son más elevados que los de la zona de vegetación natural, seguramente debido al efecto del riego y la fertilización.

4.2.4. Carbonatos

Para valorar los resultados de los análisis de carbonatos, se ha optado por utilizar la escala típica en España (Yañez, 1989) que clasifica el porcentaje de carbonatos de muy bajo a muy alto de acuerdo con la escala mostrada en la tabla 11.

Tabla 11: Escala típica usada en España (Yanez, 1989).

% Carbonatos	Calificativo
<5	Muy bajo
5-10	Bajo
10-20	Normal
20-40	Alto
>40	Muy alto

4.2.4.1. Forestal

Al observar los valores del porcentaje de carbonatos (Tabla 12) se aprecia una variabilidad muy grande en los suelos forestales, si bien mayoritariamente predominan los suelos con contenido muy altos, que suele ser lo común en los calcisoles y fluvisoles calcáreos que predominan en la

zona de estudio. Como excepción a estos elevados valores, están el punto 9 y el punto 17, que presentan unos valores muy bajos de carbonatos. El valor medio de carbonatos es del $45,9 \pm 22,8 \%$, siendo el rango de variación de $0,2 - 85,6 \%$.

Tabla 12: Porcentaje de carbonato cálcico de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	%CaCO ₃	Punto	Tipo	%CaCO ₄	Punto	Tipo	%CaCO ₅
1	0-20	29%	8	0-20	69%	15	0-20	26%
1	20-35	0%	8	20-40	74%	16	0-10	30%
2	0-20	36%	8	40-60	77%	17	0-15	8%
2	20-40	27%	9	0-10	1%	17	15-20	6%
2	40-50	27%	9	0-12	1%	18	0-10	36%
3	0-30	35%	10	0-40	86%	18	10-20	22%
3	30-60	50%	11	0-20	56%	18	20-30	32%
4	0-20	41%	11	20-30	61%	19	0-20	70%
5	0-20	74%	11	36-50	62%	19	20-40	77%
5	20-30	75%	11	50-55	60%	19	40-60	78%
5	30-50	51%	12	0-15	15%	20	0-20	81%
6	0-20	46%	13	0-20	44%	20	20-30	74%
6	20-30	52%	13	20-40	52%	20	30-45	72%
7	0-18	47%	13	40-50	47%	21	0-20	36%
7	18-30	61%	14	0-20	34%	22	0-25	36%

4.2.4.2. Agrícola

Los suelos agrícolas presentan menor contenido en carbonatos que los suelos forestales (tabla 13), debido a la menor presencia de calcisoles en esta zona. Se observa una mayor uniformidad en los valores obtenidos, que promedian $32,1 \pm 5,2 \%$ oscilando los valores entre $17,6 - 60,6 \%$, lo que según la mencionada clasificación sitúa estos suelos con un valor alto de carbonato cálcico. En el punto 10 se puede observar una acumulación de carbonatos en la profundidad 20-40. La uniformidad observada se mantiene en todo el perfil y en toda la superficie estudiada.

Tabla 13: Porcentaje de carbonato cálcico de los suelos agrónomos de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	%CaCO ₃	Punto	Tipo	%CaCO ₃
1	0-20	34%	7	0-20	34%
1	20-40	32%	7	20-40	33%
1	40-60	31%	7	40-60	33%
2	0-20	32%	8	0-20	32%
2	20-40	33%	8	20-40	32%
2	40-60	31%	8	40-60	32%
3	0-20	33%	9	0-20	33%
3	20-40	32%	9	20-40	30%
3	40-60	29%	9	40-60	34%
4	0-20	34%	10	0-20	31%
4	20-40	31%	10	20-40	61%
4	40-50	26%	10	40-50	30%
5	0-20	28%	11	0-20	30%
5	20-40	29%	11	20-40	26%
5	40-60	33%	11	40-60	18%
6	0-20	33%	12	0-20	32%
6	20-40	33%	12	20-40	34%
6	40-60	32%	12	40-60	36%

4.2.5. Textura

Las clases texturales de los suelos se han obtenido atendiendo a la clasificación USDA plasmada en su triángulo de texturas (Imagen 15).

