



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS**

Grado en Enología

La utilización de monolitos de suelo
para identificar las características del
terroir.

Estudiante: José Esteban Sanz

Tutor: Francisco Lafuente Álvarez

Febrero de 2025

ÍNDICE

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVE	1
ABSTRACT	2
KEYWORDS.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1. Localización.....	7
3.2. Extracción del monolito.....	8
3.3. Análisis físico-químicos.....	10
3.4. Estudio climático	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1. Estudio climático	13
4.2. Extracción del monolito.....	17
4.3. Análisis físico-químicos.....	19
5. CONCLUSIONES.....	25
6. BIBLIOGRAFÍA	26

RESUMEN

Este estudio aborda la caracterización de suelos vitícolas situados al norte de la Denominación de Origen Rueda mediante la extracción de dos monolitos de suelo, con el objetivo de comprender el papel del suelo en el “terroir” vitivinícola. Se seleccionaron perfiles representativos de dos parcelas ubicadas en Villanueva de Duero y Serrada, municipios con un gran porcentaje del viñedo de la Denominación de Origen. Se realizaron análisis de los distintos horizontes de suelo, evaluando parámetros como textura, pH, conductividad eléctrica, carbonatos totales, materia orgánica y propiedades hídricas. Los resultados muestran suelos con textura arenosa o franco-arenosa, con horizontes más arcillosos en las capas más profundas que mejoran la retención hídrica; estas características unidas a un contenido de elementos gruesos elevado favorecen el drenaje y obliga a las raíces de la vid a explorar los horizontes más profundos y arcillosos donde existe una mayor retención de agua. Finalmente, los monolitos se extrajeron aplicando un método adecuado para perfiles con altos contenidos de elementos gruesos, y fueron estabilizados, resultando una herramienta educativa y de comunicación visual eficaz para representar fielmente la estructura y composición de los suelos y proporcionar información esencial para la gestión del viñedo y la valorización del “terroir” en esta región.

PALABRAS CLAVE

Suelo vitícola, monolitos de suelo, terroir, Denominación de Origen Rueda, elementos gruesos, propiedades hídricas.

ABSTRACT

This study deals with the characterisation of vineyard soils located in the north of Rueda Denomination of Origin by extracting two soil monoliths, with the aim of understanding the role of soil in the viticulture terroir. Representative profiles were selected from two plots located in Villanueva de Duero and Serrada, villages with a large percentage of the vineyards in the Denomination of Origin. Physical-chemical and textural analyses of the different soil horizons were carried out, evaluating parameters such as texture, pH, electrical conductivity, total carbonates, organic matter and water properties. The results show soils with sandy or sandy loam texture, with more clayey horizons in the deeper layers that improve water retention. These characteristics, together with a high content of coarse elements, favor drainage and force the vine roots to explore the deeper, clayey horizons where there is greater water retention. Finally, the monoliths were extracted using a suitable method for profiles with high coarse element content, stabilised and proved to be an effective educational and visual communication tool to faithfully represent the structure and composition of the soils, providing essential information for vineyard management and the valorisation of the “terroir” in this region.

KEYWORDS

Vineyard soil, soil monoliths, terroir, Rueda Denomination of Origin, coarse element, water properties.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema complejo, dinámico y tridimensional que se forma a partir de la descomposición de materiales rocosos (roca madre) y la acumulación de materia orgánica, en interacción con factores climáticos, biológicos, topográficos y el tiempo. Este sistema está compuesto por fase sólida (minerales y materia orgánica), líquidas (agua y solutos) y gaseosas (aire y otros gases), que interactúan con equilibrio dinámico. El suelo sirve como soporte físico y químico para las plantas (la vid), alberga una gran biodiversidad microbiana, regula el ciclo hidrológico, y actúa como filtro y reservorio de nutrientes (Montes, F.A.O., 1996).

Dentro de la enología además del suelo es muy común referirse a otro concepto que es el “terroir” (en español terruño). La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) define al “terroir” vitivinícola como un concepto que se refiere a un espacio sobre el cual se desarrolla un saber colectivo de las interacciones entre un medio físico y biológico identificable y las prácticas vitivinícolas aplicadas, que confieren unas características distintivas a los productos originarios de este espacio. El “terroir” incluye las características específicas del suelo, de la topografía, del clima del paisaje y de la biodiversidad (RESOLUCIÓN OIV/VITI 333/2010).

El sector vitivinícola en España tiene una importancia muy relevante dentro de las industrias agroalimentarias en términos económicos, sociales y medioambientales. España posee 930.000 hectáreas de este cultivo (el 13 % de la superficie a nivel mundial), repartidas por toda la geografía española. El sector vitivinícola español aporta al PIB 20.330 millones de euros y genera aproximadamente 363.980 empleos (OIVE 2023).

La Denominación de Origen Rueda se sitúa en la Comunidad de Castilla y León; los municipios que la integran se sitúan al sur de la provincia de Valladolid, al oeste de Segovia y al norte de Ávila. En estos municipios se encuentran amplias terrazas aluviales y diluviales en los márgenes de los ríos que atraviesan el territorio, el Duero y sus afluentes Trabancos, Zapardiel y Adaja. (D.O. Rueda, 2024). Las tierras de esta Denominación de Origen soportan inviernos fríos y muy largos, primaveras cortas con heladas tardías y veranos calurosos y secos, sólo alterados por inoportunas tormentas. Este factor obliga a buscar sus recursos hídricos en horizontes profundos del subsuelo, más que en otras zonas de Europa. La

diferencia de temperaturas entre el día y la noche es el secreto del equilibrio entre el azúcar que gana la uva con el sol y la acidez que no pierde durante la fresca nocturnidad. Por su latitud la D.O. Rueda queda enclavada en el ámbito mediterráneo, sin embargo, por su altitud se declara de influencia continental. La temperatura media anual es de 11,5° C y hay grandes contrastes térmicos, propios de un clima continental, la oscilación anual es de unos 17° C. Las máximas extremas son del orden de los 37° C y las mínimas de -6° C a -10° C, con un periodo libre de heladas que va desde finales de abril a mediados de octubre (180 días). La precipitación es del orden de 400 a 430 mm, los días de lluvia oscilan de 70 a 85. Los inviernos son duros, con niebla en los valles de los ríos y heladas en la meseta. Los veranos son cálidos y secos, con fuerte insolación (ITACyL, 2023).

