

## Geoquímica de los suelos de la D.O. Uclés

### Vineyard soils geochemistry: D.O. Uclés.

Sandra Bravo<sup>1,a</sup>, Francisco Jesús García-Navarro<sup>1</sup>, José Ángel Amorós<sup>1</sup>, Caridad Pérez-de-los-Reyes<sup>1</sup> y Raimundo Jiménez Ballesta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Ronda de Calatrava, 7, 13071 Ciudad Real, España.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, 28049 Madrid, España.

**Resumen.** La D.O. Uclés es una de las más jóvenes de España. Se encuentra situada entre las provincias de Cuenca y Toledo, ocupando una superficie total de viñedo de 1.700 ha. Se han estudiado 17 perfiles de la zona occidental, al Oeste de la Sierra de Altomira, los cuales se muestrearon y clasificaron siguiendo las normas FAO (1996).

Los suelos estudiados se caracterizan por tener: pH alcalino (pH = 8,24), porcentajes de arcilla de un 20%, valores de conductividad eléctrica elevados (0,44 dS/m) y contenidos altos en CaCO<sub>3</sub> (22%). El elemento mayoritario con mayor abundancia relativa es Si (con un valor medio de 196,6 g/kg), seguido por Ca (120,22 g/kg) y Al (63,86 g/kg). Entre los elementos traza llama la atención los elevados contenidos en Sr (445,75 mg/kg) Rb (81,64 mg/kg) y Ba (223,61 mg/kg). Se han podido diferenciar varios grupos de suelos utilizando los contenidos en los elementos químicos anteriores, las características físico-químicas y las elevadas correlaciones entre contenido total de hierro y aluminio con ciertos elementos químicos del grupo de las tierras raras.

**Abstract.** D.O. Uclés is one of the youngest wine quality areas in Spain. It is located between the provinces of Cuenca and Toledo, occupying a total vineyard area of 1,700 ha. We have studied 17 profiles from the western zone, west of the Sierra de Altomira, which were sampled and classified according to FAO standards (1996). The studied soils characteristics are: alkaline pH (pH = 8,24), percentages of clay of 20%, high electrical conductivity values (0,44 dS / m) and high contents in CaCO<sub>3</sub> (22%). The element with more concentration is Si (with a mean value of 196,6 g / kg), followed by Ca (120,22 g / kg) and Al (63,86 g / kg). Among the trace elements, Sr is the more abundant (445,75 mg / kg) followed by Rb (81,64 mg / kg) and Ba (223,61 mg / kg). It has been possible to differentiate several groups of soils using the contents in the previous referenced chemical elements, the physical-chemical characteristics and the high correlations between the total content of iron and aluminium with certain chemical elements of the Rare Earth group.

## 1 Introducción

El suelo es un recurso natural de gran valor. El contenido y la distribución de los elementos químicos dependen de la composición de la roca madre, del clima, de la topografía y del uso y tipo de suelo. El estudio de su composición geoquímica puede servir para evaluar su fertilidad, la posible disponibilidad de nutrientes y aportar información sobre el origen geoquímico del suelo [1] y problemas de toxicidad [2].

La importancia del viñedo en Castilla-La Mancha radica no sólo en su extensión (aproximadamente 500.000 ha)

sino también en las tradiciones y el impacto económico del sector en la Región. Por ello, aparecen diferentes figuras de calidad que intentan acoger la gran diversidad de viñedos existentes en Castilla-La Mancha. Bajo esta premisa se crea, en 2006, la Denominación de Origen (D.O.) Uclés (una de las más jóvenes de España) que cuenta con 1.700 ha dedicadas al cultivo de la vid, ubicada entre las provincias de Cuenca y Toledo.

Una primera aproximación para realizar la zonificación de la D.O., es el estudio de los componentes del suelo se convierte en una herramienta básica para la gestión racional del territorio. Caracterizar los suelos existentes en una determinada zona vitícola nos permite, establecer

un primer paso dentro de la trazabilidad de los productos y recalcar la importancia del “Terroir” para la valoración de los vinos [3, 4].

Con este estudio se pretende caracterizar los suelos estudiados y tener un conocimiento del marco edafológico en el que se desarrollan los viñedos de la D.O. Uclés. A su vez, pretendemos conocer los elementos químicos más abundantes en la zona y su relación con determinados parámetros físico-químicos, se intentará establecer entre ellos relaciones que nos permitan abordar en un paso próximo una zonificación de la D.O. Uclés. Para ello hemos seleccionado un total de 17 elementos químicos (9 elementos mayoritarios: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, Mn; y 8 elementos traza: Sr, Ba, Rb, Ce, Cs, Y, La y Nd.) y 4 parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, contenido en arcilla y contenido en carbonato cálcico).