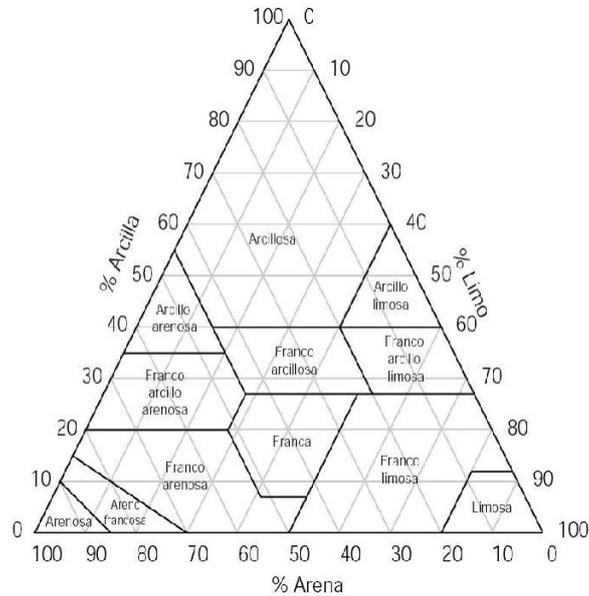


Imagen 15: Triángulo de texturas según criterios USDA.

4.2.5.1. Forestal

La Tabla 14 muestra los porcentajes de arena, limo y arcilla y la clase textural en cada uno de los puntos y a cada una de las profundidades muestreadas. Se observa como predominan las texturas francas, con diferentes proporciones de arena, limo y arcilla, que derivan en texturas franco arenosas, franco limosas o franco arcillosas. El punto 1, cogido en la ribera del río Turia presenta un alto contenido en arenas y limos y un bajo contenido en arcillas, quizás debido a la acumulación de estos materiales provocados por la corriente del río. Los porcentajes de arena oscilan entre 0,8 – 73,7%, los de limo entre 1,3 – 75,4 % y los de arcilla entre 3,4 – 43,7 %. Se observa una tendencia a la disminución del porcentaje de arena con la profundidad y un aumento del contenido de arcilla.

Tabla 14: Clase textural y porcentaje de arena, limo y arcilla en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Textura	%Arena	%Limo	%Arcilla
1	0-20	Francoarenoso	58,6	36,2	5,3
1	20-35	Arenoso francoso	73,7	22,9	3,4
2	0-20	Franco	48,9	36,0	15,1
2	20-40	Francoarenoso	47,6	34,5	18,0
3	0-30	Arcilloso	35,0	21,3	43,7
3	30-60	Francolimoso	29,4	60,0	10,6
4	0-20	Franco	40,7	41,5	17,8
5	0-20	Franco	40,2	41,3	18,5
5	20-30	Francoarenoso	57,1	30,8	12,1
6	0-20	Francoarcilloso	27,7	44,8	27,5
6	20-30	Francolimoso	24,8	52,6	22,7
7	0-18	Franco	44,3	37,0	18,6
7	18-30	Franco	48,7	35,4	15,9
8	0-20	Franco	41,4	1,3	17,4
8	20-40	Francolimoso	35,0	52,1	12,8
9	0-12	Franco	36,9	50,3	12,8
10	0-40	Francolimoso	15,7	75,4	8,9
11	0-20	Francoarcillosolimoso	17,6	47,4	35,0
11	20-30	Francoarcillosolimoso	0,8	63,9	34,3
12	0-15	Francoarenoso	53,5	28,1	18,4
13	0-20	Franco	48,2	31,8	19,9
13	20-40	Franco	49,4	33,4	17,2
14	0-20	Franco	39,2	37,9	22,9
15	0-20	Francoarcilloso	36,0	35,7	28,4
16	0-10	Francoarenoso	53,3	34,6	12,1
17	0-15	Francolimoso	32,7	57,8	9,5
17	15-20	Francolimoso	36,1	51,5	12,4
18	0-10	Francolimoso	36,6	52,0	11,3
18	10-20	Franco	37,8	42,8	19,4
18	20-30	Franco	41,2	43,1	15,7
19	0-20	Franco	30,7	48,9	20,4
20	0-20	Franco	38,3	40,1	21,6
20	20-30	Franco	29,4	44,7	26,0
21	0-20	Franco	38,4	47,4	14,2
22	0-25	Franco	36,2	43,8	20,0

