

Trabajo Fin de Grado

Ciencias Ambientales

Clasificación y evaluación de suelos en los viñedos
de Montesa (D.O. Somontano de Barbastro)

Classification and evaluation of soils in Montesa's
vineyards (D.O. Somontano Barbastro)

Autor/es

María Muñoz Moreno

Director/es

David Badía Villas

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Año 2021

Agradecimientos

El presente trabajo de fin de grado ha sido posible gracias a la colaboración de varias personas sin las cuales todo habría resultado mucho más difícil.

Al Dr. David Badía Villas, director de este trabajo, por su total disponibilidad y aporte de ideas y ayuda siempre que ha sido necesario.

A la Dra. Clara Martí y al Dr. Oriol Ortíz, por estar siempre dispuestos a ayudar y animar a todos los alumnos que estábamos trabajando en el laboratorio.

A Diego Orús, ingeniero agrónomo de la Bodega Sommos, por el gran aporte de información.

A los técnicos de laboratorio, que han hecho que las tareas de análisis sean más sencillas.

A mi familia, por toda su paciencia y ánimos.

A mis compañeros y amigos del grado, que siempre han estado ahí.

Muchas gracias.

Resumen

El suelo es un recurso natural imprescindible para la vida en la Tierra; entre sus funciones destaca la producción de alimentos, tanto su cantidad como su calidad. Conocer las características de un suelo y a partir de ellas, clasificarlo y evaluar su aptitud ambiental y agronómica es de capital importancia para que su manejo resulte rentable y ambientalmente sostenible. Por esta razón en este trabajo se describen morfológicamente los suelos (6) de viñedos y se analizan sus propiedades físicas y químicas a lo largo de un transecto en la localidad de Montesa, dentro de la Bodega Sommos (D.O. Somontano de Barbastro); los suelos se clasifican según las principales taxonomías vigentes: World Reference Base Soils (IUSS, 2015) y Keys to Soil Taxonomy (SSS, 2014) y se evalúan según la capacidad agrológica y los índices de potencial de precocidad de la tierra para viñedo (PPT) y potencial de vigor de la tierra para viñedo (PVT).

Para cada suelo se han determinado, siguiendo métodos convencionales, parámetros físicos (elementos gruesos, capacidad de campo, capacidad de retención de agua disponible, estabilidad estructural y textura) y químicos (pH actual, salinidad, contenido de materia orgánica, contenido de carbonatos, contenido de nitrógeno y relación C/N).

Entre los resultados obtenidos en los suelos estudiados a lo largo del transecto destacan un alto contenido en carbonato de calcio y de pH; una baja cantidad de materia orgánica y nitrógeno total, la baja estabilidad estructural y la ausencia de problemas de salinidad. La mayoría de los perfiles presentan una capacidad agrológica de Clase II o Clase III, a excepción de Chinebro alto, que presenta una capacidad agrológica de Clase V debido a la elevada pedregosidad. El potencial de vigor inducido por la tierra para viñedo (PVT) es entre medio y fuerte en todos los perfiles analizados. Mientras que el potencial de precocidad de la tierra para viñedo (PPT) es moderadamente débil en todos los suelos.

Los perfiles estudiados, se clasifican a nivel de grupo de suelo de Referencia como Calcisol (perfiles: Americanos, Almacén, Chinebro alto y Viña vieja) y Cambisol (perfiles: Chinebro bajo y Martina baja) y según Soil Survey Staff (2014) como Typics Calcixerepts y Typics Haploxerepts.

Palabras clave: suelo, transecto, perfil, caracterización, clasificación, manejo agronómico.

Abstract

Soils are an essential natural resource for life on earth. An outstanding feature of soil is food production, as well as its quantity and quality. Knowing the qualities of a particular soil, classifying it and evaluating its environmental and agronomic aptitud is very important so the soil is profitable and environmentally sustainable. That is why in this research vineyards soils are described morphically (6), and its physical and chemical properties along a transect through Montesa, inside Sommos Bodega (D.O. Somontano Barbastro) are analysed. Soils are classified according to the main standing taxonomies: Base Soils (IUSS, 2015) and Keys to Soil Taxonomy (SSS, 2014) and they are evaluated according to the agronomic capacity, and the soil earniless potential index for vineyards (SEP) and soil vigour potential index for vineyards (SVP).

Following the conventional methods, physical parameters (thick elements, field capacity, water holding capacity, structural stability and texture) and chemical parameters (actual PH, salinity, organic matter content, carbonates and nitrogen content, and C/N relation) have been determined for each soil.

Among the results obtained in the soils studied along the transect, the following stand out: a high calcium carbonate content as well as high pH content; a low organic matter and total nitrogen quantity, a low structural stability, and the lack of salinity problems. Most of these profiles show a Class II or Class III agrological capacity, except in Chinebro alto, which shows a Class V agrologic capacity. SVP level is between mid and high in all of the analyzed profiles, and the SEP is moderately weak in all soils.

The analyzed profiles are classified as Calcisol (profiles: Americanos, Almacén, Chinebro alto and Viña vieja) and Cambisol (profiles: Chinebro alto and Martina baja), and they are classified as Typics Calcixerepts y Typics Haploxerepts according to Soil Survey Staff (2014).

Keywords: soil, transect, profile, characterization, classification, agronomic manajement.

Índice

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introducción | 12 |
| 1.1 | El suelo y su importancia..... | 12 |
| 1.2 | La importancia del análisis de los suelos cultivados | 13 |
| 1.3 | La clasificación de suelos..... | 13 |
| 2. | Objetivos | 14 |
| 3. | Área de estudio | 14 |
| 3.1 | Introducción | 14 |
| 3.2 | Localización | 15 |
| 4. | Material y métodos | 16 |
| 4.1 | Muestreo y pruebas de campo | 16 |
| 4.2 | Preparación de muestras para los análisis | 17 |
| 4.2.1 | Determinación de elementos gruesos (% p/p) | 18 |
| 4.3 | Descripción de los métodos utilizados | 18 |
| 4.3.1 | pH actual o en agua..... | 18 |
| 4.3.2 | Salinidad | 19 |
| 4.3.3 | Estabilidad estructural (tamizado en húmedo)..... | 20 |
| 4.3.4 | Carbonatos | 22 |
| 4.3.5 | Materia orgánica total (método oxidación vía húmeda) | 24 |
| 4.3.6 | Granulometría | 27 |
| 4.3.7 | Estimación de la densidad aparente | 31 |
| 4.3.8 | Capacidad de retención de agua disponible | 31 |
| 4.3.9 | Nitrógeno total..... | 34 |
| 4.3.10 | Color | 37 |
| 4.4 | Clasificación de los suelos | 38 |

| | |
|---|-----|
| 4.5 Herramientas informáticas | 38 |
| 5. Resultados y discusión | 39 |
| 5.1 Identificación de los perfiles analizados | 39 |
| 5.2 Resultados analíticos y descripción macromorfológica de los perfiles..... | 41 |
| 5.3 Propiedades morfológicas..... | 79 |
| 5.3.1 Color | 79 |
| 5.3.2 Estructura | 80 |
| 5.3.3 Compacidad..... | 80 |
| 5.4 Propiedades físicas | 81 |
| 5.4.1 Elementos gruesos | 81 |
| 5.4.2 Granulometría | 82 |
| 5.4.3 Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD) | 84 |
| 5.4.4 Estabilidad estructural | 85 |
| 5.5 Propiedades químicas | 86 |
| 5.5.1 pH | 86 |
| 5.5.2 Salinidad | 88 |
| 5.5.3 Materia orgánica | 88 |
| 5.5.4 Nitrógeno y relación C/N..... | 89 |
| 5.5.6 Carbonatos | 90 |
| 5.7 Clasificación de suelos..... | 93 |
| 6. Conclusiones..... | 94 |
| 7. Bibliografía | 96 |
| 8. Anejos..... | 100 |
| Propiedades morfológicas..... | 100 |
| Propiedades químicas. | 102 |
| Propiedades físicas..... | 103 |
| Mapa geológico de la zona estudiada..... | 105 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Descripción de la reacción del suelo, según AFES (1995) | 19 |
| Tabla 2: Clasificación (USDA) de los cultivos según su conductividad eléctrica | 20 |
| Tabla 3: Interpretación de los valores de estabilidad estructural (%SAS), según el método de tamizado en húmedo de Kemper y Koch (1996)..... | 22 |
| Tabla 4: Diagnóstico del contenido de carbonato cálcico equivalente (Herrero et al. 1993) | 24 |
| Tabla 5: Contenido de materia orgánica y horizontes en los que suele encontrarse | 26 |
| Tabla 6: Diagnóstico de la materia orgánica en horizontes superficiales de suelos agrícolas peninsulares | 27 |
| Tabla 7: Textura y densidad aparente. Porta et al. (1987) | 31 |
| Tabla 8: Criterios de evaluación de la CRAD por perfiles edáficos (según USDA, 1980) | 33 |
| Tabla 9: Diagnóstico del nitrógeno total en suelos agrícolas, según el manual de caracterización de suelos (Badía y Martí, 2017)..... | 37 |
| Tabla 10: Escala de interpretación de la relación C/N, según el manual de caracterización de suelos (Badía y Martí, 2017)..... | 37 |
| Tabla 11: Ubicación de los perfiles estudiados en el transecto | 39 |
| Tabla 12: Resultados de propiedades químicas (perfil Americanos)..... | 44 |
| Tabla 13: Resultados de propiedades físicas (perfil Americanos) | 44 |
| Tabla 14: Resultados de retención de agua (perfil Americanos) | 45 |
| Tabla 15: Diagnóstico de fertilidad (perfil Americanos)..... | 45 |
| Tabla 16: Clasificación y evaluación (perfil Americanos)..... | 46 |
| Tabla 17: Resultados de propiedades químicas (perfil Almacén)..... | 50 |
| Tabla 18: Resultados de propiedades físicas (perfil Almacén) | 50 |
| Tabla 19: Resultados de retención de agua (perfil Almacén) | 51 |
| Tabla 20: Diagnóstico de fertilidad (perfil Almacén)..... | 51 |
| Tabla 21: Clasificación y evaluación (perfil Almacén) | 52 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 22: Resultados de propiedades químicas (perfil Chinebro bajo) | 57 |
| Tabla 23: Resultados de propiedades físicas (perfil Chinebro bajo)..... | 57 |
| Tabla 24: Resultados de retención de agua (perfil Chinebro bajo) | 58 |
| Tabla 25: Resultados de diagnóstico de fertilidad (perfil Chinebro bajo) | 58 |
| Tabla 26: Clasificación y evaluación (perfil Chinebro bajo) | 59 |
| Tabla 27: Resultados de propiedades químicas (perfil Chinebro alto)..... | 64 |
| Tabla 28: Resultados de propiedades físicas (perfil Chinebro alto)..... | 64 |
| Tabla 29: Resultados de retención de agua (perfil Chinebro alto) | 65 |
| Tabla 30: Diagnósis de fertilidad (perfil Chinebro alto)..... | 65 |
| Tabla 31: Clasificación y evaluación (perfil Chinebro alto) | 66 |
| Tabla 32: Resultados de propiedades químicas (perfil Martina baja) | 70 |
| Tabla 33: Resultados de propiedades físicas (perfil Martina baja)..... | 70 |
| Tabla 34: Resultados de retención de agua (perfil Martina baja) | 71 |
| Tabla 35: Diagnósis de fertilidad (perfil Martina baja) | 72 |
| Tabla 36: Clasificación y evaluación (perfil Martina baja) | 72 |
| Tabla 37: Resultados de propiedades químicas (perfil Viña vieja) | 76 |
| Tabla 38: Resultado de propiedades físicas (perfil Viña vieja) | 76 |
| Tabla 39: Resultados de retención de agua (perfil Viña vieja)..... | 77 |
| Tabla 40: Diagnósis de fertilidad (perfil Viña vieja) | 77 |
| Tabla 41: Clasificación y evaluación (perfil Viña vieja) | 78 |
| Tabla 42: Capacidad de retención de agua disponible de los perfiles estudiados | 85 |
| Tabla 43: Clasificación de suelos según WRB (2015) y SSS (2014) | 94 |
| Tabla 44: Resumen de las propiedades morfológicas de los perfiles analizados | 100 |
| Tabla 45: Resumen de las propiedades químicas de los perfiles analizados..... | 102 |
| Tabla 46: Resumen de las propiedades físicas de los perfiles analizados | 104 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Localización de las parcelas estudiadas dentro de la comunidad autónoma de Aragón (IDE Aragón)..... | 15 |
| Ilustración 2: Parcelas de la zona de Montesa (IDE Aragón) | 16 |
| Ilustración 3: Localización exacta de las parcelas estudiadas (IDE Aragón) | 16 |
| Ilustración 4: Inmersión de la primera tanda de agregados en pirofosfato sódico durante la determinación de su estabilidad estructural. | 22 |
| Ilustración 5: Tubos de ensayo sumergidos en agua para su enfriamiento tras la digestión en la determinación de materia orgánica..... | 26 |
| Ilustración 6: Primera tanda de muestras en etapa de individualización de las partículas en su determinación de granulometría | 29 |
| Ilustración 7: Primera tanda de muestras dentro del baño de texturas en su determinación de granulometría..... | 30 |
| Ilustración 8: Triángulos de textura del sistema USDA que se han utilizado para la determinación de la clase textural | 30 |
| Ilustración 9: Primera tanda de las muestras de suelo en el proceso de humectación para la determinación del suelo a saturación y la CRAD | 32 |
| Ilustración 10: Muestras en el proceso de humectación para el cálculo del punto de marchitez permanente..... | 34 |
| Ilustración 11: Muestra de suelo en el destilador Kjeldahl en su determinación de nitrógeno total | 36 |
| Ilustración 12: Representación y evaluación del transecto de suelos estudiado..... | 40 |
| Ilustración 13: Porcentaje de elementos gruesos en los horizontes de los 6 perfiles estudiados | 81 |
| Ilustración 14: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Americanos. | 82 |
| Ilustración 15: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Almacén | 83 |
| Ilustración 16: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Chinebro bajo | 83 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 17: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Chinebro alto | 83 |
| Ilustración 18: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Martina baja | 84 |
| Ilustración 19: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Viña vieja | 84 |
| Ilustración 20: Disponibilidad de nutrientes para las plantas en función del pH (Gastón Hernán, 2012) | 88 |
| Ilustración 21: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Americanos..... | 91 |
| Ilustración 22: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Almacén..... | 91 |
| Ilustración 23: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Chinebro bajo | 92 |
| Ilustración 24: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Chinebro alto..... | 92 |
| Ilustración 25: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Martina baja..... | 92 |
| Ilustración 26: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Viña vieja | 93 |
| Ilustración 27: Mapa geológico de la zona estudiada (Instituto Geológico y Minero)..... | 105 |

1. Introducción

Se conoce como Edafología la ciencia natural cuyo objetivo es el estudio del suelo, así como el análisis, interpretación, cartografía y clasificación de este.

La preocupación por el conocimiento del suelo se remonta al nacimiento de la agricultura, debido a su influencia en la cosecha. Con la civilización griega aumentó el conocimiento sobre el suelo, siendo Aristóteles (384-322 a.C.) el primero en diferenciar un horizonte superficial arable y otro subsuperficial que servía como alimento a las raíces. Sin embargo, hasta el siglo XIX la visión del suelo era meramente desde un punto de vista agronómico.

Fue a finales del siglo XIX cuando el concepto del suelo cambió y los suelos comenzaron a considerarse como entes naturales organizados, semejantes a la flora o a la fauna.

El impulso definitivo para el avance de la Edafología fue dado por el científico Vassili Vassilievitch Dokuchaev (1846-1903), quien en su trabajo explicó las bases científicas sobre las cuales se apoyaría esta. Esto se conoce como el inicio de la llamada edafología moderna.

1.1 El suelo y su importancia

La palabra suelo tiene su origen en el término procedente del latín "*solum*", que significa base o fondo (Thompson & Troech, 1982).

La Comisión Europea ha definido el suelo como la capa superior de la corteza terrestre que está compuesta por una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos; lo que conforma un medio ambiente muy complejo y variable.

El conocimiento de los suelos de un territorio, de sus propiedades, sus aptitudes y sensibilidad frente a los cambios de uso, se ha revelado como un factor clave para una correcta gestión de los recursos naturales (Badía D., 2008).

El suelo es un recurso limitado que cumple diversas e importantes funciones: soporte físico, secuestro de carbono, reserva genética, regulación del clima, provisión de fibras, combustibles y alimentos, patrimonio cultural, hábitat de organismos y filtrado y reciclado de nutrientes y agua. Por todo ello, la correcta gestión de este recurso resulta imprescindible para nuestro desarrollo, lo cual no sería posible sin un correcto conocimiento del mismo.

1.2 La importancia del análisis de los suelos cultivados

El suelo, aunque no es percibido tan vital como el agua dulce o la energía del sol, es un recurso natural igual de esencial económica y ambientalmente. Proporciona nutrientes, agua y minerales para las plantas, almacena carbono y constituye el hábitat de pequeños animales, bacterias y muchos otros microorganismos.

Conocer las características de un suelo y poder clasificarlo dentro de una tipología determinada será de capital importancia para que su manejo resulte rentable y ambientalmente sostenible. Algunos ejemplos de ello son la posibilidad de un aporte de fertilizantes más adecuado a las necesidades del cultivo, la mejor elección del tipo de enmiendas orgánicas a aplicar o la mejor gestión del riego.

1.3 La clasificación de suelos

La clasificación de suelos se refiere a la agrupación con un rango de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) de unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas (FAO, 2021). La evaluación de suelos es un sistema de clasificación aplicado que evalúa la capacidad un suelo para su utilización óptima, es decir, obtener máximos beneficios con mínima degradación. Puede definirse como cualquier método que mida, o sea capaz de predecir, el uso potencial de un suelo (McRae y Burnham, 1981).

2. Objetivos

Los objetivos generales de este trabajo son caracterizar física, química y morfológicamente los perfiles de suelo ubicados en el transecto de Montesa, Bodega Sommos (D.O. Somontano de Barbastro) y clasificarlos siguiendo las principales taxonomías vigentes: World Reference Base Soils (IUSS, 2015) y Keys to Soil Taxonomy (SSS, 2014).

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinación de parámetros físicos: Elementos gruesos, Capacidad de Campo (CC), Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD), Estabilidad Estructural (EE) y textura.
- Determinación de los parámetros químicos: pH actual, salinidad, contenido de Materia Orgánica (M.O.), contenido en carbonatos, contenido de nitrógeno y relación C/N.
- Clasificación y evaluación de suelos para viñedo, según la capacidad agrológica y los índices PUT y PPT.
- Proporcionar información que resulte útil a los ingenieros agrónomos de la Bodega Sommos para el manejo agronómico y la elección de enmiendas orgánicas en los diferentes suelos.

3. Área de estudio

3.1 Introducción

La bodega Sommos se constituyó como tal en 2008, anteriormente era conocida como bodega Irius. Dispone de 355 hectáreas de viñedos, 150 de las cuales rodean las

instalaciones de la propia bodega. Dichas instalaciones ocupan 23.000 metros cuadrados, con 50 metros de altura, 27 de los cuales se encuentran soterrados.

Está incluida en la D.O. Somontano, creada en 1984, cuya zona de producción se encuentra comprendida entre los 350 y los 1000 metros de altura sobre el nivel del mar, y cuenta con 4.000 hectáreas de viñedo repartido en 32 bodegas.

3.2 Localización

La zona estudiada está ubicada en la comunidad autónoma de Aragón, siendo las parcelas de la Bodega Sommos (D.O. Somontano de Barbastro) de la zona de Montesa.

En concreto, están localizadas en los términos municipales de Salas bajas, Hoz de Costeán y El Grado.