## 2 Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se han estudiado 17 suelos vitícolas de la zona occidental de la D.O. Uclés, representando aproximadamente un 30% de la superficie vitícola de la zona. Los perfiles fueron muestreados en 2015 y se describieron siguiendo la metodología descrita en las normas FAO [5].

El clima de la zona, siguiendo la clasificación de Papadakis, se considera “mediterráneo templado” [6]. En concreto, la temperatura media de la zona es de 13,3°C. Atendiendo a las precipitaciones la zona presenta unos valores medios de 497 mm anuales, con mayores precipitaciones en municipios situados en altitudes superiores a 900 metros [7]. La descripción geológica de la zona indica que los suelos se desarrollan sobre arcillas yesíferas o yesos sacaroideos [8], caliche, calizas y calizas margosas [9].

Los perfiles fueron abiertos con máquina retroexcavadora. Las muestras de cada horizonte fueron guardadas en bolsas de plástico y etiquetadas para su transporte al laboratorio, donde se dejaron secar durante una semana a temperatura ambiente, extendidas sobre papel secante. Una vez secas, las muestras fueron tamizadas (<2mm) y conservadas para su análisis posterior.

El pH, la conductividad eléctrica y el contenido en carbonato cálcico fueron determinados según los procedimientos descritos por Porta [10], mientras que la textura se obtuvo siguiendo el procedimiento descrito por Gee y Bauder [11]. Los contenidos en elementos mayoritarios y traza se determinaron mediante fluorescencia de Rayos X, utilizando un espectrofotómetro secuencial (Philips Magix Pro con ánodo de Rodio).

Todos los datos obtenidos se sometieron a diferentes análisis estadísticos mediante IBM SPSS 24 (bajo licencia de la Universidad de Castilla-La Mancha).

## 3 Resultados y discusión

A partir de los datos obtenidos podemos decir que los suelos de la D.O. Uclés tienen un pH alcalino, conductividad eléctrica media elevada (por la presencia, en algunas zonas, de sales de yeso), porcentajes elevados de carbonato cálcico y valores normales para la fracción arcilla [8]. Como puede verse en el gráfico 1, los valores de pH se agrupan en un rango muy pequeño siguiendo una distribución normal; por el contrario, podemos observar una asimetría positiva en la distribución de la conductividad eléctrica provocada por la presencia de suelos con unos valores superiores a la media.

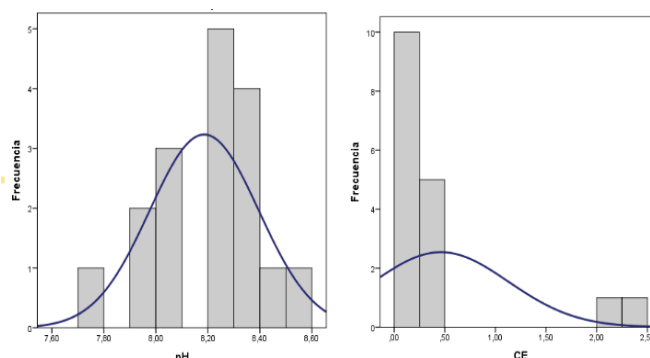


Figura 1. Histograma de los contenidos de pH (izquierda) y Conductividad Eléctrica (dS/m) (derecha) en los suelos estudiados.

Los contenidos en carbonato cálcico y arcilla en los suelos de la D.O. Uclés se comportan como distribuciones normales, aunque los rangos obtenidos para el carbonato cálcico son mayores que los obtenidos para los contenidos en arcilla (Figura 2). En general, los suelos estudiados se caracterizan por tener un contenido en arcilla entre medio y bajo, datos que resultan coherentes con el entorno geológico [8]. Aunque los datos medios obtenidos de  $\text{CaCO}_3$  nos indican que son suelos con elevado contenido en este compuesto, los rangos de variación nos demuestran una gran diferencia de concentraciones, por lo que podremos diferenciar entre suelos de origen calizo y suelos que no lo son [12].

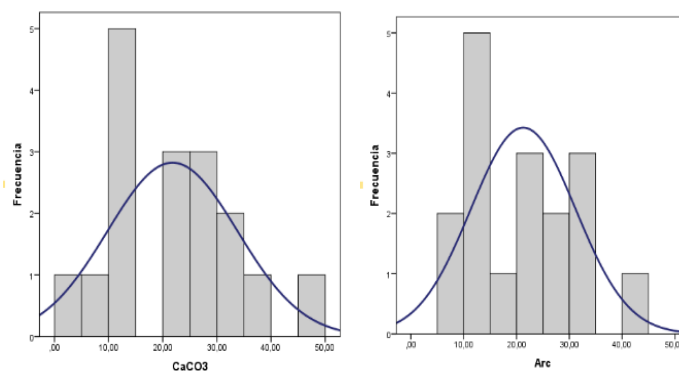


Figura 2. Histograma de los contenidos de carbonato cálcico (%) (Izquierda) y arcilla (%) (Derecha) en los suelos estudiados.