4.2.5.2. Agrícola

En la tabla 15 se recogen los porcentajes de arena, limo y arcilla y la clase textural de los suelos en la zona de uso agrícola. Se observa que estos suelos presentan un mayor contenido de arcillas, alrededor del 41% en promedio, mientras que el contenido de arenas es bajo; la uniformidad es mayor y, en general, las texturas son de tipo arcilloso, dependiendo de los porcentajes de las fracciones de limo y arcilla el que tengan más el carácter de una u otra fracción. Los porcentajes de arena oscilan entre 0,3 – 41,6%, los de limo entre 25,4 – 73,0 % y los de arcilla entre 17,0 – 55,8 %. Se observa también en estos suelos una tendencia a la disminución del porcentaje de arena con la profundidad y un aumento del contenido de arcilla.

Tabla 15: Clase textural y porcentaje de arena, limo y arcilla en los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Textura	%Arena	%Limo	%Arcilla
1	0-20	Arcillosolimoso	3,6	52,0	44,3
1	20-40	Arcillosolimoso	6,1	38,8	55,1
2	0-20	Francoarcillosolimoso	10,5	52,3	37,2
2	20-40	Francoarcillolimoso	3,6	65,7	30,7
3	0-20	Arcillosolimoso	3,6	44,3	52,1
3	20-40	Arcillolimoso	5,9	42,9	51,2
4	0-20	Francoarcillosolimoso	5,3	55,3	39,4
4	20-40	Francolimoso	9,1	73,0	17,9
5	0-20	Franco	41,6	41,4	17,0
5	20-40	Arcilloso	16,5	37,6	45,9
6	0-20	Francoarcillosolimoso	9,5	52,0	38,5
6	20-40	Arcillolimoso	5,9	43,3	50,8
7	0-20	Francoarcillosolimoso	10,5	49,8	39,8
7	20-40	Arcillolimoso	3,7	44,2	52,1
8	0-20	Francoarcillosolimoso	13,3	47,5	39,2
8	20-40	Arcilloso	10,7	39,1	50,2
9	0-20	Francoarcillosolimoso	6,8	56,8	36,4
9	20-40	Arcillolimoso	3,0	47,0	50,0
10	0-20	Francoarcilloso	21,7	41,6	36,7
10	20-40	Arcilloso	0,0	40,9	58,8
11	0-20	francoarcilloso	21,7	40,9	37,4
11	20-40	Arcilloso	10,0	25,4	54,6
12	0-20	Franco	24,1	50,8	25,0
12	20-40	Fancoarcillolimoso	39,6	49,2	39,6

4.2.6. Materia Orgánica (MO)

La evaluación del contenido de materia orgánica se ha realizado en las capas más superficiales, obviando las muestras de mayor profundidad, asumiendo que la MO se encuentra mayoritariamente en los perfiles más superficiales con mayor actividad microbiana. En las muestras analizadas se observa además que los valores de materia orgánica van disminuyendo con la profundidad, por este motivo y para agilizar el trabajo en el laboratorio, se decidió no valorar las muestras de mayor profundidad.

Tras una revisión bibliográfica se decidió que para calificar el porcentaje de materia orgánica del suelo se seguirá la norma de diagnóstico de la materia orgánica en función del grupo textural (Yanez, 1989) obtenidos de De la Rosa (2008) que se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Ejemplo de norma de diagnóstico de la materia orgánica en función del grupo textural (Yañez, 1989)

Diagnóstico	Tipo de suelo		
	Arenoso	Medio	Arcilloso
	<10% arcilla	10-30% arcilla	>30% arcilla
% MO			
Muy pobre	<1,25	<1	<1,5
Pobre	1,25-2	1-1,75	1,5-2,5
Normal	02-mar	1,75-2,5	2,5-3,5
Alto	03-abr	2,5-3,5	3,5-4,5
Excesivo	>4	>3,5	>4,5

4.2.6.1. Forestal

Al observar los valores de MO se aprecia una lógica acumulación de materia orgánica en las muestras más superficiales (tabla 17), que promedian un porcentaje de MO del 5,74%, que es un valor alto para suelos agrícolas, pero no tanto para suelos con vegetación natural. Son destacables los puntos 21 y 17 por su gran contenido en materia orgánica. Considerando la totalidad del perfil analizado, el porcentaje medio es del $4,46 \pm 2,80$ %, oscilando los valores entre 1,11 y 11,68%.