Ilustración 1: Localización de las parcelas estudiadas dentro de la comunidad autónoma de Aragón (IDE Aragón)

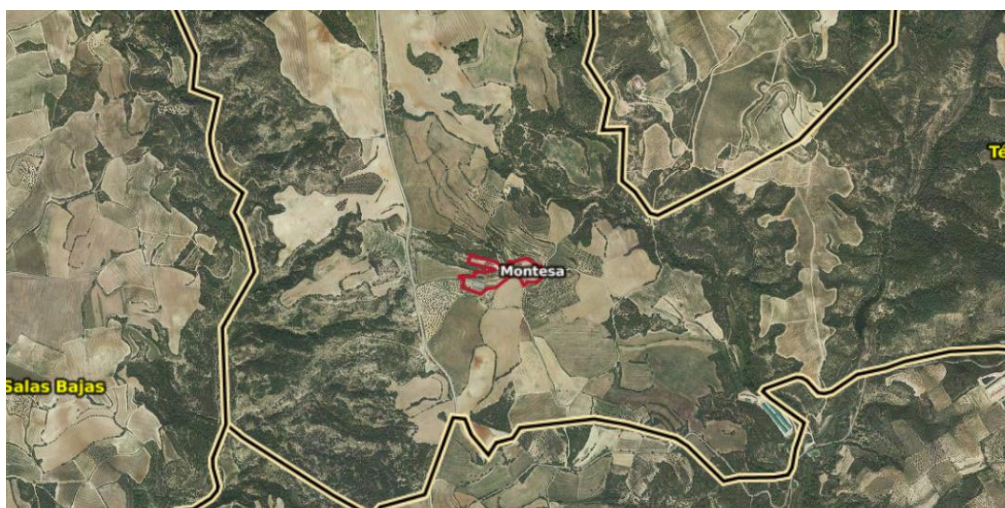


Ilustración 2: Parcelas de la zona de Montesa (IDE Aragón)



Ilustración 3: Localización exacta de las parcelas estudiadas (IDE Aragón)

4. Material y métodos

4.1 Muestreo y pruebas de campo

En primer lugar, David Badía y Clara Martí visitaron las catenas abiertas en el transecto estudiado de Montesa, Bodega Sommos (D.O. Somontano de Barbastro) con el fin de comprobar que había heterogeneidad entre los distintos perfiles y que era de interés su clasificación y evaluación.

Una vez comprobado lo anterior, el día 3 de marzo de 2021 se llevó a cabo el muestreo en los diferentes perfiles estudiados, el cual se realizó diferenciando los distintos horizontes en campo y extrayendo una parte representativa de cada uno de ellos. Las muestras fueron guardadas en bolsas de plástico y envueltas en papel de periódico.

De forma paralela al muestreo, se rellenaron las fichas de campo y se puso nombre a los horizontes de forma tentativa, lo cual se perfilaría posteriormente a la realización de los análisis.

4.2 Preparación de muestras para los análisis

Con anterioridad a la realización de los análisis de laboratorio es necesario llevar a cabo un proceso de preparación de las muestras con el objetivo de obtener la mayor homogeneidad posible.

En primer lugar, se llevó a cabo el secado al aire de las muestras, para lo cual éstas se dejaron extendidas sobre papel de periódico en un intervalo de tiempo de 2 a 3 semanas, dependiendo de la humedad observada en cada perfil.

Una vez considerado que la humedad de las muestras era similar a la humedad ambiente se procedió al tamizado, lo cual se realizó amasando la muestra con un rodillo de madera, haciendo la fuerza suficiente como para deshacer los terrones pero sin llegar a romper los nódulos de carbonatos ni los elementos gruesos, y pasando la muestra por un tamiz de 2 mm. Este proceso se realizó repetidas veces, hasta llegar a tener la suficiente cantidad de muestra para la realización de los análisis de laboratorio. Durante la realización de este proceso se revisó lo anotado durante el muestreo en la ficha de campo de cada perfil y se realizaron algunos cambios.

Dado que para algunas determinaciones era necesaria la pulverización de las muestras, una parte de las muestras tamizadas se homogeneizaron y pulverizaron mediante un mortero.

En cuanto al almacenamiento de las muestras, la parte tamizada fue almacenada en tarrinas tapadas y etiquetadas con el nombre de cada perfil y horizonte y las muestras

pulverizadas fueron guardadas en flaneras de aluminio, las cuales también fueron etiquetadas con el nombre de cada horizonte y perfil al que pertenecían.

4.2.1 Determinación de elementos gruesos (% p/p)

El cálculo del porcentaje en peso de elementos gruesos se llevó a cabo a la vez que el tamizado de las muestras, para ello se fueron separando los elementos gruesos del resto de muestra y finalmente se pesó tanto la muestra tamizada como los elementos gruesos obtenidos en cada horizonte utilizando una balanza. Tras la obtención de estos pesos se llevó a cabo el siguiente cálculo:

$$EG (\%p/p) = \frac{EG (g)}{MT (g) + EG(g)} \times 100$$

Donde:

EG = elementos gruesos

MT = muestra tamizada

4.3 Descripción de los métodos utilizados

4.3.1 pH actual o en agua

El pH actual o en agua mide los H⁺ de la solución acuosa del suelo, H⁺ libres que tienen una gran actividad química dentro del suelo. A mayor concentración de H⁺ (menor pH) mayor es la velocidad de la mayoría de los procesos químicos del suelo, en cambio frena la actividad biológica (Badía y Martí, 2002).

Para realizar esta determinación se utilizó el método potenciométrico, cuyo fundamento está basado en la medición del potencial eléctrico creado en la membrana de vidrio de un electrodo, el cual dependerá de los iones hidrógeno a ambos lados de dicha membrana.

Para llevar a cabo este método hay que mezclar la muestra con agua destilada de manera que quede una proporción de 1:2,5 en peso, para lo cual se mezclaron 10 g de suelo con 25 ml de agua destilada. La mezcla resultante se colocó en vasos de plástico con tape y se introdujo en el agitador, por tandas, durante 30 minutos.

Posteriormente, tras el calibrado del pHmetro con las soluciones tampón, se llevó a cabo la medida de cada muestra. Esta determinación se realizó por duplicado.

| Clases | pH (H ₂ O) 1:2,5 |
|------------|-----------------------------|
| Muy ácida | 4,2-5 |
| Ácida | 5,1-6,5 |
| Neutra | 6,6-7,5 |
| Básica | 7,6-8,7 |
| Muy básica | >8,7 |

Tabla 1: Descripción de la reacción del suelo, según AFES (1995)

4.3.2 Salinidad

Los suelos afectados por sales son aquellos que presentan una acumulación de sales más solubles que el yeso en una concentración suficiente como para interferir en el crecimiento de las plantas no especializadas, o bien contienen suficiente sodio intercambiable como para afectar tanto a los cultivos como a la estructura de los suelos (Badía y Martí, 2002).

Esta determinación se llevó a cabo mediante el método de conductimetría en extracto 1:5, cuyo fundamento se basa en medir la conductividad eléctrica en un extracto acuoso del suelo para obtener una estimación indirecta del contenido de sales solubles presentes, lo cual nos permite cuantificar la salinidad.

Se mezclaron en vasos de plástico con tape 10 g de muestra de cada horizonte con 50 ml de agua destilada, se introdujeron los vasos en el agitador durante 30 minutos y se midió la conductividad eléctrica utilizando el conductímetro.

| CE (dS/m) | Descripción |
|-----------|---|
| 0-2 | Suelos normales |
| 2-4 | Quedan afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles. Suelos ligeramente salinos |
| 4-8 | Quedan afectados los rendimientos de la mayoría de los cultivos. Suelos salinos |
| 8-16 | Solo se obtienen rendimientos aceptables en los cultivos tolerantes. Suelos fuertemente salinos |
| >16 | Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables. Suelos extremadamente salinos |

Tabla 2: Clasificación (USDA) de los cultivos según su conductividad eléctrica

4.3.3 Estabilidad estructural (tamizado en húmedo)

Esta determinación se llevó a cabo mediante el método de tamizado en húmedo, propuesto por Kemper y Koch (1966) y cuyo protocolo se actualiza en Schinner et al. (1996). Se valora la estabilidad de los agregados al someterlos a fuerzas mecánicas por tamizado en medio húmedo. El fundamento de este método se basa en simular las fuerzas de fraccionamiento a las que el suelo es sometido tanto por las aguas de escorrentía como cuando está en condiciones de inmersión.

Las muestras tamizadas anteriormente en el tamiz de 2 mm fueron pasadas por otro tamiz de 1 mm, dado que para la realización de este procedimiento se necesita trabajar con la fracción de muestra comprendida entre 1 y 2 mm de diámetro. Partiendo de esta fracción de la muestra, se pesaron 4 g de cada horizonte (W) , por duplicado, y cada uno se fue colocando en uno de los recipientes del tamizador, los cuales tienen una luz de malla de 0,25 mm. En la cubeta que hay bajo cada recipiente

se echaron 80 ml de agua destilada. Finalmente, se tapó la máquina, se colocaron los tamices en los orificios del tape y se encendió el motor durante 5 minutos para cada tanda de 6 muestras.

Tras el tamizado en húmedo, se lavaron los agregados de cada tamiz con agua destilada y se trasvasaron a flaneras previamente taradas (M1), se quitó el agua sobrante con una pipeta Pasteur y se metieron en la estufa durante 24 horas a 105°C con el fin de secarse y alcanzar un peso estable. Transcurrido ese tiempo, se sacaron de la estufa y se pesaron (M2). Posteriormente, se echó en cada flanera 50 ml de pirofosfato sódico decahidratado y se dejó reaccionar durante 2 horas, con el fin de disolver los agregados que aún permanecían estables.

Transcurridas las 2 horas, los agregados se trasvasaron a los tamices de 0,25 mm y los agregados que permanecían estables fueron rotos mediante una varilla de goma deformable, se lavó con agua destilada hasta que en los tamices solo quedaron las partículas de arena mayores a 0,25 mm y se volvieron a trasvasar a las flaneras, repitiendo el procedimiento de quitar el agua sobrante mediante una pipeta Pasteur. Las flaneras con las alícuotas se introdujeron en la estufa a 105°C durante 24 horas con el fin de secarse y alcanzar un peso estable, posteriormente se sacaron de la estufa y se pesaron en la balanza analítica (M3).

Para obtener el valor de la estabilidad estructural (% SAS) se realizó el siguiente cálculo:

$$\% SAS = \frac{M2 - M3}{W - (M3 - M1)} \times 100$$

Donde:

W = peso inicial del suelo (aprox. 4 g)

M1 = tara del recipiente (g)

M2 = tara del recipiente + peso de los agregados estables y la arena (g)

M3 = tara del recipiente + masa de la arena (g)

M2 – M3 = masa de los agregados estables

M3 – M1 = masa de la arena (g)

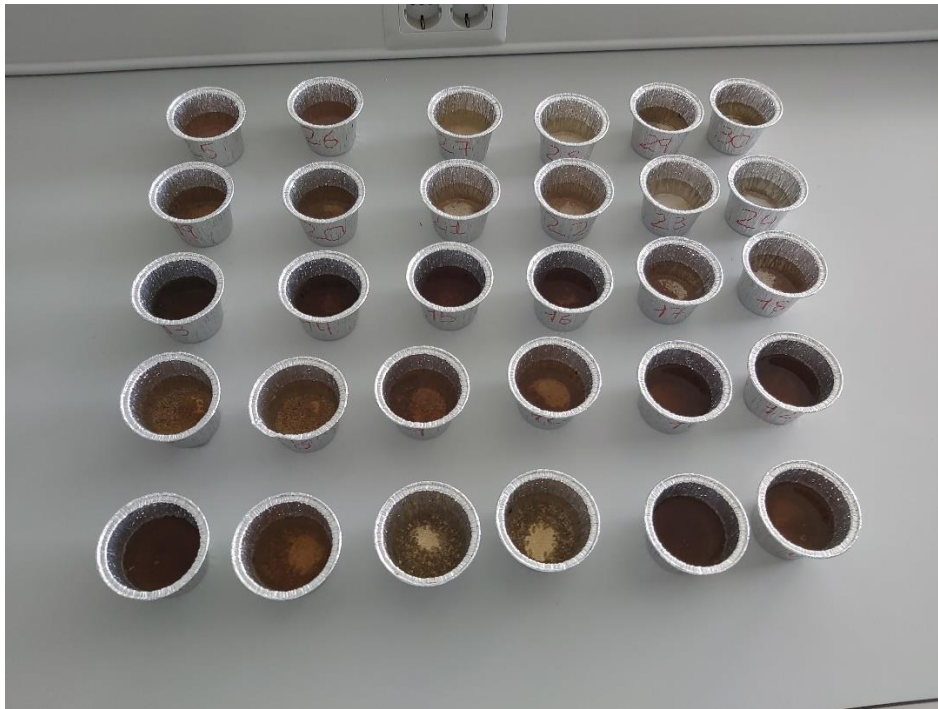


Ilustración 4: Inmersión de la primera tanda de agregados en pirofosfato sódico durante la determinación de su estabilidad estructural.

Los resultados se interpretaron respecto a la siguiente tabla:

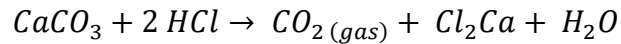
| SAS (%) | Interpretación |
|---------|----------------------------------|
| 80-100 | Agregados muy estables |
| 60-80 | Agregados estables |
| 40-60 | Agregados moderadamente estables |
| 20-40 | Agregados poco estables |
| 0-20 | Agregados muy poco estables |

Tabla 3: Interpretación de los valores de estabilidad estructural (%SAS), según el método de tamizado en húmedo de Kemper y Koch (1996)

4.3.4 Carbonatos

Para esta determinación se utilizó el método del calcímetro de Bernard, cuyo fundamento está basado en la descomposición de los carbonatos mediante ácido

clorhídrico, reacción de la cual se desprende un volumen de dióxido de carbono proporcional al contenido de carbonatos, por tanto, se mide el dióxido de carbono para la cuantificación de los carbonatos:



Se pesaron 0,4 g de suelo seco, tamizado y pulverizado utilizando la balanza analítica y papel albal como soporte, seguidamente la alícuota se colocó dentro de un Kitasato, el cual había sido humedecido previamente con tres o cuatro gotas de agua. El kitasato se conectó al calcímetro manteniendo la llave del mismo abierta y se colocó un cubilete plástico de forma vertical, el cual se rellenó de 6 ml de ácido clorhídrico con ayuda de una pipeta.

Tras rellenar el cubilete, se cerró la llave de la goma del calcímetro y se agitó para que el cubilete plástico cayera y la muestra se pusiera en contacto con el ácido clorhídrico y tuviese lugar la reacción.

Finalmente, se descolgó el depósito de su lugar y se puso a la altura del líquido rosado presente en la columna del calcímetro, en el momento que las variaciones de altura fueron mínimas, es decir, que la reacción finalizó, se tomó la medida del gas de la columna.

Este procedimiento se realizó por duplicado y también se realizaron 4 blancos, que consistieron en la realización del mismo procedimiento, pero con 0,2 g de CaCO₃ en lugar de con 0,4 g de analito.

Para obtener los resultados se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% Carbonatos = \frac{L \times P'}{L' \times P} \times 100$$

Donde:

L = volumen de CO₂ desprendido por el suelo (ml)

L' = volumen de CO₂ desprendido por el blanco (ml)

P = peso seco del suelo (g)

P' = peso de CaCO₃ (g)

Los resultados se interpretaron de acuerdo con la siguiente tabla:

| CaCO₃ | Nulo | Muy bajo | Bajo | Medio | Moderadamente alto | Alto | Muy alto |
|-------------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| (%) | <0,2 | 0,2-5 | 6-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | >40 |

Tabla 4: Diagnóstico del contenido de carbonato cálcico equivalente (Herrero et al. 1993)

4.3.5 Materia orgánica total (método oxidación vía húmeda)

El método utilizado fue el método oxidación vía húmeda, el cual está basado en la oxidación de la materia orgánica del suelo por el ión Cr⁺⁶ en medio ácido (fosfórico y sulfúrico) y valoración del exceso de ácido crómico por medio de una sal de hierro (sal de Mohr).

Partiendo de la muestra tamizada, secada al aire y pulverizada, se pesaron 0,3 g de suelo utilizando una balanza analítica y papel albal como soporte, las alícuotas se colocaron dentro de tubos de ensayo Pyrex con cuidado de que no quedara parte de la muestra adherida en las paredes. Posteriormente se añadieron 10 ml de ácido crómico 0,4 N utilizando una pipeta automática y se introdujeron en el digestor a 105°C durante 5 minutos, transcurrido este tiempo los tubos se sumergieron en agua fría para enfriarlos.

Cuando los tubos se hubieron enfriado, se trasvasó el contenido de cada uno a un Erlenmeyer de 250 ml diluyendo con 90 ml de agua destilada, lo cual se realizó con ayuda de una probeta.

Finalmente, se añadieron de 2 a 3 gotas del indicador ferroína y se procedió a la valoración con sal de Mohr 0,2 N hasta que la solución original, de un color anaranjado para las muestras menos orgánicas y verde para las muestras más orgánicas, pasó a color rojo.

Esta determinación se realizó por duplicado y se realizaron también 4 blancos, para los cuales se realizó el mismo procedimiento, pero en ausencia del analito.

Para obtener el porcentaje de carbono orgánico (% C) se realizó el siguiente cálculo:

$$\% C = \frac{B - U}{B} \times \frac{1,2}{n}$$

Donde:

B = sal de Mohr consumida en la prueba del blanco (ml)

U = sal de Mohr consumida por las muestras de suelo (ml)

N = peso de la muestra de suelo (g)

Tras la obtención del porcentaje de carbono orgánico se realizó el siguiente cálculo para obtener el porcentaje de materia orgánica (% MO), utilizando el factor de Van Bemmelen:

$$\% MO = 1,724 \times (\% C), \text{ si } \% C < 5,8$$

$$\% MO = 2,0 \times (\% C), \text{ si } \% C > 5,8$$

En este caso, se utilizó la primera ecuación en todos los casos, dado que ninguna muestra tuvo un porcentaje de carbono orgánico superior a 5,8 %.



Ilustración 5: Tubos de ensayo sumergidos en agua para su enfriamiento tras la digestión en la determinación de materia orgánica

En las siguientes tablas se muestran: los contenidos de materia orgánica oxidable característicos de algunos ecosistemas (Tabla 5) y el diagnóstico de materia orgánica en suelos agrícolas peninsulares con un contenido medio de arcillas (Tabla 6):

| Clases | Materia orgánica (%) | Horizontes y capas |
|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Inapreciable | <0,2 | R |
| Muy bajo | 0,2-1 | C, B |
| Bajo | 1,1-2,0 | Ap de secano |
| Medio | 2,1-5,0 | Ap de regadío |
| Abundante | 5,1-10,0 | Ah de praderas, bosques |
| Muy abundante | >10 | Ah, H |

Tabla 5: Contenido de materia orgánica y horizontes en los que suele encontrarse

| MO (%) | Nivel | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|---------|----------|
| | Muy pobre | Pobre | Medio | Rico | Muy rico |
| | 0-1 | 1-2 | 2-2,5 | 2,5-3,5 | 3,5 |

Tabla 6: Diagnóstico de la materia orgánica en horizontes superficiales de suelos agrícolas peninsulares

4.3.6 Granulometría

Esta determinación se llevó a cabo mediante el método de sedimentación discontinua.

Esta técnica tiene por objetivo determinar la distribución de las partículas minerales del suelo por su tamaño. Se basa en la separación de estas partículas por sedimentación, en condiciones controladas, una vez han sido individualizadas (Robinson, 1922).

El procedimiento consta de varias fases:

Individualización de partículas:

De las muestras de suelo tamizado a 2 mm y seco a la estufa se pesaron 20 g y se colocaron junto con 30 ml de agua en jarras de 1 litro, las cuales se pusieron en una placa calefactora. En cada jarra se añadieron 6 ml de agua oxigenada al 30%, cuando el contenido de cada jarra dejaba de hervir se añadían otros 6 ml de agua oxigenada, repitiendo esta operación hasta que ya no se observaba reacción. El objetivo de esto es la descomposición de la materia orgánica por acción del agua oxigenada.

Dispersión de la muestra:

Una vez destruida la materia orgánica, se trasvasó el contenido de cada jarra a una botella de un litro con taponado, se añadieron 600 ml de agua destilada y el dispersante calgón y se colocaron las botellas en el agitador orbital durante 6 horas.

Fraccionamiento de la muestra:

1. *Separación de las arenas gruesas:*

Transcurridas las 6 horas de agitado, las muestras se filtraron utilizando un tamiz PVC de 2 mm, colocando el volumen filtrado en los vasos de sedimentación de 1 litro y lavando el volumen retenido a flaneras de aluminio previamente taradas.

Las flaneras con la arena gruesa se colocaron en la estufa a 105°C con el fin de secarse y poder obtener el peso seco de estas. Posteriormente se pesaron utilizando una balanza analítica.

2. Separación de arcillas y limos totales:

Se enrasaron los vasos de sedimentación a 1 litro y se introdujeron dentro del baño de textura, donde se controlaba la temperatura mediante un termómetro de baño, posteriormente se removieron durante unos 2 minutos, se dejaron sedimentar durante 46 segundos y se pipetearon 20 ml utilizando la pipeta de Robinson, la cual se introdujo hasta 10 cm de profundidad en cada vaso de sedimentación. Para pipetear se aspiró por el tubo, se cerró la salida inferior de la pipeta y se volvió a abrir para trasvasar el contenido a una flanera de aluminio previamente tarada.