La Tabla 1 muestra una comparativa con los datos medios de concentración de elementos químicos obtenidos a nivel mundial [1, 13] y de Castilla-La Mancha [14]. Los elementos mayoritarios que presentan mayor concentración a nivel mundial en los suelos destacan Si (330,0 g/kg), Al (71,0 g/kg) y Fe (40,0 g/kg) [1, 13]. Datos que son similares a los obtenidos en este estudio, con la excepción de que en los suelos de la D.O. Uclés el Ca (120,2 g/kg) aparece en segundo lugar, por delante de Al y Fe (63,9 g/kg y 22,9 g/kg, respectivamente). Estos datos son acordes a los esperados debido al predominio de suelos calizos y a la presencia de yesos en la zona de estudio [15,16].

**Tabla 1.** Contenido medio en elementos químicos de los suelos estudiados (Mg a Mn en g/kg; de Ba a Nd en mg/kg)

Elemento	Media+DS	CLM <sup>a</sup>	Munndo <sup>b</sup>
Mg	10,2±6,2	7,3	5,0
Al	63,9±15,9	53,9	71,0
Si	196,6±56,0	237,4	330,0
P	0,8±0,3	0,6	0,8
S	4,2±12,0	2,7	0,7
K	17,1±4,4	16,4	14,0
Ca	120,2±57,7	108,7	15,0
Fe	22,9±5,4	22,1	40,0
Mn	0,4±0,1	0,4	1,0
Ba	222,7±41,3	191,8	513,0
Sr	445,8±6222,2	241,8	220,0
Rb	81,6±24,0	63,1	111,0
Cs	6,4±3,2	4,9	3,5
Ce	54,3±18,0	45,5	55,0
Y	21,5±5,8	13,8	29,0
La	31,4±11,3	25,4	35,5
Nd	25,4±8,5	9,9	30,5

<sup>a</sup> [14] <sup>b</sup> [1,13]

El carácter calcáreo de los suelos está diferenciado por la presencia de sulfato de calcio en la zona N-E, alcanzando valores muy superiores a las medias regional y mundial. El K y el P presentan valores muy similares a tanto a las medias mundiales [1, 13] como a los contenidos más frecuentes en Castilla-La Mancha [14].

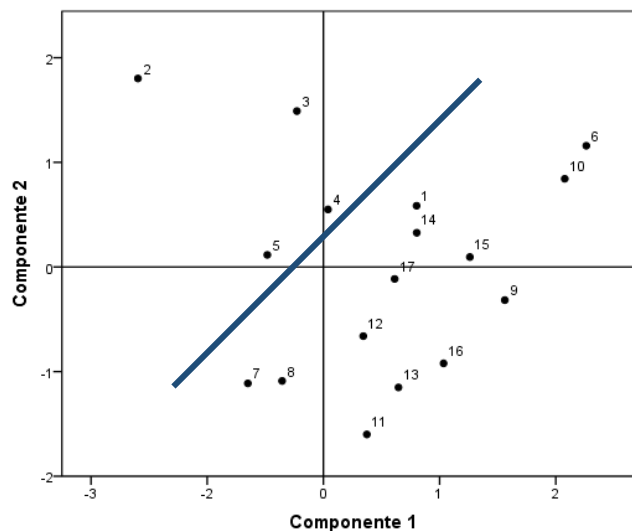
Desde el punto de vista geoquímico, el elemento más relevante es el Sr, presenta valores que llegan a duplicar tanto la media regional [14] como la media mundial [1, 13], valor que está influenciado por los elevados contenidos en yesos [14].

El resto de elementos traza estudiados de la D.O. Uclés presentan algunas peculiaridades: el Ba muestra valores más bajos (222,7 mg/kg) que la media mundial de los suelos (513,0 mg/kg) pero mas altos que la media de los suelos de la región (191,8 mg/kg). El contenido en Rb depende en gran medida de los minerales heredados de la roca madre, de origen carbonatado y evaporítico, presentando valores medios mundiales de 111,0 mg/kg. Los suelos aquí estudiados poseen valores medios inferiores a la media mundial (81,6 mg/kg) y similares a los registrados por Amorós et al., [15].

Dentro de los elementos incluidos en el grupo de las Tierras Raras cabe destacar las concentraciones

moderadas en Ce (54,3 mg/kg), Y (21,5 mg/kg), La (31,4 mg/kg) y Nd (25,4 mg/kg); valores que son similares a los mundiales (55,0 mg/kg; 29,0 mg/kg; 35,5 mg/kg y 30,5 mg/kg respectivamente) y superiores en todos los casos a los valores medios de la región [14, 15].