Tabla 17: Porcentaje de materia orgánica en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Materia organica %	Punto	Tipo	Matria organica%
1	0-20	2,64	12	0-15	8,92
1	20-35	2,61	13	0-20	2,85
2	0-20	4,01	13	20-40	1,73
2	20-40	1,11	14	0-20	6,15
3	0-30	1,60	15	0-20	4,22
3	30-60	-	16	0-10	8,85
4	0-20	6,97	17	0-15	9,93
5	0-20	4,72	17	15-20	8,29
5	20-30	2,47	18	0-10	7,68
6	0-20	2,66	18	10-20	1,85
6	20-30	3,36	18	20-30	6,33
7	0-18	5,86	19	0-20	4,57
7	18-30	3,90	19	20-40	2,02
8	0-20	2,07	20	0-20	3,78
8	20-40	1,50	20	20-30	1,71
9	0-10	6,39	21	0-20	11,68
9	0-12	5,36	22	0-25	7,10
10	0-40	1,12			
11	0-20	3,24			
11	20-30	1,39			

Tras comparar estos valores, con los grupos textuales del apartado 4.2.6 se clasifican las diferentes muestras según su contenido en MO, tal y como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Diagnostico de materia orgánica en los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Clasificación MO	Punto	Tipo	Clasificación MO
1	0-20	Normal	12	0-15	Excesivo
1	20-35	Normal	13	0-20	Alto
2	0-20	Alto	13	20-40	Normal
2	20-40	Pobre	14	0-20	Excesivo
3	0-30	Pobre	15	0-20	Excesivo
3	30-60	-	16	0-10	Excesivo
4	0-20	Excesivo	17	0-15	Excesivo
5	0-20	Excesivo	17	15-20	Excesivo
5	20-30	Normal	18	0-10	Excesivo
6	0-20	Alto	18	10-20	Normal
6	20-30	Excesivo	18	20-30	Excesivo
7	0-18	Excesivo	19	0-20	Excesivo
7	18-30	Excesivo	19	20-40	Excesivo
8	0-20	Normal	20	0-20	Excesivo
8	20-40	Pobre	20	20-30	Pobre
9	0-10	Excesivo	21	0-20	Excesivo
9	0-12	Excesivo	22	0-25	Excesivo
10	0-40	Muy pobre			
11	0-20	Normal			
11	20-30	Pobre			

Como se aprecia en la tabla 18, la mayoría de los suelos presentan una cantidad de MO excesivo, destaca el punto 20 donde en los estratos superiores tienen una cantidad excesiva, mientras que está gran cantidad de MO no se traspasa a los sustratos inferiores, donde estos tienen una falta de MO.

4.2.6.2. Agrícola

La Tabla 19 muestra los porcentajes de materia orgánica en cada una de las muestras de la zona de uso agrícola. Se observa como el porcentaje de materia orgánica en los suelos agrícolas es más homogéneo e inferior en esta zona que en la zona forestal. Los valores están comprendidos entre 1,28 – 3,04 %, siendo el valor del punto 11 el más alto en el estrato superficial; considerando todo el perfil, el contenido medio de MO es del $2,07 \pm 0,57$ %, oscilando los valores entre 1,28 y 3,04%. Al comparar cada muestra con su textura se extrae la conclusión de que en toda la zona agrícola el contenido de MO se puede considerar como pobre.

Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica en los agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	%MO	Punto	Tipo	%MO
1	0-20	2,53	7	0-20	1,96
1	20-40	1,48	7	20-40	1,48
2	0-20	2,78	8	0-20	2,03
2	20-40	1,62	8	20-40	1,28
3	0-20	2,25	9	0-20	2,32
3	20-40	-	9	20-40	1,79
4	0-20	2,87	10	0-20	2,66
4	20-40	1,56	10	20-40	2,28
5	0-20	2,31	11	0-20	3,04
5	20-40	1,42	11	20-40	1,41
6	0-20	2,76	12	0-20	2,72
6	20-40	1,59	12	20-40	1,42

4.2.7. Capacidad de intercambio catiónico

Solo se calcularon los valores de la capacidad de intercambio catiónico en ciertas muestras seleccionadas debido al alto número de muestras que contienen este trabajo, la laboriosidad del método de análisis, y que el tiempo ha sido un factor limitante en la realización de algunos análisis.