En los municipios más al norte de la Denominación de Origen Rueda, el viñedo se sitúa en suelos de gravas de forma mayoritaria, acompañados por los francos y francolimosos que recubren el fondo de los pequeños valles; y en las campiñas más meridionales, el viñedo se cultiva sobre suelos arenosos al sur de Medina del Campo. Estos suelos se clasifican como cambisoles, luvisoles o arenosoles, atendiendo a su diversa génesis, sustrato geológico y evolución (Esteban, 2015).

Las zonas de la Denominación de Origen Rueda con mayor presencia de viñedo presentan suelos denominados cambisoles eútricos, típicos de las terrazas a 720-740 m.s.n.m. Estos suelos presentan en su horizonte superior abundantes gravas redondeadas de cuarcitas y textura arenosa, en torno al 70 % de arena; por las laderas que unen las distintas terrazas aparecen fluvisoles y luvisoles de textura franco arenosa, franca y franco limosa, donde se han implantado viñedos en los últimos veinte años al ser un cultivo muy rentable en la zona; por último, en las zonas más al sur de la provincia de Valladolid y las zonas de Segovia y Ávila el viñedo se encuentra en suelos muy arenosos (arenosoles), donde el resto de cultivos tienen muy difícil su desarrollo (ITACyL, 1988).

El suelo es un parte muy importante dentro del concepto del “terroir”. En la mayoría de los “terroir” conocidos por su alta calidad, existen factores limitantes como el déficit de agua, porque la capacidad de retención de agua de los suelos es baja. Esto se puede deber a un alto contenido en gravas o un suelo poco profundo (Van Leeuwen et al. 2006). La calidad de los “terroir” se explica mejor considerando las propiedades físicas de estos (arquitectura,

estructura, porosidad, permeabilidad, etc) y sus consecuencias en el desarrollo de las raíces y la regulación del suministro de agua de la vid (Seguin, 1986). Diferentes estudios han llevado a la creación de modelos para caracterizar los distintos “terroir” y en todos ellos el estudio del suelo es una parte principal en el desarrollo de estos modelos (Bodin et al. 2006; Morlat et al. 2001).

“Monolito de suelo” es el nombre que se da a una muestra recolectada de un perfil de suelo que se ha conservado en su estado natural intacto. Una de las principales ventajas de los monolitos de suelo es que son portátiles y permiten comparar, examinar y discutir varios suelos en un mismo lugar, sin tener que visitar sitios alejados (Haddad et al. 2009). Los monolitos de suelo son representaciones útiles, casi perfectas, de los suelos como aparecen en el campo y pueden ser más ilustrativos que las fotografías para revelar la estructura y el color del suelo (Wessel et al. 2017). También, son lo suficientemente pequeños y portátiles como para que sean comparados en un museo o clase para demostrar los cambios y características de los suelos (Lawrie et al. 2010). La utilización de monolitos para representar los suelos de una región vitivinícola ofrece un recurso gráfico muy interesante, ya que permite mostrar con fidelidad la estructura y los horizontes del suelo en su estado natural, destacando su estructura, textura y composición, sustituyendo así los expositores transparentes donde se añade suelo alterado por capas, que es usado por algunos museos y bodegas, pero que no reflejan la complejidad y heterogeneidad del perfil edáfico original.

Existen distintos métodos para la extracción de monolitos de suelo dependiendo de la composición del suelo (arenoso, arcilloso, pedregoso). En la mayoría de los métodos la porción de suelo que se procede a extraer se adhiere por medio de algún adhesivo (resina acrílica, adhesivos epoxi, yeso) a una tabla o marco de madera (aunque puede usarse también metal o pvc). Para ayudar a la fijación de los dos elementos en algunos métodos se utilizan clavos (Barahona et al. 1999). Una vez que se extrae el monolito y se transporta al laboratorio se procede a su limpieza. Por último, para ayudar en la preservación del monolito (evitar derrames de suelo y fracturas) se aplica a toda la superficie algún adhesivo transparente muy diluido para que penetre en el interior del monolito (Day 1968, Van Baren et al. 1979, Belohlavy 1994, Barahona et al. 1999).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es la extracción de dos monolitos de suelo en la zona vitícola norte de la D.O. Rueda (Serrada y Villanueva de Duero) y analizar el uso e interés de estos monolitos para identificar las características del “terroir”.

Este estudio también tiene unos objetivos específicos:

- Estudiar las diferentes metodologías de obtención de los monolitos de suelo y encontrar la más adecuada para las características de los perfiles de suelo estudiados.
- Analizar las características físicas del suelo, caracterizando la textura, el porcentaje de elementos gruesos y las propiedades hídricas del suelo.
- Analizar las características químicas del suelo, midiendo el pH, la conductividad eléctrica, presencia de carbonato cálcico y la materia orgánica total.
- Identificar y nombrar los distintos horizontes de los perfiles estudiados.
- Evaluar cómo influyen las características del suelo y por tanto el “terroir” en los viñedos de la zona.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El ensayo experimental se realizó el año 2024 en dos viñedos situados al norte de la Denominación de Origen Rueda:

- Viñedo de 3,5659 ha cv. Verdejo plantado en 1989 (35 años), Pago de Valdesendero en el término municipal de Villanueva de Duero, provincia de Valladolid, España (41°28'39"N, 4°51'55"O), ubicado a 741 m de altitud.
- Viñedo de 4,2119 ha cv. Viura plantado en 1982 (42 años), Pago El Francés (Alonso) en el término municipal de Serrada, provincia de Valladolid, España (41°28'44"N, 4°52'07"O), ubicado a 730 m de altitud.

Estos viñedos fueron elegidos por su antigüedad porque en la mayoría de los viñedos modernos de la zona previamente a su plantación se realiza un volteo de horizontes para un mejor desarrollo de las cepas de en torno a 1 metro de profundidad por lo que el suelo es modificado, en cambio, estos suelos no han sido modificados más que por el laboreo del horizonte más superficial, 20-25 cm de profundidad.