Las flaneras con las arcillas y limos totales se metieron en la estufa a 105°C y cuando estuvieron secas se pesaron, obteniendo así el contenido de arcillas y limos totales en 20 ml de suspensión.

3. Separación de arcillas y limos finos:

Se volvió a agitar con la varilla y transcurridos 4 minutos 48 segundos se pipeteó repitiendo el procedimiento anterior para finalmente obtener el contenido de arcillas y limos finos en 20 ml de solución.

4. Separación de arcillas:

Se removió nuevamente la suspensión con la varilla, se dejó reposar 8 horas y se pipeteó repitiendo el procedimiento. Finalmente se obtuvo el contenido de arcillas en 20 ml de solución.

5. Separación de arenas finas:

Se sacaron los vasos de sedimentación del baño de texturas y se realizaron decantaciones sucesivas eliminando la fracción líquida transparente.

La primera decantación se realizó seguidamente a la extracción de la muestra de arcillas, sin mover el vaso de sedimentación. Para las siguientes decantaciones se rellenaba el vaso con agua hasta 10 cm de altura, se removía con la varilla y se dejaba reposar 4 minutos. El proceso se repitió hasta que el agua quedó completamente transparente, lo cual nos indicó que las partículas de limo y arcilla se habían eliminado.

El poso de las arenas finas se trasvasó a flaneras de aluminio taradas y se metió en la estufa a 105°C hasta secarse por completo, seguidamente se pesó utilizando una balanza analítica.

Una vez obtenidos todos los datos, se pasó el contenido de arenas, limos y arcillas en porcentaje y se determinó la clase textural mediante los triángulos de textura del sistema USDA.



Ilustración 6: Primera tanda de muestras en etapa de individualización de las partículas en su determinación de granulometría

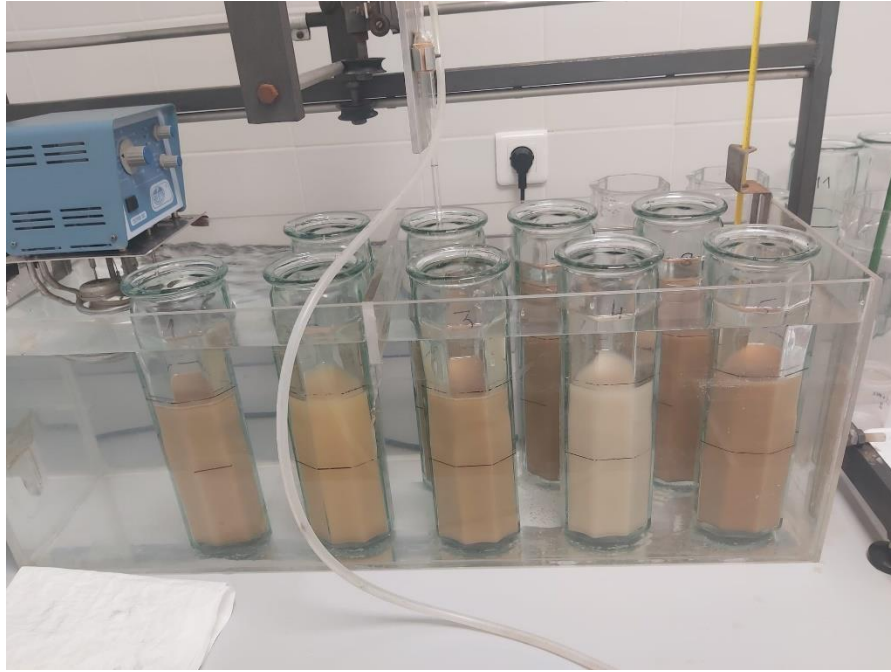


Ilustración 7: Primera tanda de muestras dentro del baño de texturas en su determinación de granulometría

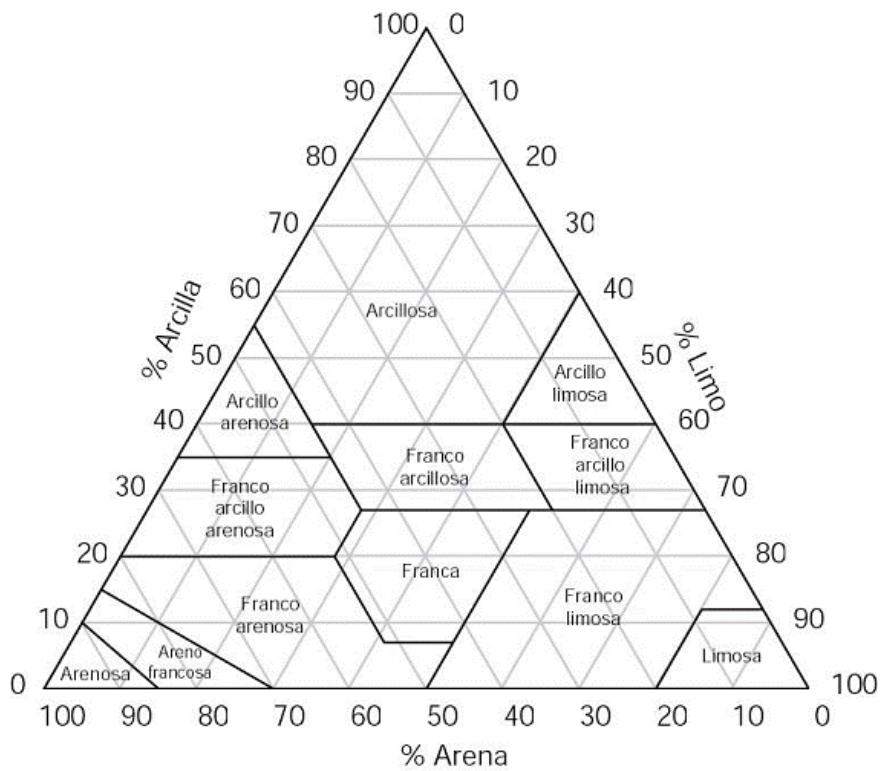


Ilustración 8: Triángulos de textura del sistema USDA que se han utilizado para la determinación de la clase textural

4.3.7 Estimación de la densidad aparente

Debido a la imposibilidad de realizar la prueba del cilindro por falta de tiempo, la densidad aparente se estimó a partir de las clases texturales obtenidas.

A continuación, se muestra la tabla utilizada para dicha estimación:

| Clase textural | Densidad aparente estimada (kg/m ³) |
|--------------------------------|---|
| Franca | 1350 |
| Franco-arenosa | 1400 |
| Franco-arcillosa | 1200 |
| Arcillosa | 1100 |
| Arenosa, Areno-francosa | 1450 |

Tabla 7: Textura y densidad aparente. Porta et al. (1987)

4.3.8 Capacidad de retención de agua disponible

Las aplicaciones agronómicas para las cuales es interesante conocer la capacidad de retención de agua disponible (CRAD) de un suelo son diversas, en especial las aplicaciones relacionadas con el riego. La cantidad máxima que puede retener se conoce como agua a capacidad de campo y la mínima como agua en el punto de marchitez permanente. La diferencia entre ambas propiedades es el agua disponible para las plantas (Badía y Martí, 2002). Por tanto, para la determinación de la CRAD se realizarán tanto la determinación de la capacidad de campo como la del punto de marchitez permanente y luego se calculará la diferencia.

4.3.8.1 Suelo a saturación y capacidad de campo

Para esta determinación se utilizó el suelo tamizado en tamiz de 2 mm.

En primer lugar, se tararon los cilindros metálicos que se iban a utilizar para la toma de muestras, los cuales eran cilindros biselados por uno de sus lados y de 5 cm de

altura y de diámetro. Los cilindros se rellenaron con las muestras hasta rellenar tres cuartos de su capacidad y posteriormente se taparon con filtros de tela de unos 10 cm, los cuales se sujetaron a los cilindros mediante gomas.

Una vez rellenados todos los cilindros, se pesaron y se colocaron en una palangana cuadrada, con tierra de río bien lavada en su parte inferior, con el filtro hacia abajo y el tanque se rellenó con agua destilada hasta que ésta alcanzó la mitad de la altura total de los cilindros. Cuando la parte superior de la muestra estuvo húmeda, se dejaron los cilindros en remojo durante 3 horas, posteriormente se dejaron escurrir y se pesaron para obtener el agua a saturación. A continuación, se dejaron escurrir 24 horas y se volvieron a pesar para obtener la capacidad de campo.



Ilustración 9: Primera tanda de las muestras de suelo en el proceso de humectación para la determinación del suelo a saturación y la CRAD

4.3.8.2 Punto de marchitez permanente

Para esta determinación se utilizaron las muestras de tierra fina tamizada a 2 mm. Fueron necesarios anillos de plástico, un filtro de tela del tamaño del plato de succión, una membrana de látex del tamaño del plato de succión, cucharilla embudo y espátula.

Se rellenó un balde con un par de centímetros de agua destilada y se colocó dentro el plato de succión, colocando un filtro de tela humedecido encima del mismo y sobre ella se colocó la membrana de látex, la cual llevaba 24 horas a remojo.

Los anillos de plástico se colocaron encima de la membrana de látex y en cada anillo se colocó una de las muestras a analizar, lo cual se realizó con ayuda de la cucharilla. Tras colocarse las muestras, se rellenó el balde con agua destilada hasta alcanzar la mitad de la altura total de los anillos de plástico y se dejó reposar 24 horas.

Transcurridas las 24 horas, se metió el plato de succión al equipo de membrana a presión, el cual pusimos a 15 atmósferas. Las muestras se dejaron en el equipo durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se colocaron en tarrinas de aluminio previamente taradas (M3) y se pesaron (M1).

Seguidamente, las muestras se colocaron en la estufa a 105°C durante 24 horas y se volvieron a pesar (M2).

Los cálculos realizados para obtener el punto de marchitez permanente (% PMP) fueron los siguientes:

$$\% PMP = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} \times 100$$

Finalmente, se calculó la CRAD:

$$\% CRAD = \% CC - \% PMP$$

A continuación, se muestra la tabla de evaluación de la CRAD por perfiles edáficos según USDA:

| Clases | Régimen údico | Régimen xérico y arídico |
|-----------------|---------------|--------------------------|
| Muy baja | <76 | <64 |
| Baja | 76-152 | 64-127 |
| Moderada | 153-229 | 128-190 |
| Alta | 230-305 | 191-250 |
| Muy alta | >305 | >250 |

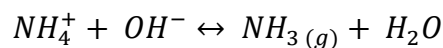
Tabla 8: Criterios de evaluación de la CRAD por perfiles edáficos (según USDA, 1980)



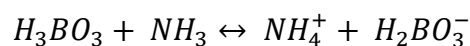
Ilustración 10: Muestras en el proceso de humectación para el cálculo del punto de marchitez permanente

4.3.9 Nitrógeno total

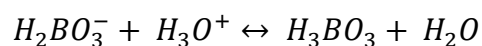
Esta determinación se llevó a cabo mediante el método Kjeldahl, que es un procedimiento de oxidación por vía húmeda cuyo objetivo es transformar las diversas formas de nitrógeno en la forma amoniacal mediante una digestión ácida, en presencia de un catalizador. El amonio formado se trata con NaOH para liberar el amonio y formar amoniaco.



El amoniaco obtenido se destila sobre un exceso de ácido bórico:



La base fuerte obtenida se valora con una disolución patrón de ácido sulfúrico de concentración conocida:



Existen variantes de este método en función del tipo de catalizador y productos utilizados en la digestión.

Se pesó 1 g de la muestra tamizada y pulverizada, utilizando una balanza analítica y papel albal como soporte. Posteriormente se introdujo la muestra en el tubo digestor junto con 1 g de catalizador Kjeldahl en pastilla (K_2SO_4 , Selenio, $CuSO_4$) y 10 ml de H_2SO_4 concentrado. También se añadió un vaso pequeño de precipitados encima de la muestra, para evitar el borboteo durante la valoración. Se introdujo el tubo en el digestor y tras quince minutos se elevó la temperatura a $350^\circ C$, se mantuvo otros 15 minutos y después se elevó a $420^\circ C$, manteniendo esta temperatura hasta que la digestión finalizó, adquiriendo el contenido de los tubos un color transparente rojizo.

Una vez fríos los tubos, se añadieron entre 10-15 ml de agua destilada y 5 o 6 gotas de fenolftaleína, se colocó el tubo en el destilador Kjeldahl y se destiló, añadiendo sosa hasta que el líquido adquirió un color rosa intenso y permanente, lo que indica la neutralización del ácido sulfúrico.

El destilado se recogió en un Erlenmeyer que contenía 50 ml de ácido bórico al 2%, con indicador mixto. La destilación se da por finalizada cuando en el Erlenmeyer hay unos 150 ml de destilado.

Posteriormente, el destilado fue valorado con ácido sulfúrico 0,05N hasta el viraje de verde a rosa.

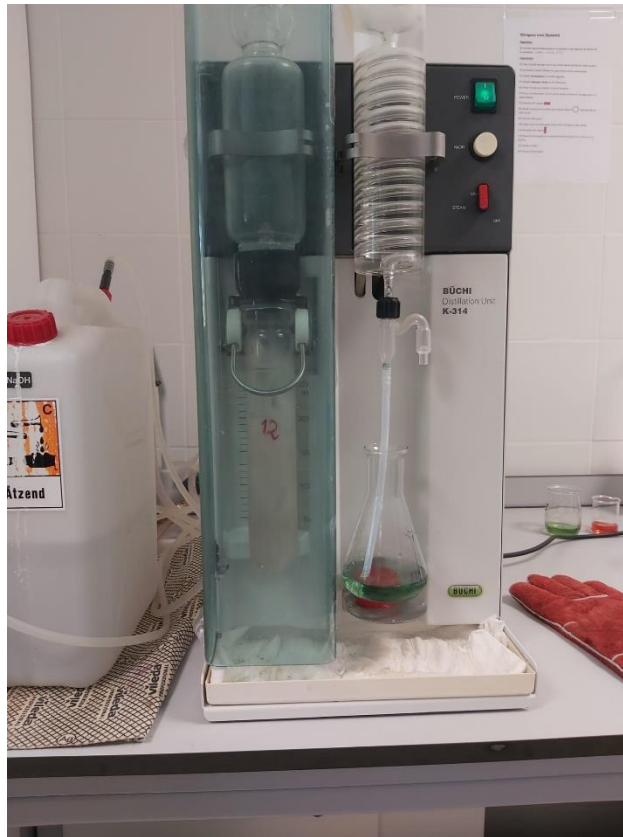


Ilustración 11: Muestra de suelo en el destilador Kjeldahl en su determinación de nitrógeno total

Finalmente, se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno total} = \frac{V \times N}{P \times 1000} \times 14 \times 100$$

Donde:

V = volumen de H₂SO₄ consumidos (ml)

N = normalidad del H₂SO₄ consumido

P = peso de la muestra de suelo (g)

A continuación, se muestra la tabla de diagnóstico del nitrógeno total en suelos agrícolas:

| Nitrógeno | Nivel | | | | |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
| total | <0,05 | 0,06-0,10 | 0,11-0,20 | 0,21-0,30 | >0,30 |

Tabla 9: Diagnóstico del nitrógeno total en suelos agrícolas, según el manual de caracterización de suelos (Badía y Martí, 2017)

4.3.9.1 Relación carbono/nitrógeno

Dado que se habían calculado tanto el carbono orgánico como el nitrógeno total, se realizó el cálculo de la relación carbono nitrógeno mediante la división de ambos.

El valor de la relación C/N puede interpretarse de la siguiente manera:

| C/N | Interpretación |
|---------------|---|
| <8 | Baja. Puede indicar agotamiento del suelo, sobrefertilización nitrogenada o inhibición de la nitrificación. Frecuente en horizontes profundos (Bw, C) |
| 8 < C/N < 10 | Correcta. Frecuente en horizontes agrícolas superficiales, Ap |
| 10 < C/N < 15 | Alta. Puede indicar problemas de mineralización en suelos agrícolas, pero es frecuente en suelos forestales y algunos pastos y prados. |
| C/N > 15 | Muy alta. Puede indicar que existe materia orgánica fresca o bloqueo de la actividad biológica y de la mineralización orgánica. |

Tabla 10: Escala de interpretación de la relación C/N, según el manual de caracterización de suelos (Badía y Martí, 2017)

4.3.10 Color

Esta determinación se ha realizado mediante la carta de colores Munsell, la cual nos permite clasificar los suelos en función de matiz, brillo y croma.

El matiz se refiere al color dominante del espectro: rojo (R), amarillo (Y), naranja (YR), verde (G), verde amarillento (GY), azul (B), azul verdoso (BG).

El brillo se refiere a la variación entre tintes y va desde 0 (negro) hasta 10 (blanco puro).

El croma se refiere a la saturación o fuerza del color y va desde 0 (colores neutros) hasta 30 (colores fluorescentes).

Para realizar esta determinación se utilizaron las muestras tamizadas y pulverizadas, una cucharilla y una pipeta Pasteur. Primero se determinaron los colores en seco, cogiendo una fracción de la muestra con la cucharilla y observando en la tabla Munsell a qué tono se asemejaba. Seguidamente se determinó el color en húmedo, para lo cual se siguió el mismo procedimiento, pero humedeciendo la muestra con ayuda de la pipeta Pasteur.

4.4 Clasificación de los suelos

La clasificación de suelos se ha hecho según World Reference Base Soils (IUSS, 2015) tanto a nivel de horizonte como a nivel de perfil.

También se ha realizado la clasificación según la SSS (2014).

4.5 Herramientas informáticas

Las herramientas informáticas utilizadas en este trabajo han sido las siguientes:

1. Microsoft Office Word 2010 para la redacción del texto.
2. Microsoft Office Excel 2010 para la realización de cálculos, gráficas y pruebas estadísticas.
3. Paint (Service Pack de Windows) para la elaboración de figuras.
4. IDE Aragón, Visor 2D para la obtención de mapas.

- ArcGeek (Calculadora geográfica de coordenadas) como conversor de coordenadas geográficas a UTM.

5. Resultados y discusión

5.1 Identificación de los perfiles analizados

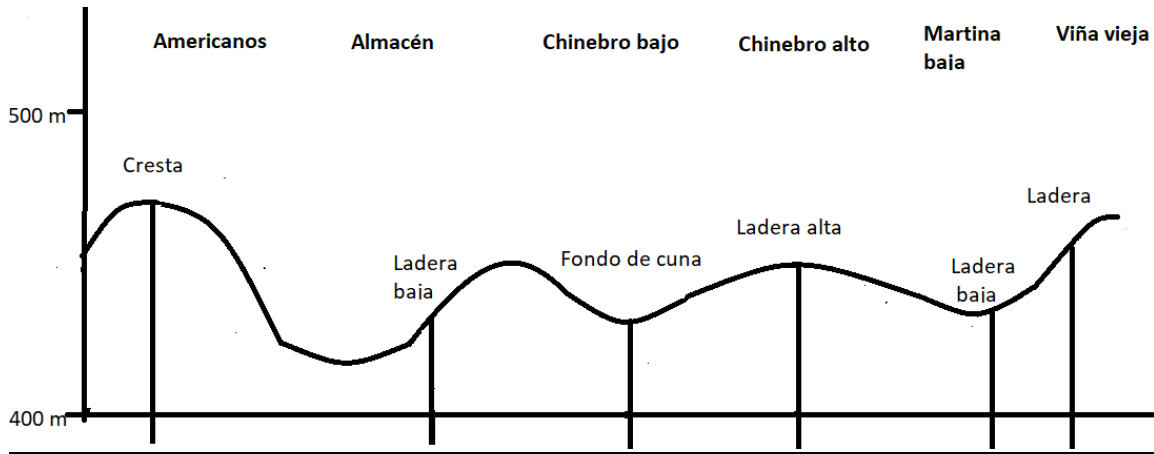
Se han muestreado 6 perfiles de edáficos a lo largo de un transecto ubicado en la Bodega Sommos, entre los términos municipales de Salas Bajas, El Grado y Hoz de Costeán. Todos los perfiles estudiados se encuentran sobre areniscas canalizadas, arcilla y conglomerados, con predominio de cantos de cuarzo, correspondiendo a la denominada formación Sariñena, según el mapa geológico correspondiente a dichos municipios, obtenido del Instituto Geológico y Minero.