Para la clasificación de los valores del CIC se ha seguido la norma de diagnóstico de la CIC propuesta por Balland (1984) y Gagnard et al. (1988), obtenida de de la Rosa (2008).

Tabla 20: Norma de diagnóstico de la capacidad de intercambio catiónico (Balland, 1984 y Gagnard et al., 1988).

CIC (cmol _c /kg)	Calificativo
<6	Muy débil
6-10	Débil
10-20	Normal
20-30	Elevada
>30	Muy elevada

4.2.7.1. Forestal

Los valores de CIC de las muestras de zona forestal analizadas se muestran en la Tabla 21. Los valores oscilan entre 7 – 31 cmol_c/kg, siendo el promedio de 19,5 ± 7,8 cmol_c/kg, y están comprendidos entre una CIC normal y elevada. Aunque el contenido de arcilla no es muy elevado, se trata de suelos con alto contenido de materia orgánica, lo que contribuye a estos valores elevados. Sería conveniente analizar el resto de puntos para confirmar estos valores y sobre todo, para ver su evolución en profundidad.

Tabla 21: Valores de la capacidad de intercambio catiónico, expresados en cmol_c/kg de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	CIC (cmol _c /kg)
1	0-20	13,79
	20-35	7,55
9	0-10	24,27
12	0-15	31,07
14	0-20	24,45
20	0-20	16,99
	20-30	18,14

4.2.7.2. Agrícola

Los valores medidos de CIC en las muestras (Tabla 22) pertenecientes a los suelos agrícolas son elevados, situándose entre 20 -32 cmol_c/kg, con tendencia a aumentar en profundidad, quizás debido al aumento en el contenido de arcilla en estos suelos. Debido a la gran homogeneidad que se ha observado en los resultados de las demás propiedades de los suelos agrícolas, es de esperar que los valores en los puntos no analizados sean del mismo orden que los valores de los dos puntos de los que se dispone de información. En cualquier caso, sería conveniente analizar algún punto más para confirmar el rango de CIC en esta zona.

Tabla 22: Valores de la capacidad de intercambio catiónico, expresados en cmol_c/kg de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	CIC (cmol _c /kg)
9	0-20	20,61
9	20-40	24,47
11	0-21	28,33
11	20-41	32,19

4.2.8. Color

La notación del color viene determinada por tres valores, el matiz, el brillo y la saturación. La notación para designar los matices indica el color de la longitud de onda dominante (R=rojo, RY= rojo-amarillo, Y=amarillo). Para designar si es más amarillo o menos, se usa un número delante de las letras, que indica cómo va aumentando la proporción de amarillo y disminuyendo la de rojo. En cuanto a la notación del brillo y saturación, éstas van indicadas por números del 0-10 para el brillo y del 0-20 para la saturación. La forma de expresar el color es, por tanto, Matiz Brillo/Saturación.

4.2.8.1. Forestal

Como se observa en la Tabla 23, los colores más característicos en los suelos forestales de Ribarroja son los pertenecientes a la hoja de matiz 10YR, variando el brillo entre 3 y 8, y la saturación entre 2 y 6. También se encuentran algunos colores más amarillos, como es el caso del punto 11 y los puntos 19 y 20, con un matiz 2,5YR.