Se procedió a la apertura de 4 calicatas para seleccionar los perfiles más interesantes y representativos de la zona, 3 en el Pago el Francés y 1 en el Pago de Valdesendero. Las dimensiones de las calicatas son aproximadamente de 2,5 m de largo × 1 m de ancho × 1,2-2 m de profundidad. Se eligieron dos de ellas, una de cada pago, para la extracción de dos monolitos por ser muy representativas del tipo de suelo de la zona. Se realizaron análisis físico-químicos de 3 de los perfiles, los dos de los que se ha extraído monolito y otro en el que se observó la presencia de un horizonte de color blanco de origen calizo, ya que la presencia de afloramientos calizos en las zonas más altas también es característico de los suelos en la D.O. Rueda (D.O. Rueda, 2024).

No se realizó una descripción de las calicatas abiertas debido a que se ha intentado reflejar en los monolitos preparados la mayoría de las características que se recogen habitualmente en ésta, intentando mantener y revelar aspectos como la presencia de raíces (en su número y diferentes tamaños) o la estructura de los agregados (forma y tamaño); otras características como color o separación de horizontes son visibles en los monolitos.

3.2. Extracción del monolito

Uno de los objetivos de este estudio es la selección del mejor método de extracción de monolitos de suelo para las características de los suelos estudiados en la D.O. Rueda. Como se ha explicado en la introducción existen varios métodos desarrollados a lo largo del siglo XX (Vrbek, 2013).

El método seleccionado para la extracción de los monolitos es el de Barahona e Iriarte (1999) esto se debe a que está específicamente indicado para suelos con un porcentaje elevado de gravas como es el caso de ambos perfiles elegidos que son los más representativos de la zona. A continuación, se explica el procedimiento del método, las pequeñas variaciones realizadas y los materiales utilizados.

- 1- **Preparación y estabilización del perfil.** Una vez elegidos los perfiles representativos, se prepara la superficie dejándola lo más plana posible y se aplica una dilución de cola blanca (1 parte de cola blanca y 2 de agua). Como la superficie está poco cohesionada se aplicó con un espray por la superficie del perfil.
- 2- **Preparación de la tabla.** Se corta una madera contrachapada de 1,5 cm de grosor, 30 cm de ancho y la altura del perfil que se vaya a extraer, en nuestro caso 130 cm. Se atornilla en la parte baja de la tabla un trozo de madera de unos 10 cm de manera perpendicular, para que al extraer el perfil se eviten deslizamientos de tierra y sea más fácil de transportar (esta es la única aportación propia al método de extracción de partida). En la superficie que se va a colocar tocando el perfil se insertan clavos de 25 mm de longitud en intervalos de 5-10 cm; esto nos ayudará a una mejor adherencia del yeso en el siguiente paso.
- 3- **Pegado de la tabla al perfil del suelo.** Se coloca la tabla en el perfil y pegamos los laterales al perfil con pasta de yeso; de esta manera dejamos una ranura de 10-15 mm en la parte superior, por donde echamos una lechada de yeso (debe tener una textura cremosa, pero que tenga capacidad de fluir entre los clavos) se llena la ranura poco a poco, preparando varias lechadas para que la lechada de yeso fluya bien, dé tiempo a que se seque y así no aumentar mucho la presión que puede provocar fugas en los bordes del yeso colocados anteriormente.

- 4- **Retirada del monolito del perfil.** Una vez que el yeso se haya secado (unos 30 minutos) se va excavando en el perfil para retirar el monolito, como máximo de unos 10 cm de grosor para evitar un peso excesivo. Cuando el suelo es demasiado húmedo o arenoso como es nuestro caso, se debe de sujetar con un vendaje el monolito a la tabla según se va excavando para evitar derrumbes (FIGURA 3.1).



FIGURA 3.1. Sujeción del monolito con vendaje.

- 5- **Estabilización y finalización del monolito.** Cuando se extrae el monolito suele tener irregularidades, ser más grueso en un lugar que en otro y en nuestro caso al existir horizontes arenosos, tener mucha inestabilidad en esta etapa se solucionan estos problemas. Se nivela y se disminuye el grosor del monolito con una paleta, se limpia el monolito y también se rocía con cola blanca diluida (1 parte de cola blanca y 3 o 4 de agua destilada) (FIGURA 3.2). La cola elegida no debe hacer que el suelo tenga una capa brillante, pero sí que le dará una apariencia, en la superficie, de suelo húmedo.



FIGURA 3.2. Procesos de estabilización del monolito. A la izquierda disminución del grosor del monolito. En el centro, limpieza del monolito. A la derecha, aplicación de cola diluida.

3.3. Análisis físico-químicos

Antes de llevar a cabo los análisis físico-químicos realizamos en campo una identificación de los distintos horizontes presentes en los perfiles estudiados. En cada uno de ellos se identificaron 6 horizontes.

Las muestras de cada horizonte fueron recogidas de forma representativa siguiendo el protocolo publicado en el B.O.E. del 14 de octubre de 1981 sobre “Toma de muestras de suelo para Fertilidad, Prospecciones edafológicas y Suelos afectados por salinidad” (BOE, 1981). Cogemos muestra a lo largo de todo el horizonte, en torno a 1 kg de muestra en los horizontes con menos presencia de elementos gruesos y 3 kg en los horizontes con mayor presencia de elementos gruesos, para poder obtener el porcentaje de elementos gruesos con mayor precisión.

El suelo una vez muestreado se preparó para los análisis, primero se secó al aire sobre papel de periódico y luego se hizo pasar la muestra por tamices de distintos tamaños (20 mm, 10 mm, 5 mm y 2 mm). De esta manera determinamos el porcentaje en peso de elementos gruesos y tierra fina.

A continuación, se indican los análisis físico-químicos realizados y los métodos seguidos (TABLA 3.1). Los métodos utilizados son los propuestos en las prácticas de edafología de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia, basados en los métodos oficiales del MAPA (1994), y todos los análisis fueron realizados en el laboratorio de Química Agrícola de la misma Escuela.

TABLA 3.1. Análisis realizados y métodos utilizados en el laboratorio.