Los nombres que se ha dado a los perfiles coinciden con los de cada parcela de la bodega a la que pertenecían (Americanos, Almacén, Chinebro bajo, Chinebro alto, Martina baja y Viña vieja).

| Perfil | Altitud (msnm) | Geomorfología | Coordenadas UTM |
|----------------------|----------------|----------------------------|------------------------|
| Americanos | 484 | Cresta | 31T 260056,2;4665277 |
| Almacén | 417 | Colina, parte baja | 31T 263076,4;4665840,6 |
| Chinebro bajo | 420 | Fondo de cuna | 31T 263337,3; 4666096 |
| Chinebro alto | 429 | Parte alta de la vertiente | 31T 263337,3; 4666018 |
| Martina baja | 417 | Ladera cóncava, parte baja | 31T 263189; 4666454,5 |
| Viña vieja | 486 | Colina, parte baja | 31T 263065; 4667879 |

Tabla 11: Ubicación de los perfiles estudiados en el transecto

A continuación, se muestra una figura que representa el transecto estudiado, así como su evaluación.



| | | | | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | | | |
| GSR (IUSS) | CL | CL | CM | CL | CM | CL |
| Clase agro. | Ills | Ills | Ilc | Ve | Ilc | Ilsc |
| PVT | Medio (9) | Fuerte (11) | Fuerte (12). | Fuerte (10) | Fuerte (10) | Medio (9) |
| PPT | Mod. débil (38) | Mod. débil (38) | Mod. débil (30) | Mod. débil (33) | Mod. débil (33) | Mod. débil (39) |
| Partida | Americanos | Almacén | Chinebro bajo | Chinebro alto | Martina baja | Viña vieja |

Ilustración 12: Representación y evaluación del transecto de suelos estudiado

5.2 Resultados analíticos y descripción macromorfológica de los perfiles

A continuación, se muestran las fichas con la información detallada de cada uno de los perfiles del transecto de suelos estudiado.

Perfil Americanos

Situación: Parcela Americanos. Montesa T.M: Salas Bajas.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31 T 260056,2;4665277

Altitud: 484 msnm

Geomorfología: Cresta.

Material original: Arenisca y conglomerado del Mioceno.

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Tempranillo)

Erosión: No se aprecia.

Pendiente: 5%

Profundidad efectiva: 85 cm.

Pedregosidad superficial: 50 % de grava gruesa y cantos. Tamaño: 5-20cm.

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Bien drenado.

Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 209,01 mm/perfil (alta).

Otros: Secano. Con cubierta herbácea en las calles.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0-37 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** irregular neto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/3). **COLOR HÚMEDO:** pardo amarillento oscuro (10YR5/3). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 15% en volumen (frecuentes), grava gruesa (2 cm), redondeados-esferoidales, redondeados-planos y subredondeados-esferoidales, sin orientación definida y con distribución regular. Hay diversidad en la litología de los elementos gruesos: conglomerados, areniscas y cuarcitas, por lo que se interpreta que derivan de la alteración de los conglomerados originales. **TEXTURA:** franco-arenosa. **ESTRUCTURA:** granular compuesta, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño de fino a grueso (2-10mm), predominando el fino. **COMPACIDAD:** muy poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 2,5% (abundante). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **RAÍCES:** frecuentes, muy finas. **GRIETAS:** no hay. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocas acumulaciones de CaCO₃ en forma de cemento geopetal en cantos rodados. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

C (37-85 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** seco. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado neto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR7/4). **COLOR HÚMEDO:** amarillo parduzco (10YR6/6). **MANCHAS:** litocromas, heredadas, abundantes (15-40% en volumen), de tamaño mediano (6-20mm) y muy contrastadas. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 7-10% en volumen (frecuentes), de grava media a grava gruesa (1-3 cm), redondeados-tabulares y angular-tabulares, con orientación horizontal y con distribución regular. En la litología de los elementos gruesos predominan areniscas y conglomerados y hay presencia de cuarcitas. **TEXTURA:** arenosa. **ESTRUCTURA:** apedial, maciza. **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,3% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías rellenas de CaCO₃. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** muy pocas, finas. **TEST DE CAMPO**

(reacción de la matriz al HCl 1N): alta. **ACUMULACIONES:** CaCO₃ en forma laminar, tanto por caras como dentro de la arenisca. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

2R Arenisca y conglomerados de cemento calizo.

(>85 cm)

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO ₃ eq (%) | Cox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-37 cm) | 8,3 | 46,3 | 1,4 | 2,5 | 0,15 | 7,5 | 0,281 |
| C (37-85 cm) | 8,4 | 39,8 | 0,2 | 0,3 | - | - | 0,266 |

Tabla 12: Resultados de propiedades químicas (perfil Americanos)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-37 cm) | 23,2 | 43,8 | 32,2 | 24,0 | Franco- arenosa | 45,1 |
| C (37-85 cm) | 59,2 | 64,3 | 20,2 | 15,5 | Franco- arenosa | 17,2 |

Tabla 13: Resultados de propiedades físicas (perfil Americanos)

| Agua del suelo | | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m ⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-37 cm) | 1400 | 33,8 | 11,0 | 22,8 | 64,9 |
| C (37-85 cm) | 1400 | 32,8 | 6,8 | 25,9 | 144,1 |

Tabla 14: Resultados de retención de agua (perfil Americanos)

Diagnosic de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|------------------------------|---|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico |
| Carbonatos | Muy alta (>40%). Es necesario un tratamiento para evitar la clorosis férrica, como la adición de quelatos de hierro o la selección de pies tolerantes a la caliza activa. |
| Materia orgánica | Abundante |
| Relación C/N | Baja |
| Salinidad (CE) | No salino |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados poco estables. |
| Clase textural | Franco-arenoso |
| Profundidad del perfil | Profundo (81-120 cm) |
| Pedregosidad del perfil | Muy pedregoso |
| Retención de agua del perfil | Alta (209,01 mm/perfil) |

Tabla 15: Diagnosic de fertilidad (perfil Americanos)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|---|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Akroskeletal Endoleptic Calcisol (Loamic, Aric, Humic) |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic calcixerepts |
| Capacidad Agrológica | Clase III (por abundante pedregosidad, tanto interna como superficial). |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Medio (9). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (38). |

Tabla 16: Clasificación y evaluación (perfil Americanos)

Resumen:

Se trata de un suelo cuyo material parental son arenisca y conglomerados, estos últimos con predominio de cantos de cuarzo. Estos materiales proceden del Terciario, en concreto del Mioceno.

Entre sus propiedades químicas destaca su gran contenido en carbonato cálcico (Calcisol).

El contenido en materia orgánica es abundante en la superficie, descendiendo en profundidad, pero siendo el promedio ponderado de los primeros 50 cm mayor que 1% (Humic).

Entre sus propiedades físicas destacan: el gran contenido en elementos gruesos en el horizonte superficial, tanto internos como externos, los cuales se reducen mucho en profundidad (Akroskeletal) y la estabilidad estructural, dado que es mayor en profundidad que en superficie siendo que en superficie hay mayor contenido tanto de arcillas como de materia orgánica, lo cual puede deberse a que el segundo horizonte (horizonte C) es una capa de fragmentos de roca continua (Endoleptic) que contiene granos duros de carbonato de calcio, los cuales han podido interferir en el análisis de laboratorio de la estabilidad estructural pasando como agregados. En este horizonte se

observan acumulaciones laminares de carbonato de calcio, lo cual nos indica un transporte horizontal del mismo.

A lo largo de todo el perfil se observa una textura franco-arenosa (Loamic), la cual asegura la buena infiltración y aireación del suelo.

Destaca la alta capacidad de retención de agua del perfil, siendo esta mayor en profundidad debido a la gran cantidad de elementos gruesos existentes en el horizonte superficial.

En cuanto a la capacidad agrológica, el perfil pertenece a la clase III, no perteneciendo a una clase superior debido a la gran cantidad de elementos gruesos.

Perfil Almacén

Situación: Parcela Almacén. Montesa T.M: El Grado.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31 T 263076,4; 4665840,6

Altitud: 417 msnm

Geomorfología: colina, parte baja, orientación Oeste.

Material original: areniscas y conglomerados de cemento carbonatado del Mioceno.

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Syrah), utilización de portainjertos, sulfatación.

Erosión: no aparente.

Pendiente: 5%

Profundidad efectiva: 148 cm.

Pedregosidad superficial: <10% % de grava gruesa y cantos.

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Bien drenado.

Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 454,8 mm/perfil (muy alta).

Otros: Secano. Sin cubierta herbácea en calles.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0/60 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano neto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/3). **COLOR HÚMEDO:** pardo amarillento oscuro (10YR5/3). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 15-20% en volumen (muy frecuentes) grava fina, media y gruesa (0,2-5cm), redondeados-planos y subangular-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por conglomerados. **TEXTURA:** franca. **ESTRUCTURA:** granular compuesta, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño de fino a grueso (1-10mm). **COMPACIDAD:** muy poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,81% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA:** galerías de lombrices rellenas de CaCO₃. **ACTIVIDAD HUMANA:** fragmentos de ladrillos. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** acumulaciones de CaCO₃ cementado. **REVESTIMIENTOS:** no hay.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

Ckc (60-148 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR7/4). **COLOR HÚMEDO:** amarillo parduzco (10YR6/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 2-5% (pocos), de grava fina a grava media (0'5-2cm), subredondeados-esferoidales, subredondeados-tabulares y subangular-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por areniscas calcáreas. **TEXTURA:** franco-arcilloarenosa. **ESTRUCTURA:** grado de desarrollo apedial macizo. **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,50% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no aparente. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** muy pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** acumulaciones de nódulos de CaCO₃, abundantes (5-7% v/v). **REVESTIMIENTOS:** no hay.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

R Areniscas calcáreas de mayor compacidad y estratificación que en la capa (>148 cm) superior.

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO ₃ eq (%) | Cox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-37 cm) | 8,4 | 48,3 | 1,0 | 1,8 | 0,16 | 6,6 | 0,208 |
| C (37-85 cm) | 8,5 | 58,8 | 0,2 | 0,5 | - | - | 0,206 |

Tabla 17: Resultados de propiedades químicas (perfil Almacén)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-60 cm) | 24,4 | 40,8 | 35,6 | 23,6 | Franca | 32,3 |
| Ckc (60-148 cm) | 79,4 | 53,9 | 15,9 | 30,1 | Franco- arcilloarenosa | 5,5 |

Tabla 18: Resultados de propiedades físicas (perfil Almacén)

| Agua del suelo | | | | | |
|--------------------------|--|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m ⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-60 cm) | 1350 | 33,2 | 9,4 | 23,8 | 130,5 |
| Ckc (60-148 cm) | 1350 | 37,8 | 8,9 | 28,9 | 324,3 |

Tabla 19: Resultados de retención de agua (perfil Almacén)

Diagnosís de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|------------------------------|---|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico. |
| Carbonatos | Muy alto (>40). Es necesaria la utilización de portainjertos tolerantes a la caliza activa. |
| Materia orgánica | Contenido muy bajo en Ap, el cual desciende en profundidad. |
| Relación C/N | Baja. |
| Salinidad (CE) | No salino. |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados poco estables. |
| Clase textural | Franca. |
| Profundidad del perfil | Muy profundo (>120 cm). |
| Pedregosidad del perfil | Baja (<10%). |
| Retención de agua del perfil | Muy alta (454,8 mm/perfil). |

Tabla 20: Diagnosís de fertilidad (perfil Almacén)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|---|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Humic). |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic Calcixerept. |
| Capacidad Agrológica | Clase III (por la pedregosidad, ligeramente superior al 20%). |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Fuerte (11). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (38). |

Tabla 21: Clasificación y evaluación (perfil Almacén)

Resumen:

Se trata de un suelo cuyo material parental son arenisca y conglomerados, estos últimos con predominio de cantos de cuarzo. Estos materiales proceden del Terciario, en concreto del Mioceno.

Entre sus propiedades químicas destaca su gran contenido en carbonato cálcico, en parte secundario (Calcisol) el cual aumenta en profundidad (hypercálcico). Su horizonte superficial, de gran espesor (60 cm), presenta un contenido en materia orgánica entre bajo y medio (1,8%), propio de horizontes Ap de secano; dicho contenido disminuye drásticamente en profundidad, pero siendo el promedio ponderado de los primeros 50 cm mayor al 1% (Humic).

En cuanto a sus propiedades físicas, se observa un aumento de la estabilidad estructural en profundidad, lo cual coincide con un aumento en las arcillas, las cuales serán el principal aporte de estabilidad estructural a este suelo teniendo en cuenta el poco contenido en materia orgánica. Destaca también la capacidad de retención de agua disponible del perfil, la cual al ser tan alta supone una notable ventaja para utilización como suelo agrícola de secano. Además, este perfil cuenta con una granulometría muy equilibrada (Loamic).

A pesar de estas buenas características del suelo para su utilización en la agricultura, cabe mencionar que la capacidad agrológica es de Clase III debido a la pedregosidad interna del horizonte Ap. Esta pedregosidad no es tan alta como para clasificar el suelo como Skeletic pero sí como para no pertenecer a la Clase II en cuanto a capacidad agrológica.

Perfil Chinebro Bajo

Situación: Parcela Chinebro bajo. Montesa. T.M: El Grado.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31T 263337,3; 4666096

Altitud: 420 msnm

Geomorfología: Fondo de cuna, orientación Suroeste.

Material original: Coluvio detrítico fino del Holoceno.

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Syrah)

Erosión: No se identifican formas actuales pero la presencia de un suelo enterrado evidencia que la hubo.

Pendiente: 5-10%

Profundidad efectiva: >200 cm

Pedregosidad superficial: <10% % de grava fina a grava media. Tamaño: 0,2-2cm.

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Bien drenado.

Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 237,16 mm/perfil (alta).

Otros: Secano. Sin cubierta herbácea en las calles.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0-35 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado difuso. **COLOR SECO:** Pardo amarillento (10YR5/6). **COLOR HÚMEDO:** Marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** pocos (2-5% en volumen) de tamaño grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados-esferoidales, redondeados-tabulares y subredondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología poligénica, predominan las cuarcitas. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial moderado y un tamaño grueso (20->50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,6% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** labor. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** nódulos blandos de CaCO₃, pocos (2-3% v/v). **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

Bw1 (35-60 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** irregular-ondulado gradual-difuso. **COLOR SECO:** pardo fuerte (7.5YR5/6). **COLOR HÚMEDO:** marrón (7.5YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** pocos (2-5% en volumen), de grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados-esferoidales, subangular-esferoidales y angular-planos, sin orientación definida y con distribución regular. Litología poligénica, predominan cuarcitas. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial fuerte y un tamaño grueso (20-50mm). **COMPACIDAD:** muy compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,9% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** micelios rellenos de CaCO₃. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de muy finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pseudomicelios de CaCO₃, muy pocos (2-3% v/v). **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cámbico.

Bw2 (60/100 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** irregular-ondulado gradual-difuso. **COLOR SECO:** pardo fuerte (7.5YR5/6). **COLOR HÚMEDO:** marrón (7.5YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 2-5% en volumen (pocos), de grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados-esferoidales y subredondeados-esferoidales, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por cuarcitas. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial fuerte y un tamaño grueso

(20-50mm). **COMPACIDAD:** extraordinariamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,6% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** carbón en mitad del horizonte, poco abundante. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** media. **ACUMULACIONES:** pseudomicelios de CaCO₃, muy pocos (2-3% v/v) y cemento geopetal. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cámbico.

2A **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** pardo fuerte (7.5YR5/6). **COLOR HÚMEDO:** marrón (7.5YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 2-5% en volumen (pocos), de grava fina a grava media (0'2-2cm), subredondeados-planos y angular-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por cuarcitas. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial fuerte y un tamaño grueso (20->50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,4% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de muy finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** media. **ACUMULACIONES:** no. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

(100-150 cm)

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

2Bwkc **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **COLOR SECO:** naranja (7.5YR6/6). **COLOR HÚMEDO:** marrón (7.5YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 2-5% en volumen (pocos), de grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados-esferoidales y redondeados-planos, sin orientación definida y con distribución regular. Litología de naturaleza cuarcítica. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial fuerte y un tamaño grueso (20->50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,2% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías rellenas de CaCO₃ y vacías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** muy pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** Frecuentes (10%), de carbonatos secundarios en diversas morfologías: concreciones o nódulos, gruesos (centimétricos), corroídos, pseudomicelios de CaCO₃ y elementos gruesos con cemento geopetal. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

(150-200cm)

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Bathycálcico.

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-----------|-----|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO ₃ eq (%) | C ox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-35 cm) | 8,4 | 22,1 | 0,9 | 1,6 | 0,17 | 5,4 | 0,172 |
| Bw1 (35-60 cm) | 8,5 | 11,6 | 0,5 | 0,9 | - | - | 0,179 |
| Bw2 (60-100 cm) | 8,4 | 7,5 | 0,4 | 0,6 | - | - | 0,139 |
| 2A (100-150 cm) | 8,3 | 1,6 | 0,2 | 0,4 | - | - | 0,142 |
| 2Bwkc (150-200 cm) | 8,3 | 19,8 | 0,1 | 0,2 | - | - | 0,165 |

Tabla 22: Resultados de propiedades químicas (perfil Chinebro bajo)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-35 cm) | 8,0 | 23,3 | 35,0 | 41,7 | Franco- arcillosa | 4,0 |
| Bw1 (35-60 cm) | 28,9 | 23,3 | 42,7 | 34,0 | Arcillo- limosa | 8,4 |
| Bw2 (60-100 cm) | 32,5 | 21,9 | 41,1 | 36,9 | Arcillo- limosa | 4,3 |
| 2A (100-150 cm) | 46,4 | 7,1 | 47,3 | 45,6 | Arcillo- limosa | 3,0 |
| 2Bwkc (150-200 cm) | 20,7 | 20,9 | 41,7 | 37,5 | Arcillo- limosa | 11,6 |

Tabla 23: Resultados de propiedades físicas (perfil Chinebro bajo)

| Agua del suelo | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-35 cm) | 1200 | 37,8 | 10,0 | 27,8 | 120,0 |
| Bw1 (35-60 cm) | 1100 | 25,4 | 10,5 | 14,9 | 37,6 |
| Bw2 (60-100cm) | 1100 | 26,0 | 10,8 | 15,2 | 64,1 |
| 2A (100-150 cm) | 1100 | 26,9 | 12,4 | 14,5 | 77,3 |
| 2Bwck (150-200 cm) | 1100 | 27,5 | 9,8 | 17,7 | 86,1 |

Tabla 24: Resultados de retención de agua (perfil Chinebro bajo)

Diagnóstico de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|-------------------------------------|--|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico. |
| Carbonatos | Moderadamente alto (21-30). |
| Materia orgánica | Poca en Ap, descendiendo progresivamente en profundidad. |
| Relación C/N | Baja. |
| Salinidad (CE) | No salino. |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados muy poco estables. |
| Clase textural | Franco-arcillosa. |
| Profundidad del perfil | Muy profundo (>120 cm). |
| Pedregosidad del perfil | Baja (<10%). |
| Retención de agua del perfil | Alta (237,16 mm/perfil). |

Tabla 25: Resultados de diagnóstico de fertilidad (perfil Chinebro bajo)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|---|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Calcaric Cambisol (Clayic, Aric, Ochric) sobre Haplic Calcisol (Clayic, Ochric) |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic Haploxerept |
| Capacidad Agrológica | Clase II. |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Fuerte (12). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (30). |

Tabla 26: Clasificación y evaluación (perfil Chinebro bajo)

Resumen:

Aunque la litología general de la zona se corresponde con areniscas, conglomeraos y arcillas del Mioceno, el perfil se desarrolla sobre un fondo en cuna que recibe los sedimentos detríticos finos de las laderas adyacentes.

Entre sus propiedades químicas destaca la poca materia orgánica presente, la cual va disminuyendo progresivamente en profundidad a pesar de haber suelo enterrado (Horizonte 2A muy bien estructurado). También destaca la heterogeneidad de los carbonatos existentes en cada horizonte, la cual puede deberse a que cuando el horizonte 2A estaba en la superficie los carbonatos se lavaron, por lo cual es el horizonte que destaca con mucha menor cantidad de estos, posteriormente cuando llegaron más materiales y el horizonte 2A quedó enterrado hubo un aporte de carbonatos, dado que en este territorio hay gran cantidad de ellos como se ha observado en el análisis de todos los demás perfiles.