Tabla 23: Color de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Color	Punto	Tipo	Color	Punto	Tipo	Color
1	0-20	10YR 5/3	8	0-20	10YR 7/3	15	0-20	10YR 4/3
1	20-35	10YR 6/3	8	20-40	10YR 8/3	16	0-10	10YR 5/3
2	0-20	10YR 5/3	8	40-60	10YR 8/3	17	0-15	10YR 4/4
2	20-40	10YR 6/3	9	0-12	10YR 4/3	17	15-20	10YR 4/4
2	40-50	10YR 7/3	9	0-10	10YR 4/4	18	0-10	10YR 5/3
3	0-30	10YR 7/4	10	0-40	10YR 8/6	18	10-20	10YR 4/3
3	30-60	7,5YR 8/4	11	0-20	2,5Y 6/3	18	20-30	10YR 4/3
4	0-20	10YR 5/4	11	20-30	10YR 7/3	19	0-20	10YR 5/3
5	0-20	10YR 5/4	11	36-50	2,5Y 7/3	19	20-40	10YR 7/3
5	20-30	10YR 5/4	11	50-55	2,5Y 7/3	19	40-60	2,5Y 7/3
5	30-50	10YR 5/4	12	0-15	10YR 4/3	20	0-20	10YR 6/2
6	0-20	7,5YR 7/6	13	0-20	10YR 5/3	20	20-30	10YR 6/2
6	20-30	7,5YR 8/6	13	20-40	10YR 5/3	20	30-45	2,5YR 7/3
7	0-18	10YR 6/2	13	40-50	10YR 5/3	21	0-20	10YR 3/4
7	18-30	10YR 6/2	14	0-20	10YR 4/3	22	0-25	10YR 4/3

4.2.8.2. Agrícola

Al igual que ocurre con otras propiedades, los suelos agrícolas presentan una mayor homogeneidad que los suelos forestales, con una coloración más rojiza con matices 10YR y 7,5YR. El brillo varía entre 4 y 6, y la saturación entre 3 y 6, predominando el valor de 4.

Tabla 24: Color de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Color	Punto	Tipo	Color
1	0-20	7,5YR 5/4	7	0-20	10YR 5/4
1	20-40	7,5YR 5/4	7	20-40	10YR 5/4
1	40-60	7,5YR 6/4	7	40-60	10YR 5/4
2	0-20	10YR 6/4	8	0-20	10YR 5/4
2	20-40	10YR 5/4	8	20-40	10YR 5/4
2	40-60	10YR 5/4	8	40-60	10YR 5/4
3	0-20	10YR 5/6	9	0-20	10YR 5/4
3	20-40	10YR 5/4	9	20-40	10YR 5/4
3	40-60	10YR 5/4	9	40-60	10YR 6/3
4	0-20	10YR 5/4	10	0-20	10YR 5/4
4	20-40	10YR 4/4	10	20-40	10YR 5/6
4	40-50	10YR 6/4	10	40-50	10YR 5/8
5	0-20	10YR 5/4	11	0-20	10YR 5/4
5	20-40	10YR 5/4	11	20-40	10YR 5/6
5	40-60	10YR 5/4	11	40-60	10YR 5/4
6	0-20	7,5YR 5/3	12	0-20	7,5YR 6/4
6	20-40	7,5YR 6/4	12	20-40	7,5YR 6/4
6	40-60	7,5YR 6/4	12	40-60	7,5YR 6/4

4.2.9. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó en un número limitado de muestras en la zona forestal debido a la elevada pedregosidad de algunas zonas que impedía la toma de muestras.

4.2.9.1. Forestal

En la Tabla 25 se muestran los valores de densidad aparente medida en los primeros 15 cm de suelo. Los valores oscilan entre 1,160 y 1,427 g/cm³, siendo el valor promedio de las muestras recogidas de 1,289 ± 0,089 g/cm³. Los valores no son elevados, consecuencia de los elevados contenidos en materia orgánica de las muestras, e indican que no hay grandes problemas de compactación en estas zonas muestreadas.

Tabla 25: Datos de la densidad aparente de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Dap
1	Dap	0,09129766
2	Dap	0,06465335
5	Dap	0,07896883
6	Dap	0,06824683
11	Dap	0,06728273
13	Dap	0,08478266
19	Dap	0,05886873
20	Dap	0,07800472

4.2.9.2. Agrícola

En la zona agrícola sí que se muestrearon todas las zonas seleccionadas, observándose en la Tabla 26 una mayor variación en los valores respecto de la zona forestal. Esta mayor variabilidad estaría asociada a los diferentes manejos de los cultivos en cada parcela, con diferentes aportes de materiales orgánicos y diferentes grados de uso de maquinaria para las labores de cultivo. Los datos oscilan entre 1,079 y 1,592 g/cm³, siendo el valor medio de todas las muestras de 1,269 ± 0,147 g/cm³.