	Análisis	Métodos
Físicos	Porcentaje de elementos gruesos	Balanza (precisión 0,1 g)
	Textura (USDA)	Pipeta de Robinson
	Capacidad de campo	Equipo de pF = 2,5 (caja de caolín)
	Coefficiente de marchitamiento	Equipo de pF = 4,2 (de presión)
	Humedad tras percolación	Tubo de percolación
	Humedad higroscópica	Secado en estufa a 105-110 °C
Químicos	pH	Potenciometría
	Conductividad eléctrica	Conductimetría
	Carbonatos totales	Gasometría en Calcímetro de Bernard
	Materia orgánica total	Método de Walkley y Black

A continuación, se definen brevemente las propiedades hídricas del suelo que se analizaron en el laboratorio:

- Capacidad de campo: Es la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la transmisión del agua través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro. Este concepto se aplica a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido. Este parámetro varía según la textura del suelo, los suelos arcillosos tienen mayor capacidad de campo que los arenosos.
- Coeficiente de marchitamiento: Es el contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua útil a causa del cultivo y, por tanto, el agua que permanece en el suelo ya no está disponible para el mismo. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Está muy relacionado con la textura y la capacidad de las partículas del suelo para retener agua contra la fuerza de las raíces de las plantas.
- Humedad tras percolación: Es el contenido de agua que queda en el suelo tras saturación por capilaridad y posteriormente drenaje libre. Este parámetro es fundamental para evaluar las pérdidas de agua por lixiviación, especialmente en suelos arenosos.
- Humedad higroscópica: Es la cantidad de agua que permanece en el suelo como una capa delgada alrededor de las partículas del suelo y que no puede ser extraída por las

plantas. Esta agua está ligada por fuerzas de atracción molecular muy fuertes y representa una proporción fija del peso seco del suelo.

3.4. Estudio climático

La vid tiene unas exigencias climáticas determinadas, es fundamental para el desarrollo de las cepas la temperatura, la insolación y las lluvias, sin olvidar el clima local o el mesoclima y microclima que se produce al nivel de las cepas. A continuación, se indican los índices climáticos calculados que evalúan la zona estudiada:

- Índices de carácter general.
 - o Índice de Lang.
 - o Índice de Emberger.
- Índices de vocación vitícola.
 - o Integral térmica eficaz de Winkler y Amerine.
 - o Producto Heliotérmico de Branas, Bernon y Levadoux.
 - o Índice de Huglin.
 - o Índice de frío nocturno (IFN).

Para realizar el estudio climático se utilizó la base de datos de dos observatorios de la Agencia estatal de meteorología (Aemet), ambos muy cercanos a la zona de estudio y con altitud similar. Los datos de precipitación se obtuvieron de la estación pluviométrica 2461 situada en Matapozuelos (Longitud: 447382, Latitud: 412446, Altitud: 730 msnm) en el periodo comprendido entre 1989 y 2019 (31 años). Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación termopluviométrica 2507Y situada en Rueda (Longitud: 457552, Latitud: 412528, Altitud: 715 msnm) en el periodo comprendido entre 2004 y 2019 (15 años).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio climático

En la siguiente tabla (TABLA 4.1) se ofrece un resumen de los datos de temperatura y precipitación mensual más importantes, estos valores se han utilizado para el cálculo de los índices climáticos. Las abreviaturas corresponden a los siguiente datos:

- Ta. Temperatura máxima absoluta.
- Ta'. Temperatura media de máximas absolutas.
- T. Temperatura media de máximas.
- tm. Temperatura media.
- t. Temperatura media de las mínimas.
- ta'. Temperatura media de mínimas absolutas.
- ta. Temperatura mínima absoluta.
- Pm. Precipitación media.

TABLA 4.1. Resumen de temperaturas y precipitación.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ta	15,6	21,4	25,5	30,1	34,9	39,5	38,7	39,3	38,3	31,1	22,6	17,5
Ta'	13,8	16,9	21,4	25,9	30,2	35,6	36,9	36,7	33,2	27,4	19,6	14,8
T	8,2	10,8	14,7	18,0	22,3	27,3	31,0	30,6	26,6	20,4	12,4	8,8
tm	4,3	5,5	8,5	11,7	15,3	19,7	22,5	22,1	18,8	14,0	7,9	4,7
t	0,3	0,1	2,2	5,3	8,3	12,0	14,1	13,6	11,0	7,5	3,3	0,6
ta'	-5,5	-4,4	-4,1	-0,6	2,5	6,1	8,9	8,1	5,2	0,7	-3,4	-5,9
ta	-8,2	-8,5	-8,4	-3,6	-0,5	3,9	5,6	5,9	3,1	-2,4	-9,7	-8,6
Pm	42,8	26	30,4	43,4	46,4	25,9	12,3	13,7	25,7	55,8	50,1	46,2

- **Índices de carácter general**
 - o **Índice de Lang.**

$$I = \frac{\text{Precipitación media anual}}{\text{Temperatura media anual}} = \frac{418,7 \text{ mm}}{12,9 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 32,4 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

TABLA 4.2. Correspondencia entre índice de Lang y clima.

Índice de Lang	Clima
0-20	Desierto
20-40	Áreas áridas
40-60	Estepa y sabana
60-100	Templado cálido
100-160	Templado húmedo
>160	Húmedo

El índice de Lang calculado en Ec. 4.1 y la correspondencia con la TABLA 4.2 nos indica que estamos ante un clima árido.

○ **Índice de Emberger o coeficiente pluviométrico.**

Tipo de clima: Mediterráneo templado, muy cerca del límite con el mediterráneo semiárido (Ec. 1.2).

$$Q = \frac{K \times P}{T_{12}^2 - t_1^2} = 43,7 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

K: constante = 100

Donde: P (precipitación media anual en mm = 418,7 mm), T₁₂: (temperatura media mensual máxima más alta = 31,0 °C), t₁: (temperatura media mínima mensual más baja = 0,1 °C).

Tipo de invierno: 0 °C < t₁ < 3 °C, nos indica que el invierno es fresco con heladas frecuentes.

Forma: Estudiamos la estación en la se da el máximo de precipitaciones (TABLA 4.3). El mayor número de precipitaciones se da en otoño.

TABLA 4.3. Forma del Índice de Emberger.

Invierno	Primavera	Verano	Otoño
115	120,2	51,9	131,6

Resumimos las clasificaciones del Índice de Emberger a continuación (TABLA 4.4):

TABLA 4.4. Resumen del Índice de Emberger.

Tipo de clima	Mediterráneo templado, cerca del mediterráneo semiárido
Tipo de invierno	Fresco con heladas frecuentes
Forma	Otoño

- **Índices de vocación vitícola**

○ **Índice de Winkler y Amerine.**

Para calcular este índice necesitamos calcular la suma térmica (GDD) y Temperatura en el periodo de crecimiento (GST). La temperatura eficaz (Te) es la que está por encima de la temperatura base y con la temperatura activa (Ta) la planta desarrolla su ciclo vegetativo. La temperatura base son 10°C.