En cuanto a las propiedades físicas, destaca la gran estabilidad estructural del horizonte 2A, lo cual nos indica, junto con la compacidad observada en campo, la buena estructura de dicho horizonte, concordando con el diagnóstico de suelo enterrado y con el alto contenido de arcillas en el mismo, superior al contenido en arcillas en los demás horizontes. Dado que el contenido en materia orgánica es bajo en el perfil no se observa influencia de ésta en la estabilidad estructural.

En los horizontes existentes encima del horizonte 2A se observa material calcárico, mientras que no se observa ningún horizonte cálcico ni petrocálcico (Calcaric), la clase textural es franco-arcillosa y arcillo-limosa (Clayic) y hay un contenido en carbono orgánico superior al 0,2% (Ochric).

En el suelo enterrado observamos un horizonte bathycálcico (Calcisol), una clase textural arcillo-limosa (Clayic) y un contenido en carbono orgánico superior al 0,2% (Ochric).

Destacan tanto la alta capacidad de retención de agua del perfil (237,16 mm/perfil) como su buena capacidad agrológica, siendo de Clase II.

Perfil Chinebro Alto

Situación: Parcela Chinebro alto. Montesa. T.M: El Grado.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31T 263337,3; 4666018.

Altitud: 429 msnm

Geomorfología: parte alta de la vertiente.

Material original: Margas versicolores del Mioceno.

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Syrah)

Erosión: Erosión laminar.

Pendiente: 30%

Profundidad efectiva: 140 cm.

Pedregosidad superficial: <1% de grava gruesa a cantos. Tamaño: 5-20cm.

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Bien drenado.

Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 306,28 mm/perfil (muy alta).

Otros: Secano. Sin cubierta herbácea en calles.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0-20 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** muy pocos (0-2% en volumen), de grava fina a grava gruesa (0'2-6cm), redondeados-planos y subangular-esferoidales, algunos partidos, sin orientación definida y con distribución regular, de naturaleza heterogénea (cuarcitas y calizas). **TEXTURA:** franco-arcillolimoso. **ESTRUCTURA:** granular compuesta, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso (5-10mm). **COMPACIDAD:** muy poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,6% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de muy finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** no. **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

Bwkc (20-40 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR7/4). **COLOR HÚMEDO:** amarillo parduzco (10YR6/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** muy pocos (0-2% en volumen), de grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados-esferoidales, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por cuarcitas y calizas. **TEXTURA:** franco-limoso. **ESTRUCTURA:** granular compuesta, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso (5-10mm). **COMPACIDAD:** poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,4% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de muy finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** nódulos de CaCO₃, frecuentes (5-15% v/v). **REVESTIMIENTOS:** inexistentes.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

Ckc (40-70cm cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado neto. **COLOR SECO:** pardo muy pálido (10YR8/4). **COLOR HÚMEDO:** amarillo parduzco (10YR6/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 0-2% en volumen (muy pocos), de grava fina a grava media (0'2-2cm), redondeados esferoidales y subredondeados esferoidales, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas. **TEXTURA:** franco-limoso. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño de mediano a grueso (10->50mm). **COMPACIDAD:** poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías rellenas de CaCO₃. **RAÍCES:**

muy pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** nódulos pequeños de CaCO₃, frecuentes (5-15% v/v). **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

2Ckc
(70-90
cm)

ESTADO DE HUMEDAD: ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado neto. **COLOR SECO:** naranja (7.5YR7/6). **COLOR HÚMEDO:** pardo fuerte (7.5YR5/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** muy pocos (0-2% en volumen), tamaño de grava fina a grava media (0.2-2cm), redondeados esferoidales y subangular tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por nódulos de cal. **TEXTURA:** franco-arcilloso. **ESTRUCTURA:** sin estructura. **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,6% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no aparente. **RAÍCES:** muy pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** Frecuentes (2-20 %v/v) nódulos duros y blandos grandes de CaCO₃ y pseudomicelios de CaCO₃. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

3Ck
(90-
140cm)

ESTADO DE HUMEDAD: seco. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado neto. **COLOR SECO:** amarillo pálido (2.5Y8/3). **COLOR HÚMEDO:** amarillo claro (2.5Y6/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** no hay. **TEXTURA:** arcillosa. **ESTRUCTURA:** grado de desarrollo apedial sin estructura. **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,3% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no aparente. **RAÍCES:** no. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** continúan los nódulos observados en el horizonte superior en la superficie de este. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

R
(>140cm
)

Marga extraordinariamente compacta.

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|------------|--|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO₃ eq (%) | C ox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-20 cm) | 8,2 | 46,0 | 0,9 | 1,6 | 0,18 | 5,1 | 0,221 |
| Bwkc (20-40 cm) | 8,3 | 60,1 | 0,2 | 0,4 | - | - | 0,187 |
| Ckc (40-70 cm) | 8,4 | 68,4 | 0,6 | 1,0 | - | - | 0,154 |
| 2Ckc (70-90 cm) | 8,5 | 54,9 | 0,3 | 0,6 | - | - | 0,135 |
| 3Ck (90-140 cm) | 8,3 | 67,1 | 0,2 | 0,3 | - | - | 0,179 |

Tabla 27: Resultados de propiedades químicas (perfil Chinebro alto)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-20 cm) | 10,3 | 24,4 | 47,2 | 28,4 | Franco-arcillosa | 25,5 |
| Bwkc (20-40 cm) | 8,0 | 23,0 | 52,5 | 24,5 | Franco-limosa | 5,0 |
| Ckc (40-70 cm) | 5,7 | 15,8 | 58,7 | 25,5 | Franco-limosa | 1,0 |
| 2Ckc (70-90 cm) | 34,7 | 9,7 | 57,0 | 33,3 | Franco-arcillolimosa | 10,0 |
| 3Ck (90-140 cm) | 7,2 | 19,2 | 27,9 | 52,9 | Arcillosa | 1,0 |

Tabla 28: Resultados de propiedades físicas (perfil Chinebro alto)

| Agua del suelo | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-20 cm) | 1200 | 33,2 | 8,5 | 24,7 | 44,3 |
| Bwkc (20-40 cm) | 1350 | 33,7 | 7,0 | 26,6 | 68,4 |
| Ckc (40-70 cm) | 1350 | 33,6 | 7,0 | 26,6 | 106,7 |
| 2Ckc (70-90 cm) | 1200 | 24,8 | 12,0 | 12,8 | 27,6 |
| 3Ck (90-140 cm) | 1100 | 15,8 | 6,8 | 9,1 | 49,4 |

Tabla 29: Resultados de retención de agua (perfil Chinebro alto)

Diagnosis de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|-------------------------------------|--|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico. |
| Carbonatos | Muy alto (>40). Es necesario un tratamiento para evitar la clorosis férrica, como la adición de quelatos de hierro o la selección de pies tolerantes a la caliza activa. |
| Materia orgánica | Poca. |
| Relación C/N | Baja. |
| Salinidad (CE) | No salino. |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados muy poco estables. |
| Clase textural | Franco-arcillolimoso. |
| Profundidad del perfil | Muy profundo (>120 cm). |
| Pedregosidad del perfil | Baja (<1%). |
| Retención de agua del perfil | Muy alta (306,3 mm/perfil). |

Tabla 30: Diagnosis de fertilidad (perfil Chinebro alto)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|---|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Ochric) |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic Calcixerept. |
| Capacidad Agrológica | Clase V (debido a la pendiente). |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Fuerte (10). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (33). |

Tabla 31: Clasificación y evaluación (perfil Chinebro alto)

Resumen:

Se trata de un suelo cuyo material parental son margas versicolores del Mioceno. Entre las propiedades químicas del perfil edáfico destaca su gran contenido en carbonato cálcico (Calcisol), el cual es extremadamente alto (Hypercalcic) y está presente en forma de nódulos, los cuales se observan a simple vista. El contenido en materia orgánica es bajo y entre sus propiedades físicas destacan la heterogeneidad de elementos gruesos entre sus distintos horizontes y la textura equilibrada (Loamic), lo cual aumenta la capacidad de retención de agua (muy alta).

Perfil Martina Baja

Situación: Parcela Martina baja. Montesa. T.M: El Grado.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31T 263189; 4666454,5

Altitud: 417 msnm

Geomorfología: Ladera cóncava, parte baja, orientación Este.

Material original: Depósito detrítico fino (coluvio).

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Cabernet Sauvignon)

Erosión: Erosión laminar.

Pendiente: <5%

Profundidad efectiva: >150 cm.

Pedregosidad superficial: <5% de grava gruesa. Tamaño: 2-6 cm.

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Bien drenado.

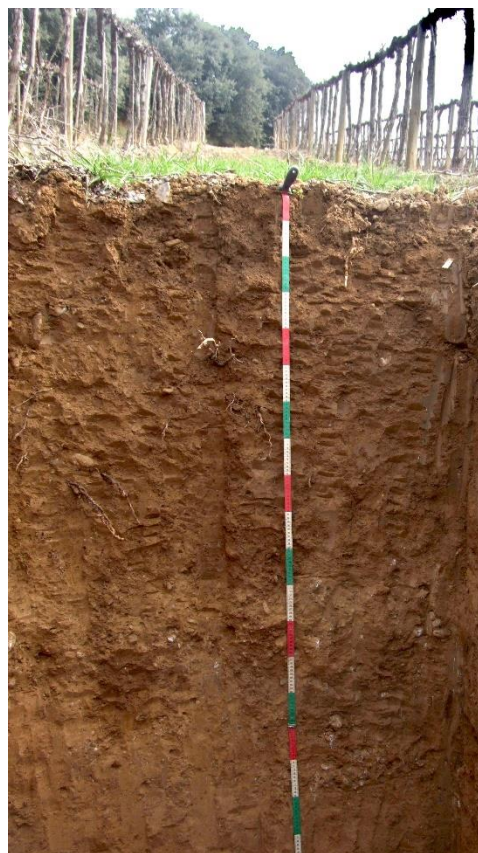
Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 303,7 mm/perfil (muy alta).

Otros: Secano.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0-30 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado gradual. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR7/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** frecuentes (5-15% en volumen), de grava fina a grava gruesa (0,2-6cm), redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas y cuarcitas. **TEXTURA:** franca. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso (20-50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,2% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** laboreo y galerías vacías. **RAÍCES:** frecuentes, de finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocos (<2% v/v) nódulos de CaCO₃. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

Bw (30-70 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** ligeramente húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano gradual. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 5-15% en volumen (frecuentes), de grava fina a grava media (0,2-2cm), redondeados-esferoidales, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas y cuarcitas. **TEXTURA:** franco-limosa. **ESTRUCTURA:** bloques angulares, con un grado de desarrollo pedial moderado y un tamaño medio grueso (10-50mm). **COMPACIDAD:** poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,4% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no aparente. **RAÍCES:** frecuentes, medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocos (<2%v/v) nódulo de CaCO₃ duros. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cámbico.

C (70/110 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** seco. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado gradual. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 0-2% en volumen (muy pocos), grava fina (0,2-0,6cm), redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas y cuarcitas. **TEXTURA:** franco-arcillolimosa. **ESTRUCTURA:** bloques angulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño de medio a grueso (10-50mm). **COMPACIDAD:** muy compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,2% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no aparente. **RAÍCES:** pocas, medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocos (<2%v/v) nódulos de CaCO₃. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

2C
(110-150
cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** seco. **LÍMITE INFERIOR:** ondulado gradual. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** 5-15% en volumen (frecuentes), grava media (0´6-2cm), redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas y cuarcitas, predominan cuarcitas. **TEXTURA:** franca. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso (20-50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,0% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **RAÍCES:** pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocos (<2% v/v) pseudomicelios de CaCO₃. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

3Ck
(150-190
cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** seco. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR7/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/6). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** frecuentes (5-15% en volumen), de grava fina a grava gruesa (0´5-6cm), redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por conglomerados y cuarcitas. **TEXTURA:** franca. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso (20->50mm). **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,8% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **RAÍCES:** pocas, muy finas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** pocos (<2% v/v) pseudomicelios de CaCO₃. **REVESTIMIENTOS:** No hay revestimientos.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Bathycálcico.

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|------------|--|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO₃ eq (%) | C ox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-30 cm) | 8,3 | 40,3 | 0,7 | 1,2 | 0,19 | 3,8 | 0,143 |
| Bw (30-70 cm) | 8,3 | 41,1 | 0,8 | 1,4 | - | - | 0,155 |
| C (70-110 cm) | 8,2 | 40,7 | 0,7 | 1,2 | - | - | 0,169 |
| 2C (110-150 cm) | 8,1 | 39,4 | 0,6 | 1,0 | - | - | 0,127 |
| 3Ck (150-190 cm) | 8,3 | 45,6 | 0,4 | 0,8 | - | - | 0,159 |

Tabla 32: Resultados de propiedades químicas (perfil Martina baja)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------|-------------------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-30 cm) | 4,3 | 35,7 | 39,8 | 24,4 | Franca | 25,0 |
| Bw (30-70 cm) | 4,2 | 31,3 | 44,8 | 23,9 | Franco-limosa | 19,0 |
| C (70-110 cm) | 8,7 | 17,9 | 55,7 | 26,5 | Franco-arcillolimosa | 7,0 |
| 2C (110-150 cm) | 12,5 | 36,8 | 37,7 | 25,5 | Franca | 23,0 |
| 3Ck (150-190 cm) | 6,7 | 31,5 | 42,8 | 25,7 | Franca | 14,4 |

Tabla 33: Resultados de propiedades físicas (perfil Martina baja)

| Agua del suelo | | | | | |
|------------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m ⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-30 cm) | 1350 | 22,9 | 5,0 | 17,9 | 54,4 |
| Bw (30-70 cm) | 1350 | 20,4 | 4,7 | 15,7 | 68,6 |
| C (70-110 cm) | 1200 | 26,6 | 5,4 | 21,2 | 94,8 |
| 2C (110-150 cm) | 1350 | 25,7 | 5,0 | 20,7 | 85,9 |
| 3Ck (150-190 cm) | 1350 | 30,2 | 4,4 | 25,7 | 118,9 |

Tabla 34: Resultados de retención de agua (perfil Martina baja)

Diagnóstico de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|------------------------------|--|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico. |
| Carbonatos | Muy alto (>40). Es necesario un tratamiento para evitar la clorosis férrica, como la adición de quelatos de hierro o la selección de pies tolerantes a la caliza activa. |
| Materia orgánica | Contenido muy bajo y disminuyendo ligeramente en profundidad. |
| Relación C/N | Baja. |
| Salinidad (CE) | No salino. |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados muy poco estables. |
| Clase textural | Franca |
| Profundidad del perfil | Muy profundo (>120 cm). |
| Pedregosidad del perfil | 20,2 % |
| Retención de agua disponible | Muy alta (303,7 mm/perfil). |

Tabla 35: Diagnóstico de fertilidad (perfil Martina baja)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|---|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Calcaric Cambisol (Loamic, Aric, Bathyhypercalcic, Ochric). |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic Haploxerept. |
| Capacidad Agrológica | Clase II. |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Fuerte (10). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (33). |

Tabla 36: Clasificación y evaluación (perfil Martina baja)

Resumen:

Se trata de un suelo cuyo material parental son areniscas canalizadas, conglomerados de cemento calizo y arcillas, con predominio de cantos de cuarzo. Estos materiales proceden del Terciario, en concreto del Neógeno, entre el tránsito de Oligoceno a Mioceno y el Mioceno, Ageniense.

Entre sus propiedades químicas destaca el alto contenido en carbonato cálcico (Calcisol) y su bajo contenido en materia orgánica.

Sus propiedades físicas más destacadas son la equilibrada textura (Loamic) y su baja estabilidad estructural, lo cual se debe a que además de tener un bajo contenido en materia orgánica tampoco tiene un destacable contenido en arcillas.

La retención de agua disponible es muy alta, lo cual es de gran importancia dado que es un suelo agrícola de secano.

También destaca su buen uso agrícola, dado que tiene una capacidad agrológica de clase II.

Perfil Viña Vieja

Situación: Parcela Viña vieja. Montesa. T.M: Hoz y Costeán.

Coordenadas U.T.M. X/Y: 31T 263065; 4667879

Altitud: 486 msnm

Geomorfología: Colina, parte baja, orientación Norte.

Material original: margas versicolores del Mioceno.

Uso del suelo y vegetación: Viñedo (var. Merlot)

Erosión: No aparente.

Pendiente: 2%

Profundidad efectiva: Muy profundo, >120 cm.

Pedregosidad superficial: 20%

Afloramientos rocosos: No hay.

Drenaje: Rápido.

Clima atmosférico: PAM: 453 mm/año; TAM 14,2 °C media anual.

Clima del suelo (STS): Régimen de humedad: Xérico. Régimen de temperatura: Térmico.

Reserva de agua disponible: 261,3 mm/perfil (muy alta).

Otros: Secano. Sin cubierta herbácea en calles.

Autor(es) descripción en campo: David Badía y Clara Martí, 4/3/2021.



Descripción macromorfológica de los horizontes:

Ap (0-40 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** pardo pálido (10YR6/4). **COLOR HÚMEDO:** marrón (10YR4/4). **MANCHAS:** inexistentes. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** frecuentes (5-7%), grava fina, media y gruesa (0,2-5cm), redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por calizas. **TEXTURA:** franca. **ESTRUCTURA:** bloques subangulares, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño grueso. **COMPACIDAD:** poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 1,3% (poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías vacías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** alta. **ACUMULACIONES:** no. **REVESTIMIENTOS:** no hay.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Ninguno.

2Ck (40-90 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** plano abrupto. **COLOR SECO:** amarillo claro (2.5Y7/4). **COLOR HÚMEDO:** amarillo claro (2.5Y6/4). **MANCHAS:** abundantes, policromáticas. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** no hay. **TEXTURA:** franco-arcillo-limosa. **ESTRUCTURA:** granular compuesta, con un grado de desarrollo pedial débil y un tamaño de fino a grueso. **COMPACIDAD:** poco compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,9% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** galerías. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** frecuentes, de finas a medianas. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** acumulaciones de CaCO₃, frecuentes (5-10% v/v). en forma de pseudomicelios. **REVESTIMIENTOS:** no hay.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Petrocálcico.

3Ckc (90/150 cm) **ESTADO DE HUMEDAD:** húmedo. **LÍMITE INFERIOR:** -. **COLOR SECO:** amarillo claro (2.5Y7/3). **COLOR HÚMEDO:** marrón amarillento (2.5Y5/4). **MANCHAS:** abundantes, policromáticas. **ESTADO REDOX:** oxidado. **ELEMENTOS GRUESOS:** muy pocos, grava fina redondeados-esferoidales y redondeados-tabulares, sin orientación definida y con distribución regular. Litología compuesta por nódulos de carbonatos. **TEXTURA:** arcillo-limosa. **ESTRUCTURA:** apedial. **COMPACIDAD:** moderadamente compacto. **MATERIA ORGÁNICA:** 0,8% (muy poca). **ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA:** no se aprecia. **GRIETAS:** no hay. **RAÍCES:** no. **TEST DE CAMPO (reacción de la matriz al HCl 1N):** muy alta. **ACUMULACIONES:** acumulaciones de CaCO₃ en nódulos, abundantes. **REVESTIMIENTOS:** no hay.

HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO: Cálculo.