El análisis de componentes principales (ACP) revela como las variables Nd y Al son las que más peso positivo tienen en la componente 1 (0,96 y 0,95 respectivamente) mientras que el peso negativo recae en el Ca (-0,78) y el CaCO<sub>3</sub> (-0,66). Por el contrario, las variables que más influyen en la parte positiva de la componente 2 son Mg (0,64) y conductividad eléctrica (0,63) y en la parte negativa el Si (-0,46). Esto nos permite agrupar los suelos estudiados atendiendo a las concentraciones de Nd y Al y a los valores de conductividad eléctrica (Figura 3). Podemos ver cómo por encima de la línea se encontrarían los suelos de elevada conductividad.



**Figura 3.** Distribución de los suelos estudiados en función del ACP.

Al estudiar la matriz de correlaciones observamos que las correlaciones más significativas y positivas se dan entre Al y Fe con los elementos del grupo de las Tierras Raras; destacando las relaciones del Al con Nd (0,94) y La (0,90) y las del Ce con Al y Fe (0,92 en ambos casos). Además, podemos destacar que el Ca tiene una correlación negativa con prácticamente todos los elementos, excepto con el Sr (0,48), aunque sólo son significativas las que establece con Ce (-0,87) y Al (-0,72).

Lantano (La) es un elemento que puede ser tenido en cuenta a la hora de realizar una caracterización geográfica [17], en nuestro caso cabe destacar las correlaciones significativas entre La y Cs (0,84) y entre La e Y (0,87); aunque también son elevadas las relaciones del La con Rb (0,8) o K (0,85) aunque éstas no son significativas.

## 4 Conclusiones

Las propiedades físico-químicas estudiadas ponen de manifiesto la riqueza y variedad de los suelos de esta D.O., indicando, con ello, la gran edafodiversidad de la zona.

El estudio de los elementos mayoritarios y traza nos permite diferenciar los suelos estudiados en base a sus concentraciones y su influencia en las propiedades físico-química.

Las relaciones obtenidas entre los diferentes elementos (especialmente aquellos que pertenece al grupo de las Tierras Raras) nos hacen pensar que podrían utilizarse para establecer la huella geoquímica de los suelos, y poder realizar, en un futuro, una trazabilidad del suelo a la uva y al vino.

## Referencias

1. A. Kabata-Pendias, *Trace elements in soil and plants* (ED CRC, 2011)
2. P. Higuera, J.A. Amorós, J.M. Esbrí, F.J. García-Navarro, C. Pérez-de-los-reyes, G. Moreno, J. Geochem. Explor. **123**, 143-151 (2012)
3. J.M. Huggets, *Proceeding of the geologists associations*, **117**, 239-247 (2006)
4. C. Van Leewen, *Proceedings of climate and viticulture*, Zaragoza (2007)
5. FAO ISRIC ISSS. 2006. World soil resources report 103, FAO, Rome, 132 pp (2006)
6. MMA. Ministerio de Medio Ambiente, *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. (Centro de publicaciones del MMA. (2004)
7. F.J. García-Navarro, J.A. Amorós, C. Pérez-de-los-Reyes, S. Bravo y R. Jiménez-Ballesta, E.T.S.I.Agrónomos (Sin publicar)
8. IGME. Instituto geológico y minero de España. *Mapa geológico de España Hoja 607* (1975)
9. IGME. Instituto geológico y minero de España. *Mapa geológico de España Hoja 632* (1976)
10. J. Porta, *Técnicas y experimentos en Edafología*. (1986)
11. G.W. Gee, J.W. Bauder, *Physical and mineralogical methods* (ASA-SSSA, 1986)
12. S. Bravo, J.A. Amorós, C. Pérez-de-los-Reyes, F.J. García-Navarro, R. Ruedas, R. Jiménez-Ballesta, *J Chem* (2015)
13. D. L. Spark, *Environmental soil chemistry* (ED Elsevier, 2003)
14. J.A. Amorós, C. Pérez-de-los-Reyes, F.J. García-Navarro, S. Bravo, J.L. Chacón, J. Martínez. R. Jiménez-Ballesta, *Atlas de suelos vitícolas de Castilla-La Mancha* (Universidad de Castilla-La Mancha, 2015)
15. J.A. Amorós, S. Bravo, F.J. García-Navarro, C. Pérez-de-los-Reyes, J.L. Chacón, J. Martínez. R. Jiménez-Ballesta, *Vitis* **51**, (2013)
16. S. Bravo, F.J. García-Navarro, J.A. Amorós, C. Pérez-de-los-Reyes, P.L. Higuera, *J Soil Sediments* **16** (2016)
17. A. Pisciotta, L. Tutone, F. Saiano, *Proceeding of 18th International Symposium GIESCO*, 365 – 369 (2013).