A continuación, vamos a calcular con las siguientes ecuaciones el inicio del periodo activo (Ec. 4.3) y el fin del periodo activo (Ec. 4.4)

$$\frac{8,45 - 11,66}{31} = \frac{8,45 - 10}{x}; x \approx 15 \text{ días} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$\frac{14,01 - 7,89}{31} = \frac{14,01 - 10}{x}; x \approx 20 \text{ días} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

- Inicio del periodo activo: 15 abril - 15 días = 1 abril
- Fin del periodo activo: 15 octubre + 20 días = 4 noviembre
- Duración del periodo activo: 188 días.
- Temperatura eficaz (Te). Calculada en Ec. 1.5 y Ec. 1.6.

$$T_e = T_a - 10; \text{ como } T_m > 10^\circ\text{C}; T_e = T_m - 10 \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$T_{e \text{ anual}} = \sum T_{m_{\text{mes}}} \times n^\circ \text{ días de mes} = 1675 \quad (\text{Ec. 4.6})$$

- Temperatura media de crecimiento: 1 abril a 31 octubre. Calculada en Ec. 4.7.

$$tm (\text{abril} - \text{octubre}) = 17,74 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Con los cálculos realizados el índice de Winkler clasifica la región del estudio en la Región III, ya que GDD es muy cercano a 1667°C y $17^\circ\text{C} < \text{GST} = 17,74^\circ\text{C} < 19^\circ\text{C}$. Los climas de la Región III tradicionalmente pueden producir una alta producción de vino de calidad estándar y buena.

○ **Producto Heliotérmico de Branas, Bernon y Levadoux.**

Se define como el producto de la suma de temperatura eficaces durante el periodo activo de vegetación (Te anual) por la suma de horas de luz durante el periodo activo de vegetación (H), y multiplicado por 10^{-6} .

$$I = T_{e \text{ anual}} \times H \times 10^{-6} = 1675 \times 3016 \times 10^{-6} = 5,05 \quad (\text{Ec. 4.8})$$

Con el cálculo del producto Heliotérmico de Branas, Bernon y Levadoux (Ec. 4.8.) y la correspondencia con la TABLA 4.5. nos muestra que en el área de estudio pueden desarrollarse variedades de hasta 4ª época, lo cual corresponde a una duración del ciclo mayor de 185.

TABLA 4.5. Clasificación heliotérmica por tipo de variedades.

Variedades	Maduración (Días)	I	Duración del ciclo (Días)
Precoces	<5	< 2,80	< 145
1ª Época	Temprana 5	2,80	146 - 155
	Tardía 10	3,10	
2ª Época	Temprana +10	3,25	156 - 170
	Media +15	3,40	
	Tardía +20	3,55	

3ª Época	Temprana +25	3,71	171 - 185
	Media +30	3,86	
	Tardía +35	4,02	
4ª Época	Temprana +40	4,18	> 185
	Media +45	4,33	
	Tardía +50	4,50	

○ **Índice de Hugling**

Este índice permite evaluar las posibilidades heliotérmicas de un medio vitícola. Relaciona las temperaturas medias diarias eficaces con las temperaturas máximas diarias y eficaces y con un coeficiente de latitud en el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 30 de septiembre. Se calcula mediante la siguiente ecuación (Ec. 4.9):

$$IH = \sum_{1\text{ abr}}^{30\text{ set}} [(tm - 10) + (Tm - 10)] \times K/2 \quad (\text{Ec. 4.9})$$

Donde: tm (temperatura media diaria), T (temperatura media de máximas), K (coeficiente de latitud). En la zona de estudio K=1,02.

Para que una zona sea apta para el cultivo de la vid, su Índice de Hugling debe estar entre 1500 y 2400.

$$IH = 148,4(\text{abril}) + 278,3(\text{mayo}) + 413,1(\text{junio}) + 529,6(\text{junio}) + 517,0(\text{julio}) + 388,6(\text{agosto}) = 2275 \quad (\text{Ec. 4.10})$$

Como $1500 < IH < 2400$ el área estudiada es apta para el cultivo de la vid.

○ **Índice de Frío Nocturno (IFN)**

Es un índice climático vitícola desarrollado para estimar las condiciones térmicas nocturnas asociadas al periodo de maduración de las uvas. En este caso el periodo es el mes de septiembre.

$$IFN = t_{\text{septiembre}} = 11,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

TABLA 4.6. Clasificación del tipo de noches según el Índice de frío nocturno (IFN)

Tipo de noches	Intervalo de temperatura (IFN)
Noches muy frías	<12
Noches frías	12 - 14
Noches templadas	14 - 18
Noches cálidas	>18

Tras calcular el Índice de frío nocturno (Ec. 4.11.), la correspondencia con la TABLA 4.6 nos indica que las noches en el periodo de maduración son muy frías.

4.2. Extracción del monolito

Tras el estudio de los distintos métodos de extracción se eligió el desarrollado por Barahona e Iriarte (1999). Este método fue probado en los perfiles de suelo elegidos para su extracción. A continuación, se explican los distintos problemas observados en la extracción de ambos monolitos, las variaciones realizadas del método y las peculiaridades de los suelos extraídos.

El primer monolito se extrajo del perfil del viñedo del Pago de Valdesendero. El método de extracción del suelo en este caso se cumplió paso a paso, pero hubo un par de errores que llevaron a la fragmentación de la parte inferior del monolito en los horizontes más arenosos; los fragmentos fueron unidos posteriormente con yeso y cola blanca. El principal error que llevó al desmoronamiento del monolito fue no vendar correctamente el material según se iba retirando de la tierra, como indica el paso 4 del método seguido. Este monolito fue reconstruido posteriormente, manteniendo el principio de la elaboración de monolitos que es la representación del perfil del suelo de forma natural, tal y como se encuentra en la naturaleza.

El segundo monolito se extrajo del perfil del viñedo del Pago de El Francés (Alonso). La extracción se realizó en días posteriores lo que permitió realizar variaciones en el método seguido para evitar el derrumbe del monolito como ocurrió en el primer caso. Se realizaron dos variaciones al método:

- La colocación de una tabla de 10 cm de largo, en la parte inferior de la tabla donde se adhiere el perfil del suelo y perpendicular a ésta (a modo de base); esta modificación tiene como objetivo aumentar el agarre del perfil del suelo a la tabla y dificultar así los posibles derrumbes; también facilita el desplazamiento del monolito de un lugar a otro.
- Aplicación de una fina capa de yeso al perfil al tratarse de un suelo muy arenoso y por tanto inestable (FIGURA 4.1.). La aplicación de cola, que indica el método, resultaba bastante eficaz, pero insuficiente.