Datos analíticos:

| Propiedades químicas | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|------------|--|
| Horizontes (profundidad) | pH H ₂ O | CaCO₃ eq (%) | C ox (%) | MO (%) | Nt (%) | C/N | CE 1:5 (dS m ⁻¹) |
| Ap (0-40 cm) | 8,5 | 36,1 | 0,8 | 1,3 | 0,14 | 5,3 | 0,159 |
| 2Ck (40-90 cm) | 8,6 | 42,6 | 0,5 | 0,9 | - | - | 0,127 |
| 3Ckc (90-150 cm) | 8,6 | 51,0 | 0,5 | 0,8 | - | - | 0,147 |

Tabla 37: Resultados de propiedades químicas (perfil Viña vieja)

| Propiedades físicas | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|---|---|
| Horizontes (profundidad) | Estabilidad Estructural (%) | Arena (2 -0,05 mm) (%) | Limo (0,05 - 0,002 mm) (%) | Arcilla (<0,002 mm) (%) | Clase textural (USDA) | Elementos gruesos (% p/p) |
| Ap (0-40 cm) | 6,9 | 52,3 | 29,2 | 19,5 | Franca | 29,0 |
| 2Ck (40-90 cm) | 11,0 | 5,6 | 54,8 | 39,6 | Franco-Arcillo-limosa | 0 |
| 3Ckc (90-150 cm) | 8,2 | 8,1 | 47,7 | 44,2 | Arcillo-limosa | 49,2 |

Tabla 38: Resultado de propiedades físicas (perfil Viña vieja)

| Agua del suelo | | | | | |
|--------------------------|--|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Horizontes (profundidad) | Densidad ap estimada (kg m ⁻³) | CC 0,03MPa (%) | PMP 1,5MPa (%) | Agua útil (%) | Agua útil (mm) |
| Ap (0-40 cm) | 1355 | 20,2 | 3,5 | 16,7 | 64,5 |
| 2Ck (40-90 cm) | 1100 | 30,3 | 8,5 | 21,8 | 119,8 |
| 3Ckc (90-150 cm) | 1100 | 32,3 | 9,3 | 23,0 | 77,0 |

Tabla 39: Resultados de retención de agua (perfil Viña vieja)

Diagnosic de la fertilidad

(en el horizonte superficial, Ap, salvo que se indique otra cosa)

| Propiedad | Valoración del contenido |
|------------------------------|---|
| Reacción del suelo (pH) | Básica, por la presencia de carbonato cálcico |
| Carbonatos | Muy alto. Obliga a seleccionar pies tolerantes a la caliza activa (9%), por generar clorosis. |
| Materia orgánica | Contenido muy bajo |
| Relación C/N | Baja |
| Salinidad (CE) | No salino |
| Sodicidad | No sódico (pH<9) |
| Estabilidad estructural | Agregados muy poco estables. |
| Clase textural | Franca |
| Profundidad del perfil | Muy profundo |
| Pedregosidad del perfil | 20% |
| Retención de agua del perfil | Muy alta (261,3 mm/perfil). |

Tabla 40: Diagnosic de fertilidad (perfil Viña vieja)

Clasificación y evaluación

| Propiedad | Calificación |
|---|--|
| Clasificación WRB (IUSS, 2015) | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Ochric). |
| Clasificación (SSS, 2014) | Typic Calcixerept |
| Capacidad Agrológica | Clase II. |
| Potencial de VIGOR inducido por la Tierra para viñedo | Medio (9). |
| Potencial de PRECOCIDAD de la Tierra para viñedo | Moderadamente débil (39). |

Tabla 41: Clasificación y evaluación (perfil Viña vieja)

Resumen:

Se trata de un suelo cuyo material parental son margas versicolores del Mioceno y se encuentra en la parte baja de una colina, con orientación norte. Entre sus propiedades químicas destaca su gran contenido en carbonato cálcico, el cual aumenta en profundidad (Calcisol). Se observa un bajo contenido en materia orgánica, el cual disminuye aún más en profundidad.

Entre sus propiedades físicas destaca un gran contenido en arcillas y limos en los horizontes subsuperficiales. También destaca la inexistencia de elementos gruesos en el segundo horizonte.

El perfil tiene una notable capacidad de retención de agua disponible, lo cual es muy importante en el caso de suelos agrícolas de secano, el cual también cuenta con una capacidad agrológica de Clase II.

5.3 Propiedades morfológicas

5.3.1 Color

Los perfiles Americanos, Almacén y Martina baja presentan un matiz homogéneo en todos sus horizontes de 10YR.

El perfil Chinebro bajo presenta un matiz de 10YR en su horizonte superficial (Ap) y un matiz de 7.5YR en el resto de sus horizontes, lo cual coincide con una notoria disminución de su contenido de materia orgánica en profundidad.

El perfil Chinebro alto es muy heterogéneo en cuanto al color se refiere, presentando un matiz de 10YR en sus tres primeros horizontes, cambiando a un matiz de 7.5YR en su cuarto horizonte que se corresponde con un cambio en sus propiedades morfológicas (2Ckc), cambiando su litología de cuarcita y arenisca a nódulos de cal. En su quinto y último horizonte (3Ckc) se observa un brusco cambio de color, presentando un matiz de 2.5Y, en este horizonte se observan nódulos de carbonato cálcico en la parte superficial y ausencia de elementos gruesos en el resto del horizonte.

El perfil de Viña vieja presenta un matiz de 10YR en su horizonte superficial (Ap) y un matiz de 2.5Y en los dos horizontes inferiores (2Ck y 3Ckc), que se corresponde con una discontinuidad lítica, pasando de una litología compuesta por calizas a una litología compuesta por margas.

En general, todos los horizontes estudiados presentan brillos medios-altos (de 5 a 8), presentando este parámetro una alta correlación positiva con el contenido en carbonato cálcico ($R=0,867$; $p<0,01$).

En cuanto al croma, los perfiles Americanos, Almacén, Martina baja y Viña vieja presentan un croma bajo en todos sus horizontes, mientras que el perfil Chinebro bajo presenta un croma de 6 en todos sus horizontes. El perfil Chinebro alto presenta un croma bajo en todos sus horizontes excepto en el cuarto (2Ckc) el cual es de 6 y se corresponde con el cambio en el matiz, de 10YR en sus horizontes anteriores a 7.5YR en este horizonte.

5.3.2 Estructura

Una de las propiedades edáficas que permite diferenciar el suelo del material geológico es la estructura (Porta et al., 2003).

El desarrollo estructural de la mayoría de los horizontes superficiales es entre débil, dado que se trata de suelos de cultivo arados y con contenido en materia orgánica no muy elevado. La excepción es el horizonte superficial del perfil Chinebro bajo, el cual presenta un desarrollo estructural moderado, el cual pasa a fuerte en profundidad, lo cual puede deberse a su alto contenido en arcillas.

En los perfiles Americanos, Almacén y Chinebro alto se observa una estructura granular compuesta, mientras que en los perfiles Chinebro alto y Martina baja se observa una estructura compuesta por bloques subangulares. En el perfil de Viña vieja, se observa un cambio de estructura granular compuesta a estructura compuesta por bloques subangulares, la cual concuerda con la discontinuidad litológica diagnosticada.

Mientras que en el perfil Chinebro bajo observamos una estructura fuerte en su horizonte más profundo (2Bwkc), en los demás perfiles observamos ausencia de estructura este. Esto puede deberse a que el último horizonte muestreado del perfil Chinebro bajo es un horizonte B enterrado, mientras que el último horizonte muestreado de los demás perfiles es un horizonte C.

5.3.3 Compacidad

En general, los horizontes superficiales analizados son entre muy poco compactos y compactos, a excepción de los horizontes superficiales de Chinebro bajo y Martina baja, los cuales son moderadamente compactos.

Los horizontes más profundos presentan una compacidad moderada, a excepción del segundo y tercer horizonte de Chinebro bajo (Bw1 y Bw2) los cuales son muy compacto y extraordinariamente compacto respectivamente. Esto puede generar una barrera física para el desarrollo del sistema radicular.

5.4 Propiedades físicas

5.4.1 Elementos gruesos

El contenido de elementos gruesos de los horizontes estudiados es muy heterogéneo, pero en la mayor parte de los casos no se llega al 25%.

Los elementos gruesos presentan un tamaño que va de grava fina a grava gruesa y son conglomerados, areniscas, cuarcitas, calizas y nódulos de carbonato cálcico en algunos casos. Aparecen también margas en el último horizonte del perfil Viña vieja.

Los elementos gruesos aparecen con distribución regular en todos los horizontes y sin orientación definida, excepto en el último horizonte del perfil Americanos, que aparecen con orientación horizontal.

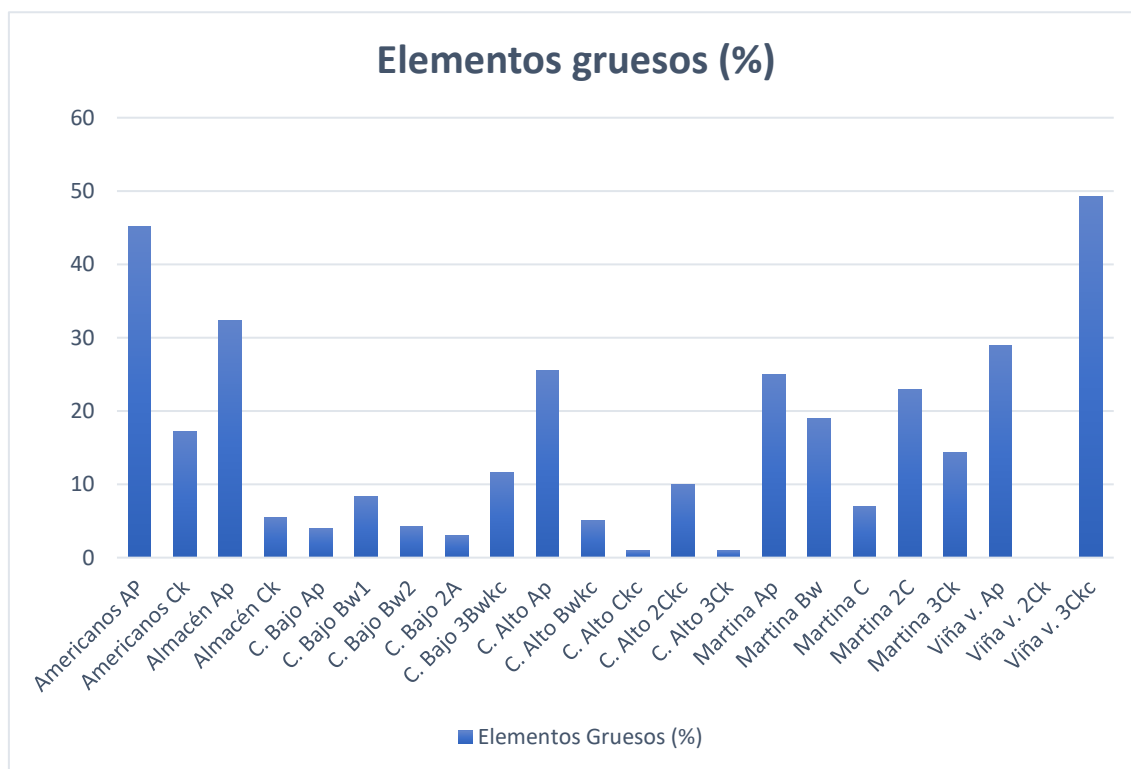


Ilustración 13: Porcentaje de elementos gruesos en los horizontes de los 6 perfiles estudiados

5.4.2 Granulometría

La granulometría del suelo nos indica el tipo de textura que este tiene, lo cual es muy importante dado que tiene que ver con la cantidad de agua y aire que puede retener, la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa y la facilidad con la que el suelo se puede trabajar.

En general, se observan unas texturas bastante equilibradas en todos los perfiles, predominando en algunos casos el contenido de arenas (Americanos, Almacén y horizonte superficial de Viña vieja) y en otros casos los limos. El perfil Chinebro alto destaca por tener un contenido en limos bastante mayor que su contenido en arenas y arcillas, teniendo texturas franco-arcillolimoso, franco-limoso y arcilloso, y siendo uno de los que mayor capacidad de retención de agua disponible presenta.

En todos los horizontes estudiados predomina la arena fina sobre la arena gruesa y los limos finos sobre los gruesos.

En varios artículos se ha estudiado la relación entre relaciones de la granulometría y las discontinuidades litológicas, sin embargo, estas relaciones no siempre son redundantes (Z. Mosleh et al., 2018). En el caso de los horizontes estudiados, no se ha observado gran relación entre ambas.

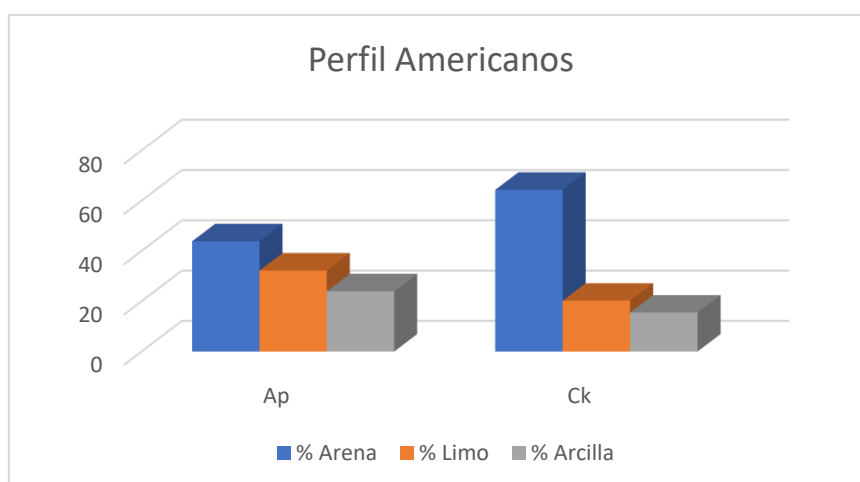


Ilustración 14: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Americanos

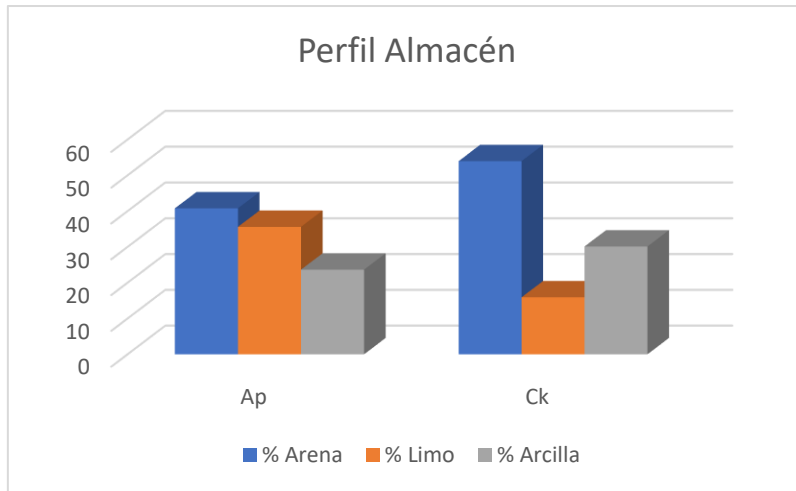


Ilustración 15: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Almacén

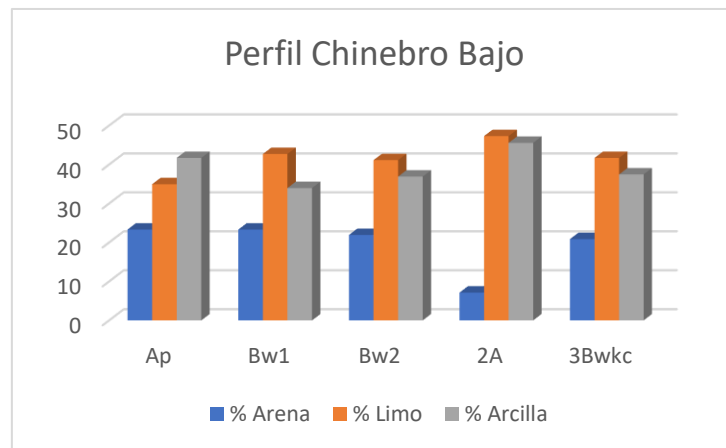


Ilustración 16: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Chinebro bajo

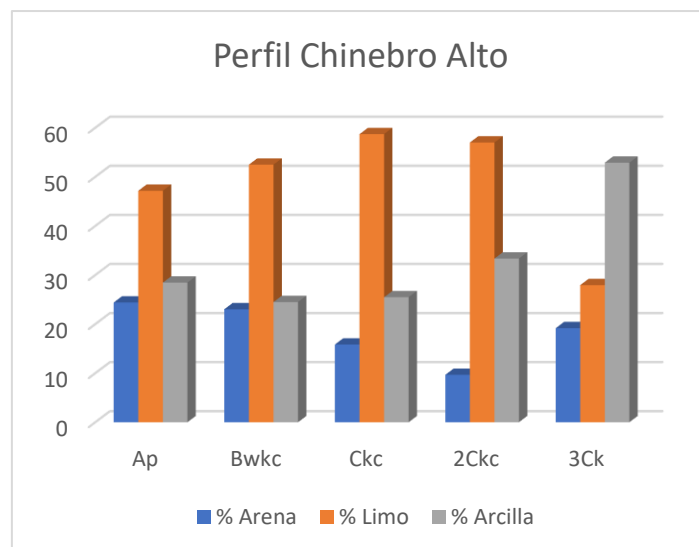


Ilustración 17: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Chinebro alto

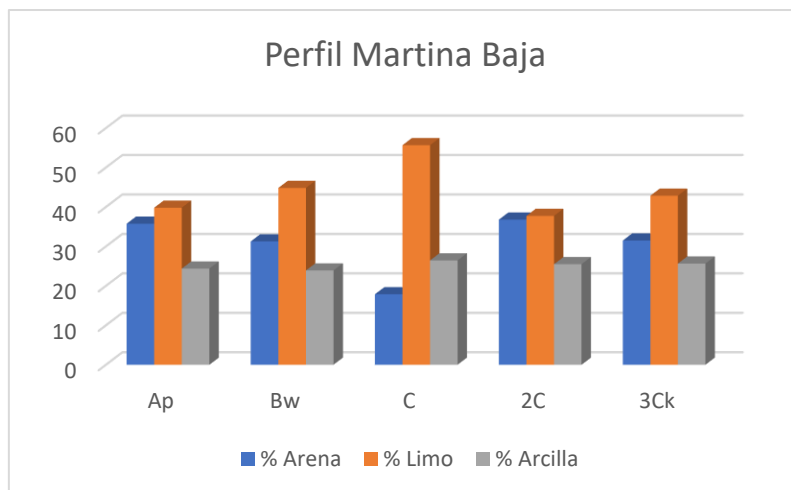


Ilustración 18: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Martina baja

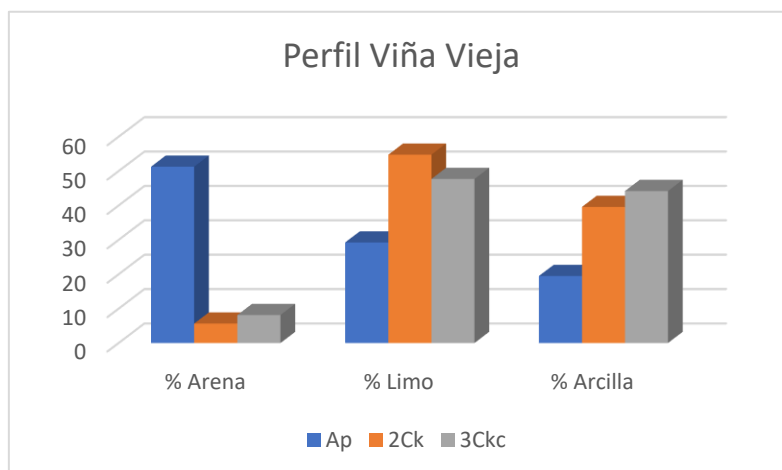


Ilustración 19: Porcentaje de arenas, limos y arcillas en los horizontes del perfil Viña vieja

5.4.3 Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD)

La CRAD es un parámetro muy importante en suelos de uso agrícola, dado que nos proporciona el dato de cuánta agua es capaz de almacenar un suelo de forma que se encuentre disponible para las plantas. Este dato permite gestionar el riego de forma óptima en el caso de cultivos de regadío y será importante que los suelos cuyo uso sea agrícola de secano, como es el caso de los suelos estudiados, tengan una CRAD que así lo permita.

Este parámetro se ha calculado en porcentaje y posteriormente se ha convertido a mm/perfil (mm/1,5 m), que es el valor en el que se suele expresar. También se convirtió a mm/1,2 m para realizar los cálculos del potencial de precocidad y el potencial de vigor de la tierra.

Todos los perfiles estudiados presentan una CRAD entre alta y muy alta. Los valores más altos de CRAD observados corresponden a los perfiles de textura franca (Almacén y Martina baja) y franco-arcillolimoso (Chinebro alto), mientras que en el perfil con textura franco-arenosa (Americanos), en el cual también encontramos mayor porcentaje de elementos gruesos, se observa un ligero descenso.

| Perfil | CRAD (mm/perfil) | Evaluación |
|----------------------|------------------|------------|
| Americanos | 209 | Alta |
| Almacén | 455 | Muy alta |
| Chinebro bajo | 237 | Alta |
| Chinebro alto | 306 | Muy alta |
| Martina Baja | 304 | Muy alta |
| Viña vieja | 261 | Muy alta |

Tabla 42: Capacidad de retención de agua disponible de los perfiles estudiados

5.4.4 Estabilidad estructural

La estabilidad estructural de los agregados puede definirse como el resultado de la fuerza de unión entre las partículas elementales de los agregados del suelo, siendo de gran importancia en la protección de pérdida del suelo por erosión (Cerdá, 1998).

Dado que la estructura del suelo es una condición compleja que está asociada a muchos procesos ambientales y agronómicos, es de particular importancia evaluar su resistencia frente a fuerzas internas y externas (Lobo y Pulido, 2006).