Tabla 26: Datos de la densidad aparente de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	Tipo	Dap (g/cm ³)
1	Dap	1,37
2	Dap	1,29
3	Dap	1,11
4	Dap	1,25
5	Dap	1,16
6	Dap	1,59
7	Dap	1,41
8	Dap	1,31
9	Dap	1,12
10	Dap	1,08
11	Dap	1,32
12	Dap	1,23

4.2.10. Características hidráulicas

Las características hidráulicas de los suelos permiten conocer el comportamiento de cada suelo respecto a su capacidad de retención y de transmisión de agua, definiendo parámetros de utilidad como el agua útil o disponible y la conductividad hidráulica saturada. A pesar de que se trata de una determinación indirecta, basada en otras propiedades del suelo, su conocimiento aproximado es de interés dada la dificultad para determinar estas propiedades in situ o en laboratorio.

4.2.10.1. Forestales

En la Tabla 27 se muestran los valores de las principales variables hidráulicas en las ocho muestras de suelo tomadas en la zona forestal. El agua útil o disponible varía entre 0,08 y 0,15 cm de agua por cm de suelo, mientras que la conductividad hidráulica lo hace entre 8,28 y 89,94 mm/h. De acuerdo con este último parámetro, los suelos evaluados presentan una permeabilidad entre moderadamente lenta y moderadamente rápida. La humedad a capacidad de campo oscila entre 17,9 – 35,0 %, mientras que la humedad en el punto de marchitez permanente varía entre 5,4 – 21,8%. Esta variación es acorde con la variación observada en los porcentajes de arena, limo, arcilla y materia orgánica de las muestras.

Tabla 27: Características hidráulicas de los suelos forestales de Ribarroja del Turia.

Punto	SAT (% vol)	CC (% vol)	PMP (% vol)	Agua dispo (cm/cm)	Khsat (mm/h)
1	50,40	17,90	5,40	0,12	89,94
2	54,60	26,80	12,10	0,14	51,45
5	48,20	29,30	14,50	0,08	8,28
6	53,00	34,50	18,10	0,13	12,24
11	46,20	35,50	21,80	0,12	1,75
13	51,50	27,90	14,00	0,11	24,70
19	56,10	32,70	14,90	0,15	25,25
20	50,10	31,10	16,00	0,15	16,80

4.2.10.2. Agrícola

En la tabla 28 se muestran los valores de las principales variables hidráulicas en las doce muestras de suelo tomadas en la zona agrícola. El agua útil o disponible varía entre 0,13 y 0,17 cm de agua por cm de suelo, mostrando mayor homogeneidad que en los suelos forestales. La conductividad hidráulica oscila entre 1,31 y 31,62 mm/h, presentando estos suelos una permeabilidad entre lenta y moderada. La humedad a capacidad de campo oscila entre 27,1 – 43,7 %, mientras que la humedad en el punto de marchitez permanente varía entre 11,9 –

30,3%. En general los suelos presentan menor variabilidad en las propiedades hidráulicas que los suelos forestales, con mayor capacidad de retención y disponibilidad de agua y menor permeabilidad.

Tabla 28: Características hidráulicas de los suelos agrícolas de Ribarroja del Turia.

Punto	SAT (% vol)	CC (% vol)	PMP (% vol)	Agua dispo (cm/cm)	Khsat (mm/h)
1	50,40	17,90	5,40	0,12	89,94
2	54,60	26,80	12,10	0,14	51,45
5	48,20	29,30	14,50	0,08	8,28
6	53,00	34,50	18,10	0,13	12,24
11	46,20	35,50	21,80	0,12	1,75
13	51,50	27,90	14,00	0,11	24,70
19	56,10	32,70	14,90	0,15	25,25
20	50,10	31,10	16,00	0,15	16,80

5. Conclusiones

De los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados y conociendo la situación actual de Ribarroja del Turia, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Los suelos forestales de Ribarroja del Turia, son unos suelos pedregosos con una coloración marronácea oscura, con elevado contenido de materia orgánica, alto contenido de carbonatos y un pH ligeramente básico. Presentan una buena textura siendo en su mayoría texturas francas, presentan una capacidad de intercambio catiónico aceptable y no son nada salinas. En otras palabras, se puede decir que los suelos de Ribarroja tienen una buena estructura de suelo, con una buena aireación y permeabilidad. No presentan ningún problema de salinidad, ni de fertilidad, tienen una buena disponibilidad de nutrientes, pero, debido al pH, puede haber problemas en la absorción de hierro y magnesio.