En la extracción de este monolito se hizo especial énfasis en el vendaje del monolito a la tabla, al haberse desmoronado el anterior por un error en este paso.



FIGURA 4.1. Aplicación de una fina capa de yeso en el perfil.

Una vez se extrajeron los monolitos, se redujo su grosor para que fueran más ligeros y se pudieran transportar más fácilmente. A continuación, se limpió y se aplicó cola diluida para unir las partículas que estaban sueltas en la superficie del monolito.



FIGURA 4.2. A la izquierda monolito del pago de Valdesendero. A la derecha monolito del pago de El Francés (Alonso 1).

4.3. Análisis físico-químicos

El suelo es el soporte físico sobre el que se asienta la viña y se desarrolla la actividad radicular de las mismas. Es un sistema vivo que engloba materiales en estado sólido, líquido y gaseoso que tienen gran importancia en la nutrición vegetal. Es un medio complejo, dinámico y heterogéneo que interactúa con las raíces de la vid. Por esto, se realizó un pequeño estudio para caracterizar el suelo de las parcelas de donde se extrajeron los monolitos.

En este estudio se analizaron muestras extraídas de los distintos horizontes identificados, clasificándolos desde la superficie hasta una profundidad de 120-150 cm. Este análisis incluye propiedades físico-químicas como textura, pH, conductividad eléctrica, carbonatos totales, capacidad de retención de agua y contenido de materia orgánica, además de la proporción de elementos gruesos. Estas características determinan el comportamiento del suelo frente a las prácticas de manejo agrícola, el régimen hídrico y la fertilidad, factores críticos para la calidad de las uvas y la productividad del viñedo, estos dos parámetros son muy importantes para conocer el “terroir” de la zona.

En la siguiente tabla (TABLA 4.1) se recoge la profundidad de cada horizonte de las calicatas que fueron seleccionadas para su análisis:

TABLA 4.1. Profundidad de los horizontes de las calicatas analizadas.

Calicata	Horizonte	Profundidad (cm)
VALDESENDERO	Ap	0-20
	A	20-40
	Bt1	40-80
	Bt2	80-120
	BC	120-150
	C	>150
ALONSO 1	Ap	0-20
	A	20-40
	E1	40-60
	E2	60-85
	Bt	85-110
	C	>110

ALONSO 2	Ap	0-20
	A	20-40
	C1	40-70
	C2	70-100
	C3	100-120
	C4	>120

En las siguientes tablas (TABLA 4.2, TABLA 4.3, TABLA 4.4 y TABLA 4.5) se recogen los resultados de los análisis realizados en el laboratorio. A continuación, se realiza una interpretación de estos resultados.

TABLA 4.2. Análisis químicos de los horizontes estudiados.

Calicata	Horizonte	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Carbonatos (% CaCO_3)	Materia orgánica total (%)
VALDESEND ERO	Ap	5,36	40,6	-	0,49
	A	5,80	27,2	-	0,24
	Bt1	6,25	42,2	-	0,14
	Bt2	7,16	25,2	1,0	0,14
	BC	7,35	22,8	0,8	0,12
ALONSO 1	Ap	7,19	33,7	1,4	0,41
	A	5,31	13,2	-	0,21
	E1	6,06	11,0	-	0,13
	E2	5,92	8,0	-	0,06
	Bt	6,15	16,1	-	0,10
ALONSO 2	Ap	8,31	65,0	1,1	0,51
	A	8,33	84,7	0,9	0,24
	C1	8,58	94,1	29,7	0,75
	C2	8,69	77,6	22,1	0,36
	C3	8,58	86,4	12,3	0,24

Se observan variaciones significativas entre las parcelas y los distintos horizontes de las calicatas analizadas (TABLA 4.2):

- El pH varía bastante desde valores ácidos en los horizontes superficiales de Valdesendero y en todos los horizontes de Alonso 1, hasta valores claramente básicos en todos los horizontes de Alonso 2.

- La conductividad eléctrica es muy baja ($< 100 \mu\text{S/cm}$) en todas las muestras analizadas, lo que indica una muy baja salinidad del suelo vitícola de esta zona.
- Los contenidos de materia orgánica son muy bajos ($<1\%$), existe mayor concentración en los horizontes superficiales que en los más profundos principalmente por la adición de abonado orgánico y por la caída de material vegetal.
- El contenido de carbonatos totales solo se realizó en aquellas muestras que arrojaron un pH mayor de 7, la concentración de carbonatos en los horizontes de Alonso 2 son superiores al 20 %. Esta concentración de carbonato de calcio tan elevada es típica de afloramientos calizos en las zonas más altas de las terrazas del río Duero. Esto se tiene que tener en cuenta a la hora de la elección del portainjerto de la vid, que tenga tolerancia a niveles altos de caliza y así evitar posibles carencias nutricionales y clorosis.

TABLA 4.3. Características texturales de los horizontes de los suelos vitícolas estudiados. Todos los porcentajes (%) están referidos en peso a peso (p/p).

Calicata	Horizonte	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura (USDA)
VALDESENERO	Ap	90,2	2,0	7,9	Arenosa
	A	86,3	6,9	6,9	Arenosa
	Bt1	65,6	8,8	25,5	Arcillo arenosa
	Bt2	73,1	7,8	19,1	Franco arcillo arenosa
	BC	81,1	5,0	13,9	Franco arenosa
ALONSO 1	Ap	84,9	9,3	5,9	Franco arenosa
	A	87,0	7,5	5,5	Arenosa
	E1	94,7	1,9	3,4	Arenosa
	E2	97,6	0,5	1,9	Arenosa
	Bt	87,1	2,5	10,4	Arenosa
ALONSO 2	Ap	78,4	9,8	11,8	Franco arenosa
	A	78,1	8,0	13,9	Franco arenosa
	C1	58,3	21,1	20,6	Franco arcillosa
	C2	63,1	20,4	16,5	Franco arcillo arenosa
	C3	71,1	16,7	12,2	Franco arenosa

TABLA 4.4. Porcentaje de elementos gruesos según su diámetro. Todos los porcentajes están referidos en peso a peso (p/p).