En general, la estabilidad estructural de los horizontes estudiados va de agregados muy poco estables a agregados moderadamente estables, destacando el segundo horizonte del perfil Almacén (Ck) como el único que presenta agregados estables (ver *Tabla 18*), en dicho perfil la estabilidad estructural es mayor en este horizonte que en el horizonte superficial (Ap), lo cual coincide con un aumento en el contenido de arcillas en profundidad.

En el perfil Chinebro bajo se observa un aumento de la estabilidad estructural en el cuarto horizonte (2A), lo cual coincide con el diagnóstico de que se trata de un horizonte A enterrado.

5.5 Propiedades químicas

5.5.1 pH

La dinámica del equilibrio bioquímico depende mucho del pH de los suelos, si este se aparta mucho de la neutralidad puede haber limitaciones en el crecimiento vegetal. En general los suelos de vid presentan pH muy variados, encontrándose viñedos productivos sobre suelos desde pH 4,5 hasta pH de 8,5 en zonas muy calcáreas para estos últimos (Ribéreau Gayon, 1982).

Según la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, el valor de pH óptimo de suelos de cultivo de vid son valores de pH entre 5,3 y 6,7.

Según la FAO, se considera que un suelo es neutro cuando tiene pH de 7, ácido cuando muestra un pH inferior y básico cuando es superior, en el caso del transecto estudiado, el pH es básico, yendo de 8,1 a 8,6 en todos los horizontes, tratándose de una zona con una gran cantidad de carbonato cálcico y un contenido en materia orgánica no muy elevado.

La problemática que un pH básico puede causar con respecto al cultivo es el entorpecimiento de la absorción de algunos nutrientes como el hierro por las plantas, lo cual puede ocasionar clorosis o deficiencias nutricionales que derivan en falta de vigor, traslocación, transformación y disponibilidad de los mismos en momentos puntuales o de forma permanente. Todo esto afecta al crecimiento o desarrollo vegetal, pudiendo llegar a afectar al fruto, la calidad y el proceso de maduración, lo cual es muy importante en la uva a la hora de elaborar el vino.

Para conseguir un pH más cercano al neutro hay diversas opciones: se puede adicionar azufre (S) y dejar que las tiobacterias del suelo lo transformen de forma lenta en ácido sulfúrico, o bien adicionar directamente ácido sulfúrico o nítrico si se quiere obtener una disminución del pH más rápida. También se puede adicionar yeso en el caso de que la salinidad del suelo no sea muy elevada, según la FAO se considera que un suelo tiene una elevada salinidad cuando la conductividad eléctrica es mayor a 800 dS/cm. No obstante, la aplicación de yeso tiene el riesgo de ocasionar un desequilibrio en el nivel de calcio con respecto al resto de los cationes de cambio. También existe la posibilidad de utilizar fertilizantes acidificantes (ácido fosfórico, MAP, sulfato amónico, MKP, etc.)

En el caso de las parcelas estudiadas, se llevan a cabo distintos métodos para combatir la falta de disponibilidad de nutrientes. Se utilizan portainjertos de los tipos SO4, 1103P y 110R, los cuales se seleccionaron no solo en función de su resistencia a los carbonatos sino también en función a su resistencia a nemátodos, sequía y humedad.

También realizan analíticas de la hoja de la vid para detectar a tiempo la deficiencia de nutrientes y, en su caso, realizar las pulverizaciones (sulfatar) para sufragarlas.

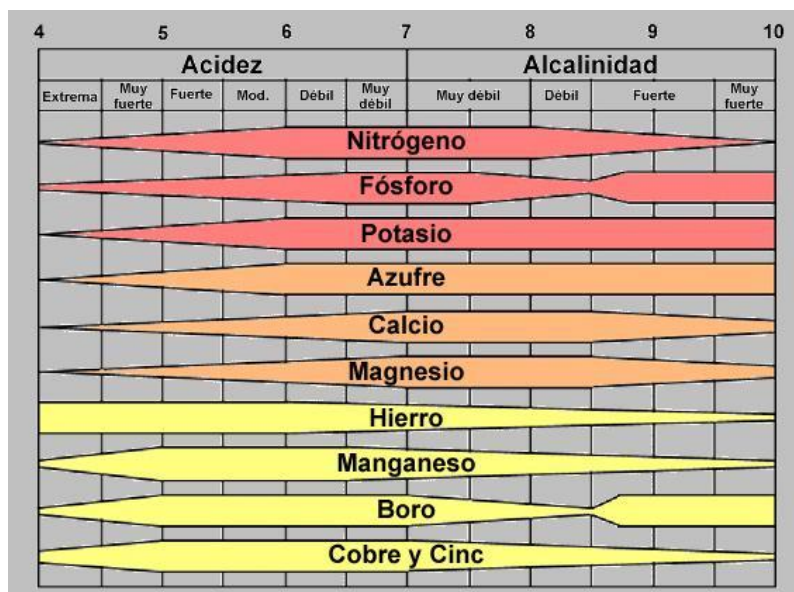


Ilustración 20: Disponibilidad de nutrientes para las plantas en función del pH (Gastón Hernán, 2012)

5.5.2 Salinidad

Todos los horizontes analizados presentan un valor de conductividad eléctrica que va de 0,1 a 0,3 dS/m, es decir, se trata de suelos normales sin problemas de salinidad para el cultivo (ver *Tabla 2*).

Estos valores de salinidad son buenos para el cultivo dado que una salinidad mayor a 2 dS/m ya da lugar a problemas para los cultivos más sensibles y una salinidad mayor a 4 dS/m da lugar a problemas para la mayoría de los cultivos. Un exceso de salinidad puede ocasionar dos tipos de problemas al cultivo, por un lado, algunos iones como sodio, cloro y boro producen efectos tóxicos en la planta si son absorbidos en exceso, por otro lado, la salinidad incrementa el potencial osmótico de la solución del suelo, lo cual entorpece la absorción de agua por las plantas y hace que necesiten mayor esfuerzo para llevarla a cabo.

5.5.3 Materia orgánica

El transecto estudiado presenta un contenido en materia orgánica que va del 0,3 al 2,5%. En general, este valor disminuye en profundidad.

El contenido en materia orgánica es mayor en los horizontes superficiales (Ap) debido a que el principal aporte de esta es la descomposición de los restos vegetales de la superficie. El perfil Martina baja presenta un contenido en materia orgánica más homogéneo en sus cuatro primeros horizontes, siendo este igual o parecido al de su horizonte superficial, lo cual concuerda con la homogeneidad del color observado en dicho perfil, pardo oscuro en todos sus horizontes, entre 10YR7/4 y 10YR6/4, lo cual puede ser debido al proceso de melanización.

Dado el contenido no muy elevado de materia orgánica presente en las parcelas estudiadas, se utiliza abonado de fondo mineral con materia orgánica en forma de compost y pellets, el cual aplican en tratamientos durante el ciclo vegetativo en momentos puntuales y con antelación.

5.5.4 Nitrógeno y relación C/N

Estos parámetros son importantes a la hora de analizar suelos cultivados dado que mediante ellos se puede predecir el desarrollo que puede tener la planta en función de la disponibilidad de carbono o nitrógeno presentes en el suelo, siendo el nitrógeno un componente esencial para el desarrollo de la planta ya que es su principal aporte de aminoácidos y proteínas.

Un microorganismo del suelo necesita, para mantenerse vivo, una dieta cercana a una relación C/N de 24, ya que 16 carbonos los utilizan para obtener energía y 8 para mantenimiento. El suelo es un sistema biológico que funciona tan bien como los microorganismos que lo habitan (USDA, 2019).

Tanto la determinación del nitrógeno como la de la relación C/N se realizó solo para los horizontes superficiales (Ap) dado que es el horizonte en el que interesa determinar estos parámetros de cara al cultivo. En los demás horizontes la materia orgánica es, en general, más baja y por tanto estos parámetros.

En todos los horizontes analizados encontramos una relación C/N baja, lo cual reduce el potencial que se puede obtener de los cultivos, no obstante, es algo fácilmente corregible mediante la adición de enmiendas orgánicas o compost.

Como era de esperar, se observa una correlación significativa ($R=0,91$; $p<0,01$) entre el contenido en materia orgánica y la relación C/N.

5.5.6 Carbonatos

En los perfiles estudiados el contenido en carbonatos es entre alto y muy alto, a excepción del perfil Chinebro bajo, que presenta unos valores bastante más bajos que los demás. En dicho perfil observamos que el contenido en carbonatos del horizonte 2A es el más bajo, lo cual se puede deber al lavado de estos cuando este horizonte estaba en la superficie, habiendo un claro aumento de carbonatos en el horizonte inferior. En el horizonte superficial (Ap) el contenido en carbonatos es bastante mayor, es decir, se está aportando carbonatos a la superficie, lo cual tiene sentido dado el alto contenido en carbonatos observado en los demás perfiles, que nos indica gran presencia de estos en la zona estudiada.

El perfil Chinebro alto destaca con un contenido en carbonatos mayor al 60% en varios de sus horizontes. Este perfil se encuentra en la parte alta de la ladera, pudiendo ser una importante fuente de carbonatos para el perfil Chinebro bajo, ya se encuentra en el fondo de cuna colindante.

En el transecto de suelos estudiado se observan tanto carbonatos primarios, es decir, en el propio material geológico como carbonatos secundarios o edáficos: en el horizonte C del perfil Americanos, en forma laminar, en horizontes Ap, Bw, Bwkc, C, Ckc y Ck en forma de concreciones y en horizontes Bw y Ckc en forma de pseudomicelios.

Es muy importante tener en cuenta el contenido en carbonatos en los suelos cultivados, dado que además de basificar el pH, un pH básico junto con un alto contenido en caliza activa favorece el bloqueo de nutrientes, dando lugar a la aparición de enfermedades como la clorosis férrica.

Cabe destacar la importancia de las prácticas agronómicas en este sentido, es decir, es necesario llevar a cabo un manejo del suelo idóneo para que este se vea favorecido y sea menos vulnerable a los problemas anteriormente mencionados. En

las parcelas estudiadas se llevan a cabo labores verticales y cubiertas controladas, lo cual ayuda a que los carbonatos no se disuelvan y no se produzca el bloqueo de ciertos nutrientes.

A continuación, se muestran las gráficas del contenido en carbonatos en los horizontes de cada perfil.

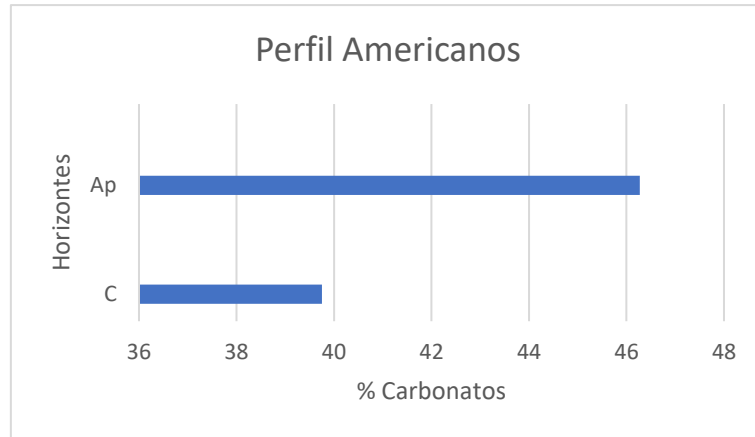


Ilustración 21: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Americanos

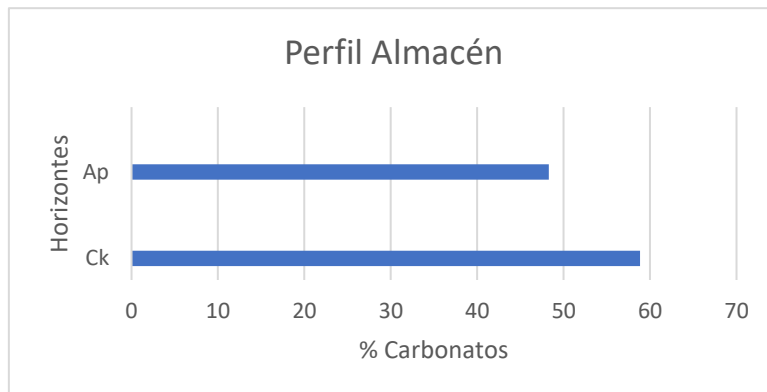


Ilustración 22: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Almacén

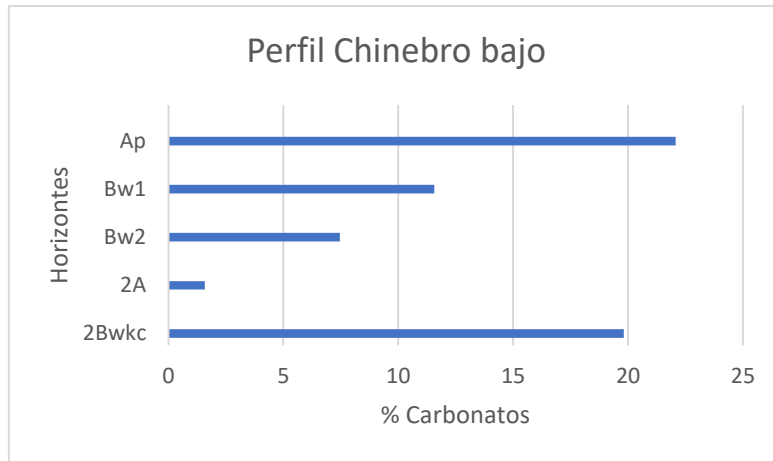


Ilustración 23: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Chinebro bajo

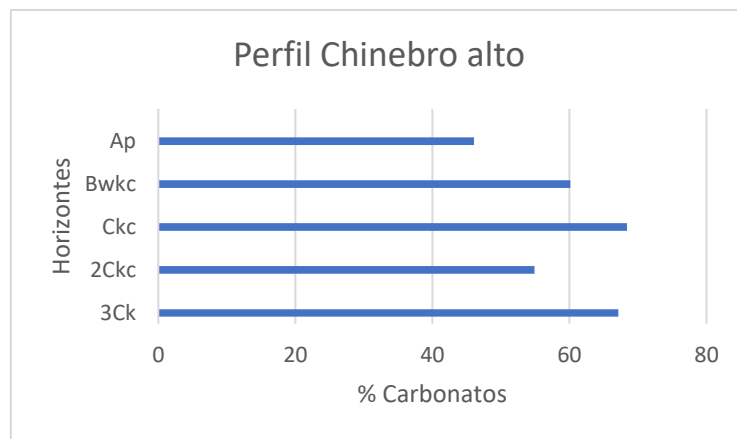


Ilustración 24: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Chinebro alto

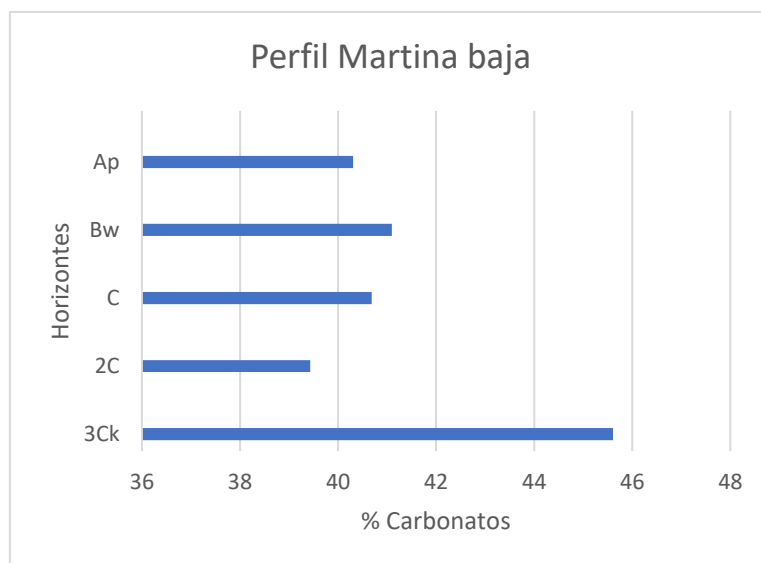


Ilustración 25: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Martina baja

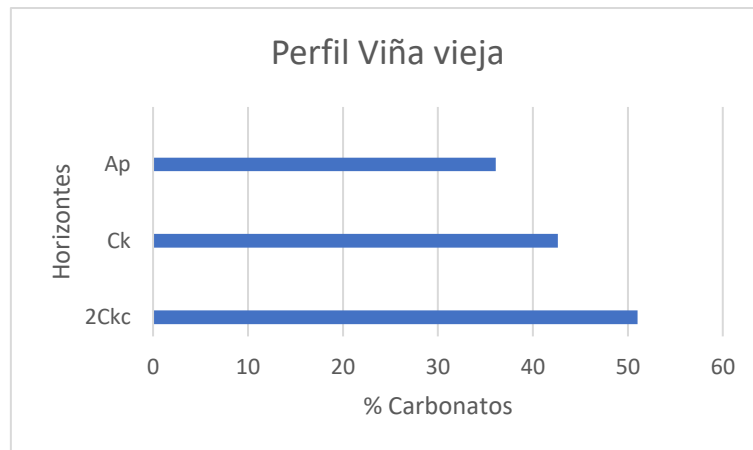


Ilustración 26: Contenido en carbonatos en los horizontes del perfil Viña vieja

5.7 Clasificación de suelos

Se ha clasificado cada perfil a nivel de unidad, siguiendo tanto la WRB como Keys to Soil Taxonomy (SSS, 2014). Estos sistemas de caracterización están basados en horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, lo cual se ha identificado previamente a llevar a cabo la clasificación.

En el transecto estudiado predominan los Calcisols, dado que es una zona con gran cantidad de carbonato cálcico, lo cual ha dado lugar a acumulaciones de carbonato cálcico secundario. También se observan dos Cambisols, en uno de los cuales (Chinebro bajo) observamos un Calcisol enterrado.

Los resultados de la clasificación de los suelos estudiados son los siguientes:

| Perfil | WRB (2015) | SSS (2014) |
|----------------------|---|--------------------|
| Americanos | Akroskeletal Endoleptic Calcisol (Loamic, Aric, Humic) | Typic Calcixerepts |
| Almacén | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Humic). | Typic Calcixerepts |
| Chinebro bajo | Calcaric Cambisol (Clayic, Aric, Ochric) sobre Haplic Calcisol (Clayic, Ochric) | Typic Haploxerept |
| Chinebro alto | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Ochric) | Typic Calcixerepts |
| Martina baja | Calcaric Cambisol (Loamic, Aric, Bathyhypercalcic, Ochric). | Typic Haploxerept |
| Viña vieja | Haplic Calcisol (Loamic, Aric, Hypercalcic, Ochric). | Typic Calcixerepts |

Tabla 43: Clasificación de suelos según WRB (2015) y SSS (2014)

6. Conclusiones

A través del presente trabajo se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Propiedades morfológicas:
 - El material parental de los suelos analizados son areniscas canalizadas, arcillas y conglomerados, con predominio de cantos de cuarzo del Mioceno, y sedimentos detríticos finos del Holoceno, procedentes de la erosión de suelos previos en cotas superiores o pedosedimentos en los perfiles ubicados en pie de ladera y fondo de cuna.
 - Los suelos estudiados presentan gran heterogeneidad en cuanto al color, que se ve influenciado por el contenido en materia orgánica, el contenido en carbonatos y el material parental.

2. Propiedades físicas y químicas más destacables:

- La capacidad de retención de agua disponible de los perfiles es entre alta y muy alta, lo cual es muy positivo e importante en cultivos de secano.
- Los horizontes de los perfiles estudiados presentan una estabilidad estructural media-baja, al igual que su contenido en materia orgánica.
- La relación C/N de todos los horizontes estudiados es baja, lo cual es fácil de corregir mediante adición de enmiendas o compost con una relación C/N alta.
- El pH es básico en todos los perfiles, yendo de 8,1 a 8,6. Es necesario tomar medidas, lo cual la bodega ya lleva a cabo mediante sulfataciones puntuales y utilización de portainjertos de los tipos: SO4, 1103P y 110R que le permiten paliar este problema y son resistentes a nemátodos y a la sequía.
- El contenido en carbonatos es muy alto en todos los perfiles analizados a excepción de Chinebro alto, el cual presenta un horizonte A enterrado en el cual el contenido en carbonatos es mucho más bajo y aumenta en profundidad, lo cual se puede deber al lavado de estos cuando el horizonte estaba en superficie. En los horizontes más superficiales de este perfil hay mayor contenido en carbonatos procedentes de la zona alta.
- Debido al alto contenido en carbonatos, en muchos casos acumulados en forma de nódulos, es importante un manejo agronómico mediante laboreos verticales que impidan la disolución de los mismos, lo cual aumentaría el bloqueo de nutrientes.