Si dividimos los suelos forestales por la zonificación realizada en el apartado 3.3.1, no se encuentra ninguna concordancia en los datos recogidos en el análisis. Un ejemplo de ello son los puntos 7 y 8 que, aunque pertenecen a la misma zona (Dolomias_Bosque), los datos obtenidos no son similares. Esta discordancia de datos, en puntos que se encuentran en la misma zona, refleja la baja precisión de la información existente y reafirma la necesidad de que se realicen más estudios edáficos.

Dada la poca concordancia de los datos o la mala zonificación realizada, se debería complementar este TFG con un estudio edáfico a mayor escala (en cuanto al número de puntos de muestreo), del término de Ribarroja, para poder tener información detallada de las características de los suelos forestales del municipio en el que está enfocado este trabajo.

En lo referente a los suelos agrícolas estudiados, todos ellos tienen unos valores muy homogéneos, debido a que se encuentran en la zona aluvial del Río Turia y que los suelos no presentan grandes pendientes. Los suelos estudiados comprenden texturas Franco arcillosas – Franco limosas, bajos niveles de pedregosidad, teniendo solo algunos elementos gruesos superficiales que desaparecen en profundidad, y una ligera compactación, producida por el uso de maquinaria agrícola, en los suelos que están sometidos a técnicas de manejo del suelo como laboreo. En lo referente a las propiedades químicas, los suelos agrícolas de Ribarroja tienen un pH ligeramente básico, que reduce la absorción de hierro y magnesio, que junto al bajo nivel en contenido de materia orgánica podría presentar problemas en disponibilidad de nutrientes, si no fuese por que presentan una buena capacidad de intercambio catiónico. Debido al intensivo uso agrario al que están sometidos, se ha observado una tendencia a una salinización en profundidad, condicionada también por la baja permeabilidad que presentan estos suelos.

En resumen, las características de los suelos agrícolas sí que se ajustan a las descritas por el proyecto LUCDEME, caracterizados como fluvisoles calcáreos, pero no así los suelos de la zona forestal, donde existe mayor variabilidad consecuencia de las diferentes litologías y tipos de cubierta vegetal que se encuentran en la zona.

7 Bibliografía

- Ajuntament de Riba-roja de Túria. (s.f.). *Ribarroja.es*. Obtenido de http://www.ribarroja.es/la_meua_ciutat/situacio_geografica
- Cassnellas, J. P., López-Acevedo Reguerín, M., & Povh Claret, R. (2008). *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo*. Madrid, España : Ediciones Mundi-Prensa.
- Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. (s.f.). *Parc natural del Túria*. Obtenido de <https://parquesnaturales.gva.es/va/web/pn-turia>
- De la rosa, D. (2008). *Evaluación agro-ecológica de suelos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Deplan, S.L. (s.f.). *Diagnostico municipal para la sostenibilidad*. Obtenido de <http://www.ribarroja.es/contenidos.downloadatt.action?id=2510542>
- Institut cartogràfic valencià. (s.f.). *Visor cartogràfic*. Obtenido de <https://visor.gva.es/visor/>
- Meteoblue AG. (2006). *Meteoblue*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ribarroja-del-turia_espa%C3%B1a_2511880
- Meteoclimatic, Societat d'Estudis del Temps i el Clima. (s.f.). *Meteoclimatic*. Obtenido de https://www.meteoclimatic.net/perfil/ESPVA4600000046190A?screen_width=1366
- Rubio, J. L., Sánchez, J., & Corteza, J. (1996). Proyecto LUCDEME: Mapa de suelos de la Comunidad Valenciana. *Conselleria d'Agricultura i Medi Ambient: Valencia, España*.
- Saña Vilaseca, J., Moré Ramos, J. C., & Cohí Ramón, A. (1996). *La gestión de la fertilidad de los suelos*. Madrid: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- Soriano Soto, M. D., & Pons Martí, V. (2003). *Prácticas d'edafología i climatologia*. Valencia : Editorial de la UPV.