	Horizonte	>20mm (%)	10-20mm (%)	5-10mm (%)	2-5mm (%)	>2mm (%)
VALDESEN DERO	Ap	25,5	13,8	7,0	5,6	51,9
	A	21,0	15,3	13,5	10,5	60,3
	Bt1	0,0	0,0	1,3	19,7	20,9
	Bt2	0,0	0,0	1,7	23,4	25,1
	BC	0,0	0,0	1,6	22,6	24,2
ALONSO 1	Ap	15,2	16,8	13,5	12,1	57,6
	A	17,9	16,5	14,6	13,5	62,5
	E1	5,5	18,1	15,9	18,3	57,8
	E2	8,7	16,3	16,9	17,0	58,9
	Bt	8,4	15,9	14,8	18,1	57,2
ALONSO 2	Ap	10,2	7,3	3,2	6,2	26,9
	A	25,1	6,3	1,6	5,3	38,3
	C1	0,0	0,9	0,0	3,6	4,6
	C2	0,0	0,5	0,0	4,9	5,4
	C3	0,0	1,4	1,0	3,8	6,2

En estas tablas (TABLA 4.3 y TABLA 4.4) se recogen los análisis de la caracterización granulométrica de los horizontes estudiados. Se evaluaron parámetros como la proporción de arena, limo y arcilla en la tierra fina, con la que se clasifican los suelos texturalmente según el sistema USDA, y el porcentaje de elementos gruesos (> 2 mm) presentes en cada horizonte y el total. Se pueden observar estas características principalmente:

- La textura predominante de la mayoría de los horizontes es arenosa y franco arenosa, aunque también se observaron texturas con mayor porcentaje de arcilla (Franco arcillosa y franco arcillo arenosa. En general estas texturas nos indican suelos con buen drenaje y horizontes más profundos con mayor capacidad de retención del agua.
- Los horizontes superiores de Valdesendero y Alonso 1 tienen una concentración de elementos gruesos muy alta (>50 %) lo que favorece el drenaje del suelo, esto lleva a que las raíces de la vid necesiten profundizar más para encontrar humedad. En el caso de Alonso 2 la concentración de elementos gruesos en los horizontes superiores (Ap y A) es alto (>25 %), en cambio, los horizontes más profundos tienen menor concentración de elementos gruesos (<10 %) lo que ayuda al almacenamiento de agua en las capas más profundas y que puede aprovechar la vid.

TABLA 4.5. Propiedades hídricas del suelo (Capacidad de campo, coeficiente de marchitamiento, humedad tras percolación, humedad higroscópica) en los horizontes de las parcelas vitícolas estudiadas. Todos los resultados están expresados en porcentaje (%) sobre suelo seco.

Calicata	Horizonte	Capacidad de campo	Coef. de marchitamiento	Humedad tras percolación	Humedad higroscópica
VALDESENDERO	Ap	5,6	3,0	28,3	0,5
	A	5,9	2,8	26,9	0,4
	Bt1	19,1	11,6	51,4	3,6
	Bt2	15,0	8,8	37,4	2,8
	BC	12,5	5,9	35,3	2,1
ALONSO 1	Ap	6,9	2,6	23,9	0,4
	A	6,4	1,9	19,9	0,3
	E1	3,7	0,9	15,6	0,0
	E2	2,0	0,5	18,3	0,5
	Bt	20,7	3,6	23,8	0,8
ALONSO 2	Ap	9,2	4,6	33,8	1,2
	A	10,5	5,7	34,7	1,5
	C1	30,0	15,2	62,6	5,2
	C2	26,6	11,8	54,9	1,9
	C3	7,0	9,3	43,1	2,0

A continuación, se analiza cada parámetro estudiado y su distribución en los horizontes de las parcelas (TABLA 4.5):

- **Capacidad de campo**

- En Valdesendero, se observa un incremento significativo en la capacidad de campo de los horizontes profundos (19,1 y 15% en Bt1 y Bt2 respectivamente), en comparación con los horizontes superficiales (5,6% y 5,9%), esto se debe a un mayor contenido en arcilla en las capas más profundas, lo que aumenta la retención de agua.
- En Alonso 1, la capacidad de campo es baja en casi todos los horizontes (entre 2,0 y 6,9%), excepto en el horizonte Bt (20,7%) que tiene mayor contenido de arcilla.
- En Alonso 2, la capacidad de campo es bastante mayor en los horizontes profundos (30% y 26,6% en C1 y C2 respectivamente), debido a un mayor contenido de arcillas, favoreciendo la retención hídrica.

- **Coeficiente de marchitamiento**
 - En Valdesendero, los valores oscilan entre el 3,0% y el 11,6%, mostrando mayor porcentaje en los horizontes Bt1 y Bt2, esto se debe al existir mayor porcentaje de arcilla en estos horizontes.
 - En Alonso 1, el coeficiente de marchitamiento es bajo (entre el 0,6% y el 3,6%), principalmente por tratarse de horizontes muy arenosos. Estos suelos retienen poca agua, pero prácticamente toda esta disponible.
 - En Alonso 2, se observan valores más elevados en los horizontes profundos (15,2% y 11,8% en C1 y C2 respectivamente), esto se debe a una mayor proporción de agua retenida por las arcillas, que son más abundan en esos horizontes.

- **Humedad tras percolación**
 - En Valdesendero, los horizontes superficiales muestran valores moderados (26,9% y 28,3% en Ap y A respectivamente), mientras que en los horizontes profundos se observan valores superiores, (51,4% y 37,4% en Bt1 y Bt2 respectivamente). Esto nos indica que los horizontes más profundos podrán acumular el agua durante más tiempo y que la vid pueda aprovecharlo.
 - En Alonso 1, la humedad de percolación es muy baja en todos los horizontes, ya que solo supera el 20% en el horizonte Bt, esto nos indica que el drenaje es muy rápido en este perfil.
 - En Alonso 2, los horizontes profundos muestran valores bastante altos (62,6% y 54,9% en C1 y C2 respectivamente), por tanto, el drenaje no será muy rápido en este perfil en sus horizontes profundos, lo que llevará a la vid a tener menos estrés hídrico.