3. Evaluación del suelo para viñedo:

- Todos los perfiles evaluados presentan una capacidad agrológica entre Clase II y Clase III excepto el perfil Chinebro alto, que es de Clase V debido a la abundante pedregosidad.
- El potencial de vigor inducido por la tierra para viñedo (PVT) es entre medio y fuerte en todos los perfiles analizados. Mientras que el potencial de precocidad de la tierra para viñedo (PPT) es moderadamente débil en todos los suelos.

7. Bibliografía

CBDSA, (1983). Sinedares. Manual para la descripción codificada de suelos en el campo. Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 137 pp. Madrid.

BADIA, D. (2000). Straw management effects on organic matter mineralization and salinity in semiarid agricultural soils. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14 (2): 193-203.

BADIA, D. et al. (2000). SUELOS DE LA SIERRA DE SALINAS AL RÍO VERO (SOMONTANO DE BARBASTRO, ALTOARAGÓN). Escuela Politécnica Superior de Huesca. Edafología. Volumen 7-3: 241-249.

BADÍA, D; MARTÍ, C. (2017). Caracterización de suelos: métodos e interpretación de resultados. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza. 160 pp.

BADIA, D.; MARTÍ, C., CUCHÍ, J.A.; CASANOVA, J. (2006). Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano de Barbastro, Colección Prensas Universitarias, 8. Universidad de Zaragoza. 205 pp.

BADÍA, D. Guía de campo para la descripción de suelos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza. 27 pp.

BARRIOS, I. (1995). *Los suelos de viñedo de rioja alavesa* (Doctoral dissertation, Universidade de Santiago de Compostela).

CARCELLER, F., MALUQUER, J., Sauras, T., LLOVET, J., VALLEJO, V. R., & LIZEAGA, J. (1989). Transecto de suelos: depresión Ebro-Moncayo. *Turiaso IX*, 331-360.

DE JESÚS, M. A., SOLORIO, C. A. O., & CASTORENA, M. D. C. G. (2001). Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 227-239.

DE LA ROSA, D. (2008). Evaluación agro-ecológica de suelos. Mundi-Prensa Libros.

DOMÍNGUEZ SOTO, JM, ROMÁN GUTIÉRREZ, AD, PRIETO GARCÍA, F. y ACEVEDO SANDOVAL, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta

para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3 (1), 141-155.

ESFANDIARPOUR-BORUJENI, I., MOSLEH, Z. y FARPOOR, MH (2018). Comparando la capacidad de Soil Taxonomy (2014) y WRB (2015) para distinguir la discontinuidad litológica y un cambio de textura abrupto en los principales suelos de Irán. *Catena*, 165, 63-71.

FAO (2014). Guía para la descripción de suelos. 5ª Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

FITZ PATRICK, E.A. (1980). Suelos: Su formación, clasificación y distribución. CECSA ed. 430 pp. México.

GOBIERNO DE ARAGÓN (2021). Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Atlas climático de Aragón.

IBÁÑEZ, J. J. (2010). Un universo invisible bajo nuestros pies, los suelos y la vida. Fundación para el conocimiento.

ITGE. (2006). Atlas Nacional de España. Volumen de Geológica, Geomorfología y Edafología

IUSS Working Group WRB (2015). Base Referencia Mundial del recurso suelo. Actualización 2015. World Soil resources Reports nº106. FAO. Roma.

KEMPER, W.D. & Koch, E.J. (1966). Aggregate stability of soils from Western portions of the United States and Canada. *US Dep. Agr. Tech. Bull.*, 1355pp.

MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A., RAMOS, M. C., & VALLÉS, D. (2009). Análisis de la relación entre las propiedades del suelo, el índice de vigor del cultivo y el rendimiento en un viñedo de la DO Costers del Segre (Lleida). In XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Calatayud.

MEDINA, E. M. (2018). Efecto de diferentes manejos agronómicos sobre indicadores bioquímicos y microbiológicos de calidad de suelos de viñedos, San Juan, Argentina.

MILNE, G. (1935). Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African Soils. *Soil Research*, 4: 183-198.

MONROY RODRÍGUEZ, F. L., ÁLVAREZ HERRERA, J. G., & ALVARADO SANABRIA, Ó. H. (2017). Distribución espacial de algunas propiedades físicas del suelo en un transecto de la granja Tinguavita, Paipa.

MORLAT, R. (2010). *Traité de viticulture de terroir*. Editions Tec&Doc.

PASCUAL, S. I., PÉREZ, J. L., ALONSO, F. P., & DOMÍNGUEZ, E. G. E. (2011). La cubierta vegetal como sistema alternativo de mantenimiento de los suelos de viñedo en la DOC Rioja. *Zubía*, (29), 133-148.

PEREGRINA, F., LÓPEZ, D., ZABALLA, O., VILLAR, M. T., GONZÁLEZ, G., & GARCÍA-ESCUADERO, E. (2010). Calidad de los suelos de viñedo en la Denominación de Origen Rioja: Índice de riesgo de encostramiento (FAOPNUMA), contenido de carbono orgánico y relación con la fertilidad del suelo. *Revista de Ciencias Agrarias*, 33(1), 338-345.

PLASTER, E.J; (1997). *La ciencia del suelo y su manejo*. ED: Paraninfo. México.

PORTA, J., M., Roquero, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 960 pp. Madrid

QUEZADA, C., SANDOVAL, M., OVALLE, C., & PÉREZ, V. (2020). INFLUENCIA DE CUBIERTAS VEGETALES EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y RENDIMIENTO EN VIÑEDOS DE SECANO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, (ahead), 0-0.

RIVERA OSORIO, F. E. (2015). Evaluación de la repuesta de plantas de vid (*Vitis vinifera* L.) a enmiendas de suelo y defoliación en postcosecha bajo un estrés hídrico severo tardío.

RUIZ LORENTE, A., & BADÍA VILLAS, D. (2015). Toposecuencia de suelos en el piso montano del Parque Natural del Moncayo.

SÁNCHEZ MARTÍNEZ, G. (2004). Evaluación del aporte nutricional de siete cubiertas vegetales en un viñedo orgánico del cv Merlot.

SEPÚLVEDA, R. B., & VARGAS, R. L. (2008). Usos agrarios y sostenibilidad medioambiental. Evaluación de la capacidad agrológica y socioeconómica de la Axarquía (Málaga). *Cuadernos Geográficos*, (42), 83-108.

SOIL SURVEY STAFF. (1975). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA. Handbook N° 436, 754pp.

SOIL SURVEY STAFF. (2014). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. 301pp.

SORIANO, M. D., CALVO, A., BOIX, C., & PONS, V. (1996). Variaciones en las propiedades de los suelos y su agregación en un transecto altitudinal de la provincia de Alicante. *Cuaternario y Geomorfología*, 10(1-2), 45-58.

THOMPSON, L. M. Y F. R. Troech. (1982). Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverte, S. A. España.

VALERA, Á. V., DE RODRIGUEZ, C. R., & CORTE, Z. Relación entre la textura y la estructura en una toposecuencia de suelos evolucionados en la cuenca media del río Tiznados.

VILLASEÑOR, D., CHABLA, J., & LUNA, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28-34.

WATSON, J.P. (1960). Soil Catenas. *Soil and Fertilizers*. 28:307-310.

WILD, A. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell.

ZAVALA CRUZ, J., SALGADO GARCÍA, S., MARÍN AGUILAR, Á., PALMA LÓPEZ, D. J., CASTELÁN ESTRADA, M., & RAMOS REYES, R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 123-137.

8. Anejos

Propiedades morfológicas

| Perfil | Horizonte | Prof. (cm) | Color seco | Color húmedo | Manchas | Estructura | Compacidad |
|----------------------|-----------|------------|------------|--------------|------------------------|----------------|------------|
| Americanos | Ap | 37 | 10YR6/3 | 10YR5/3 | No | G, f-g, d | Muy poca |
| | C | 85 | 10YR7/4 | 10YR6/6 | Litocromas, abundantes | Sin estructura | Moderada |
| Almacén | Ap | 60 | 10YR6/3 | 10YR5/3 | No | G, f-g, d | Muy poca |
| | Ckc | 148 | 10YR7/4 | 10YR6/6 | No | Sin estructura | Moderada |
| Chinebro bajo | Ap | 35 | 10YR5/6 | 10YR4/4 | No | BS, g, mod. | Moderada |
| | Bw1 | 60 | 7.5YR5/6 | 7.5YR4/6 | No | BS, g, F | Mucha |
| | Bw2 | 100 | 7.5YR5/6 | 7.5YR4/6 | No | BS, g, F | Extraord. |
| | 2A | 150 | 7.5YR5/6 | 7.5YR4/6 | No | BS, g, F | Moderada |
| | 2Bwkc | 200 | 7.5YR6/6 | 7.5YR4/6 | No | BS, g, F | Moderada |
| Chinebro alto | Ap | 20 | 10YR6/4 | 10YR4/4 | No | G, g, d | Muy poca |
| | Bwkc | 40 | 10YR7/4 | 10YR6/6 | No | G, g, d | Poca |
| | Ckc | 70 | 10YR8/4 | 10YR6/6 | No | BS, m-g, d | Poca |
| | 2Ckc | 90 | 7.5YR7/6 | 7.5YR5/6 | No | Sin estructura | Moderada |
| | 3Ck | 140 | 2.5Y8/3 | 2.5Y6/4 | No | Sin estructura | Moderada |
| Martina baja | Ap | 30 | 10YR7/4 | 10YR4/4 | No | BS, g, d | Moderada |
| | Bw | 70 | 10YR6/4 | 10YR4/6 | No | BA, m-g, mod. | Poca |
| | C | 110 | 10YR6/4 | 10YR4/4 | No | BA, m-g, d | Mucha |
| | 2C | 150 | 10YR6/4 | 10YR4/4 | No | BS, g, d | Moderada |
| | 3Ck | 190 | 10YR7/4 | 10YR4/6 | No | BS, g, d | Moderada |
| Viña vieja | Ap | 40 | 10YR6/4 | 10YR4/4 | No | BS, g, d | Poca |
| | 2Ck | 90 | 2.5Y7/4 | 2.5Y6/4 | Litocromas, abundantes | G, f-g, d | Poca |
| | 3Ckc | 150 | 2.5Y7/3 | 2.5Y5/4 | Litocromas, abundantes | Sin estructura | Moderada |

Tabla 44: Resumen de las propiedades morfológicas de los perfiles analizados

Grado de estructura: d (débil), F (fuerte), mod. (moderada). Clase de estructura: G (granular), BS (bloques subangulares), BA (bloques angulares). Tamaño de estructura: f (fina), m (media), g (gruesa).

Propiedades químicas.

| Perfil | Horizonte | pH | CE (dS/m) | MO (%) | Cox (%) | N (%) | C/N | Carbonatos (%) |
|--------------------------|-----------|-----|--------------|-----------|------------|-------|-----|-------------------|
| Americanos | Ap | 8,3 | 0,3 | 2,5 | 1,4 | 0,2 | 7,5 | 46,3 |
| | C | 8,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | - | - | 39,7 |
| Almacén | Ap | 8,4 | 0,2 | 1,8 | 1,0 | 0,2 | 6,6 | 48,3 |
| | Ckc | 8,5 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | - | - | 58,8 |
| Chinebro bajo | Ap | 8,4 | 0,2 | 1,6 | 0,9 | 0,2 | 5,5 | 22,1 |
| | Bw1 | 8,5 | 0,2 | 0,9 | 0,5 | - | - | 11,6 |
| | Bw2 | 8,4 | 0,1 | 0,6 | 0,4 | - | - | 7,5 |
| | 2A | 8,3 | 0,1 | 0,4 | 0,2 | - | - | 1,6 |
| | 2Bwkc | 8,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | - | - | 19,8 |
| Chinebro alto | Ap | 8,2 | 0,2 | 1,6 | 0,9 | 0,2 | 5,1 | 46,0 |
| | Bwkc | 8,3 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | - | - | 60,1 |
| | Ckc | 8,4 | 0,1 | 0,9 | 0,6 | - | - | 68,4 |
| | 2Ckc | 8,5 | 0,1 | 0,6 | 0,3 | - | - | 54,9 |
| | 3Ck | 8,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | - | - | 67,1 |
| Martina baja | Ap | 8,3 | 0,1 | 1,2 | 0,7 | 0,2 | 3,8 | 40,3 |
| | Bw | 8,3 | 0,2 | 1,3 | 0,8 | - | - | 41,1 |
| | C | 8,2 | 0,2 | 1,2 | 0,7 | - | - | 40,7 |
| | 2C | 8,1 | 0,1 | 1,0 | 0,6 | - | - | 39,4 |
| | 3Ck | 8,3 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | - | - | 45,6 |
| Viña vieja | Ap | 8,5 | 0,2 | 1,3 | 0,8 | 0,1 | 5,3 | 36,1 |
| | 2Ck | 8,6 | 0,1 | 0,9 | 0,5 | - | - | 42,6 |
| | 3Ckc | 8,6 | 0,1 | 0,7 | 0,5 | - | - | 51,0 |

Tabla 45: Resumen de las propiedades químicas de los perfiles analizados

Propiedades físicas.

| Perfil | Horizonte | EG (%) | EE (%) | CC (%) | PMP (%) | Agua útil (mm) |
|----------------------|-----------|--------|--------|--------|---------|----------------|
| Americanos | Ap | 45,1 | 23,1 | 33,8 | 11,0 | 64,9 |
| | C | 17,2 | 59,2 | 32,8 | 6,8 | 144,1 |
| Almacén | Ap | 32,3 | 24,4 | 33,2 | 9,4 | 130,5 |
| | Ckc | 5,5 | 79,4 | 37,8 | 8,9 | 324,3 |
| Chinebro bajo | Ap | 4,0 | 8,0 | 25,4 | 1,0 | 120,0 |
| | Bw1 | 8,4 | 28,9 | 26,0 | 10,5 | 37,6 |
| | Bw2 | 4,3 | 32,5 | 26,9 | 10,8 | 64,1 |
| | 2A | 3,0 | 46,4 | 27,5 | 12,4 | 77,3 |
| | 2Bwkc | 11,6 | 20,7 | 22,1 | 9,8 | 86,1 |
| Chinebro alto | Ap | 25,5 | 10,3 | 33,2 | 8,5 | 44,3 |
| | Bwkc | 5,0 | 8,0 | 33,7 | 7,0 | 68,4 |
| | Ckc | 1,0 | 5,7 | 33,7 | 7,0 | 106,7 |
| | 2Ckc | 10,0 | 34,7 | 24,8 | 12,0 | 27,6 |
| | 3Ck | 1,0 | 7,2 | 15,8 | 6,8 | 49,4 |
| Martina baja | Ap | 25,0 | 4,3 | 22,9 | 5,0 | 54,4 |
| | Bw | 19,0 | 4,2 | 20,4 | 4,7 | 68,6 |
| | C | 7,0 | 8,7 | 26,6 | 5,4 | 94,8 |
| | 2C | 23,0 | 12,5 | 25,7 | 5,0 | 85,9 |
| | 3Ck | 14,4 | 6,7 | 30,2 | 4,4 | 118,9 |
| Viña vieja | Ap | 29,0 | 6,9 | 20,3 | 3,5 | 64,5 |
| | 2Ck | No hay | 11,0 | 30,3 | 8,5 | 119,8 |

| | | | | | | |
|--|------|------|-----|------|-----|------|
| | 3Ckc | 49,2 | 8,2 | 32,3 | 9,3 | 77,0 |
|--|------|------|-----|------|-----|------|

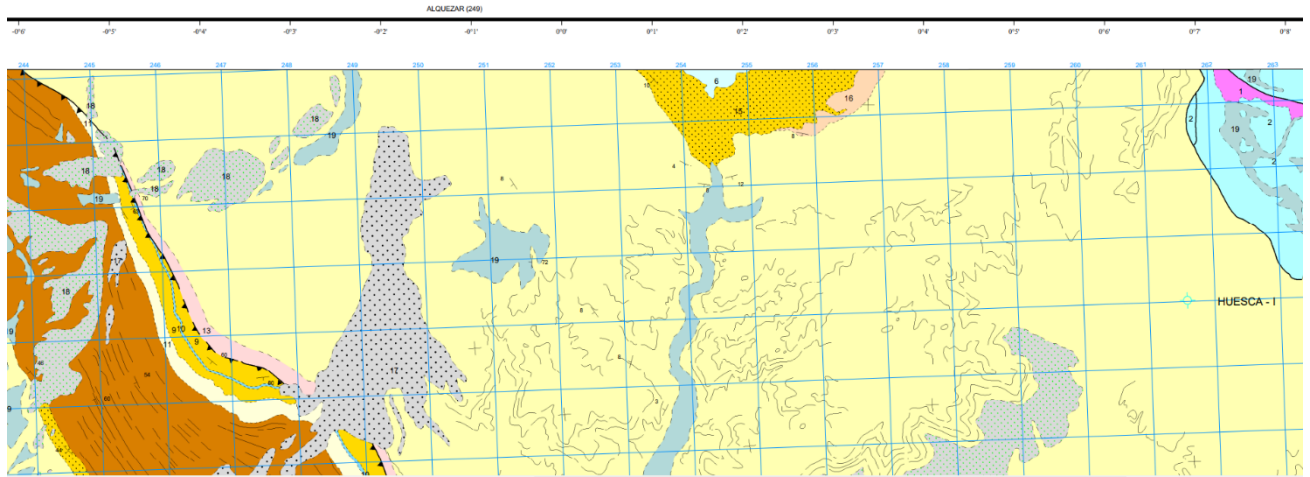
Tabla 46: Resumen de las propiedades físicas de los perfiles analizados

Mapa geológico de la zona estudiada

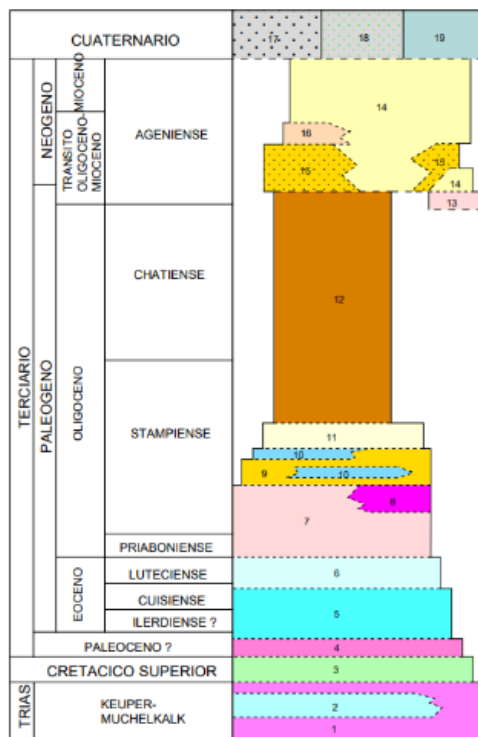


Instituto Geológico
y Minero de España

BARBASTRO



LEYENDA



- 19 Terrazas encajadas y glacis reciente. Depósitos poligénicos.
- 18 Glacis y terrazas colgadas.
- 17 Niveles aluviales altos.
- 16 Alternancias de areniscas y conglomerados.
- 15 Conglomerados.
- 14 Areniscas canalizadas, arcillas y conglomerados con predominio de cantos de cuarzo. (Fm. Sariñena).
- 13 Brechas y conglomerados con predominio de capas de caliza, y areniscas groseras. (Brecha de Azfor).
- 12 Canales de areniscas pardas y arcillas rojas. (Fm. Peraltilla, parte superior).
- 11 Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas y algunas capas de caliza. (Fm. Peraltilla, parte inferior).
- 10 Calizas lacustres.
- 9 Arcillas, areniscas, calizas y yesos. (Sistema deposicional inferior de Peralta).
- 8 Yesos masivos.
- 7 Arcillas, yesos y algunas capas de areniscas. (Fm. Yesos de Barbastro).
- 6 Calizas de alveolinas.
- 5 Calizas grises con microcodium en los tramos basales.
- 4 Arcillas rojas.
- 3 Calizas masivas.
- 2 Calizas grises.
- 1 Arcillas rojas y yesos.

Ilustración 27: Mapa geológico de la zona estudiada (Instituto Geológico y Minero)

Todos los perfiles analizados corresponden a (14): Areniscas canalizadas, arcillas y conglomerados con predominio de cantos de cuarzo.