- **Humedad higroscópica**
 - En Valdesendero, los valores son bajos en todos los horizontes (<3,6%), típico de suelos con texturas arenosas o franco arenosas.
 - En Alonso 1, estos valores son aún más bajos (<0,8%), indicando texturas con mayor porcentaje de arena y suelos más permeables.
 - En Alonso 2, los valores son bajos en todos los horizontes (<2,0%) excepto el horizonte C1 que es superior (5,2%).

5. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió profundizar en el conocimiento de los suelos vitícolas al norte de la Denominación de Origen Rueda, empleando monolitos como recurso gráfico para representar las características del perfil del suelo y por tanto una gran parte del “terroir” vitícola de la zona. Los resultados obtenidos destacan las siguientes conclusiones principales:

- Se observaron diferencias significativas en el pH, la estructura y textura de los suelos estudiados, que van desde arenosos en los horizontes superiores hasta franco-arcillosos en los más profundos. Esta variabilidad influye directamente en la capacidad de retención hídrica, el drenaje y la disponibilidad de nutrientes para la vid.
- Los horizontes superiores presentaron altos porcentajes de elementos gruesos en todas las calicatas lo que indica que los suelos analizados tienen gran capacidad de drenaje. El estudio de las propiedades hídricas del suelo mostró que los horizontes superficiales tienen una baja capacidad de retención de agua. Estas características obligan a las raíces de la vid a profundizar hacia horizontes más arcillosos que se sitúan más cerca de la roca madre y así absorber el agua que necesita la vid para su desarrollo.
- La extracción y estabilización de los monolitos permitió representar fielmente la estructura y los horizontes de los suelos, constituyendo una herramienta educativa y de comunicación visual para estudios del “terroir”. El método aplicado, con algunas modificaciones específicas para suelos arenosos y con gravas, resulto eficaz y reproducible.
- Este estudio es útil para optimizar el manejo del viñedo, desde la elección de portainjertos de vid hasta prácticas de riego y fertilización, gracias al estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo, teniendo en cuenta la heterogeneidad del suelo y su influencia.

El estudio confirma la importancia de caracterizar detalladamente los suelos vitícolas como base para la comprensión y gestión del “terroir”, además de resaltar la utilidad de los monolitos como recurso para investigaciones científicas, proyectos educativos y divulgación en la viticultura.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Barahona, E., & Iriarte, A. (1999). A method for the collection of soil monoliths from stony and gravelly soils. *Geoderma*, 87 (3-4), 305-310. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00046-9)
- Belohlavy, F. (1994). Making soil monoliths using White glue as a fixative. *Soil Survey Horizons*, 35: 74-80. <https://doi.org/10.2136/sh1994.3.0074>
- Bodin, F., Morlat, R. (2006). Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou vineyard (France). *Plant Soil* 281, 37-54. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-3768-0>
- BOE (Boletín Oficial del Estado) (1981). Orden de 17 de septiembre de 1981 por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aceites y grasas, aguas, carnes y productos cárnicos, fertilizantes, productos fitosanitarios, leche y productos lácteos, piensos y sus primeras materias, productos orgánicos fertilizantes, plantas, suelos, productos derivados de la uva y similares y toma de muestras. Publicado en “BOE” núm. 246, de 14 octubre de 1981, páginas 24003 a 24034. [https://www.boe.es/eli/es/o/1981/09/17/\(3\)](https://www.boe.es/eli/es/o/1981/09/17/(3))
- Day, J. H. (1968). Making soil monoliths. Canada Department of Agriculture, Publication 1372. <https://atrium.lib.uoguelph.ca/server/api/core/bitstreams/9aa1a9ee-a69d-422a-82e1-cb53be8ad673/content>
- D. O. Rueda (2024). Carácter-Rueda. <https://www.dorueda.com/es/caracter-rueda/>
- Esteban de Íscar, M. (2015). Evolución histórica y transformaciones recientes de la agricultura en Tierra de Medina: la especialización vitícola en la denominación de origen Rueda: Serrada como ejemplo [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid]. Repositorio institucional de la Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/16048>

- Haddad, N. I., Lawrie, R. A., & Eldridge, S.M. (2009). Improved method of making soil monoliths using an acrylic bonding agent and proline auger. *Geoderma*, 151 (3-4), 395-400. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.012>
- ITACyL (1988). Mapa de suelos de Castilla y León, Junta de Castilla y León. <https://suelos.itacyl.es/mapas>
- ITACyL (2023). Pliego de condiciones de la DOP «RUEDA». https://www.itacyl.es/documents/20143/342640/PCC+DOP+RUEDA_Rev+4.1.pdf/1f9d4b81-88a1-6edb-5a5b-ddaf6e16edb4?t=1730195765157
- Lawrie, R., & Enman, B (2010). Using monoliths to communicate soil information. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia (2010), pp. 30-33. https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/396365/Monolith-paper-19th-world-soil-science-congress.pdf
- M.A.P.A. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) 1994. Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riegos. Tomo III. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Montes, F.A.O. (1996). Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas.
- Morlat R. (2001). Terroir viticoles: étude et valorisation. Chaintré: Oenoplurimédia, 118p.
- OIVE (Interprofesional del Vino de España) (2023). La relevancia económica y social del sector vitivinícola en España, 2023. https://interprofesionaldelvino.es/wp-content/uploads/2024/02/Informe-Relevancia-economica-y-social-del-sector-vitivinicola-en-Espana_2023.pdf
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (2010). RESOLUCIÓN OIV/VITI 333/2010 Disponible en: <https://www.oiv.int/public/medias/380/viti-2010-1-es.pdf>
- Seguin, G. (1986). “Terroirs” and pedology of wine growing. *Experientia* 42, 861-873. <https://doi.org/10.1007/BF01941763>

- Van Bare, J. H. V., & Bomer, W. C. W. A. (1979). Procedures for the collection and preservation of soil profiles. International Soil Museum. Technical paper 1. https://www.isric.org/sites/default/files/ISRIC_TechPap1_UK.pdf
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of wine research*, 17(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Vrbek, B. (2013). The preparation method of forest soil monoliths with the use of epoxy resin. *Šumarski list*, 137(11-12), 609-616. <https://hrcak.srce.hr/file/166079>
- Wessel, B. M., Fiola, J. C., Rabenhorst, M. C. (2017). Soil morphology, genesis, and monolith construction of an acid sulfate soil with silica-cementation in the US Mid-Atlantic Region. *Geoderma*, 308, 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.03.023>