

Zonificación de suelos vitícolas en Villanueva de Alcardete (Toledo, La Mancha, España) utilizando elementos traza.

Zonification of vineyard soils in Villanueva de Alcardete (Toledo, La Mancha, Spain) using trace elements.

José Ángel Amorós^{1,3,a}, Sandra Bravo^{1,3}, Francisco Jesús García Navarro^{1,3}, Caridad Pérez-de-los-Reyes^{1,3}, M. Sánchez-Ormeño¹, Jesús Gracia-Pradas¹, Raimundo Jiménez Ballesta² y Pablo Higuera³

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

²Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, 28049 Madrid, España

³Universidad de Castilla- La Mancha, Instituto de Geología Aplicada, Plaza Manuel Meca, 1, 13400 Almadén, España

Resumen. Se realiza un estudio de suelos en el término municipal de Villanueva de Alcardete (Toledo, España) con la finalidad de señalar zonas homogéneas para el cultivo del viñedo. Se practicaron 15 calicatas en lugares representativos y se realizaron análisis físico químicos y clasificaciones edafológicas. También se consultaron fuentes clásicas de información pero se apunta como novedosa herramienta para la zonificación la composición geoquímica de los suelos. Se determinaron para cada perfil 11 elementos mayoritarios (Al, Ca, Fe, K, Na, Mg, Mn, P, S, Si, Ti) y 27 elementos traza (As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, La, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Y, Zn, Zr). Una vez estudiadas las fuentes de información y los datos obtenidos, el mapa de distribución del Estroncio (Sr) representa bastante bien las distintas zonas de suelos del área estudiada y puede ser utilizado (con las debidas comprobaciones y correcciones) para establecer lotes de suelos homogéneos.

Abstract. A soil survey is carried out in the municipality of Villanueva de Alcardete (Toledo, Spain) in order to identify homogeneous zones for the cultivation of the vineyard. 15 pits were made in representative sites and Physico-Chemical analyses and Pedologic classifications were performed. Classic information sources were also consulted, although the geochemical composition of the soils is suggested as a novel tool for zoning. 11 major elements (Al, Ca, Fe, K, Na, Mg, Mn, P, S, Si, Ti) and 27 trace elements (As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, La, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Y, Zn, Zr) were determined for each profile. Once the sources of information and the data obtained have been studied, the distribution map of the Strontium (Sr) represents quite well the different soil zones of the studied area and can it be used (with the necessary checks and corrections) to establish pools of homogeneous soil.

1 Introducción

La aplicación del concepto “Terroir” [1] se está mostrando desde hace años como una herramienta muy útil para la valorización y autentificación de los vinos de calidad. De los distintos componentes del “Terroir”, el estudio del suelo es el que mejores resultados está ofreciendo para los fines perseguidos, por lo que muchos

trabajos de zonificación de suelos vitícolas se han emprendido en los últimos años a muchos niveles (Denominación de Origen, Cooperativa, bodegas particulares, etc...). La metodología de Zonificación clásica se basa en la integración de todos los datos disponibles (Mapas Geológicos, Edafológicos, datos altitudinales, fotografías aéreas, imágenes satelitales y obtenidas por drones, etc...). Dicha integración es facilitada hoy en día por el uso de los Sistemas de

Información Geográfica. En cualquier caso, sigue siendo inexcusable un buen conocimiento del terreno y la toma de datos guiados por expertos locales para la validación de los resultados. El estudio de la Geoquímica del suelo es otra herramienta que se está mostrando de gran utilidad para diversos fines: el contenido en elementos mayoritarios aporta información sobre componentes estructurales y macronutrientes, mientras que el contenido en elementos traza (concentración inferior a 0,01%) [2, 3] nos informa sobre el origen de los suelos, su huella geoquímica y la posible toxicidad o carencias en micronutrientes [4,5]. Concretamente, en el presente trabajo, se ha estudiado el contenido en elementos traza y su distribución como otra fuente de información a tener en cuenta en los estudios de zonificación vitícola.

Por todo lo explicado anteriormente, se acomete el estudio de los suelos vitícolas del término municipal de Villanueva de Alcardete (Toledo, España), de 14.700 has totales, de las que 8.660 has corresponden a viñedo.

2 Materiales y métodos

Durante el mes de mayo del año 2017 se seleccionaron quince perfiles representativos del término municipal de Villanueva de Alcardete (Toledo) y se describieron morfológicamente según los criterios de la FAO [6]. Se realizaron análisis convencionales (textura, pH, conductividad eléctrica, contenido en carbonato cálcico, densidad aparente, contenido en materia orgánica, nitrógeno, relación carbono/nitrógeno, fósforo, cationes de cambio, capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de saturación por bases) [7, 8]. Así mismo se determinaron las concentraciones de 11 elementos mayoritarios y 27 elementos traza mediante la técnica de Fluorescencia de Rayos X utilizando un espectrofotómetro secuencial (Philips Magix-Pro con ánodo de Rodio en el tubo de rayos X).

Para la realización de los mapas de distribución de los elementos químicos presentes en el suelo se ha utilizado el software informático ARCGIS 10.3 ©ESRI 2018.

3 Resultados y discusión

Los suelos de Villanueva de Alcardete son, en general, poco evolucionados (Entisoles y, especialmente, Inceptisoles) con texturas de franco-arenosas, pH en torno a 8 y con un predominante carácter cálcico. Se han clasificado según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) como Entisoles, en concreto, Lithic Xerorthent (perfiles 1, 3 y 13) y Typic Xerorthent (perfil 11) e Inceptisoles: Typic Haploxerept (perfiles 2, 5), TypicCalcixerept (perfiles 8, 10, 12 y 14), y Calcic Haploxerept (perfiles 6, 9 y 15). El perfil 7 corresponde a un Inceptisol muy influenciado por el ambiente fluvial (Fluvaquentic Endoaquent).

En cuanto a las propiedades químicas, el pH de los perfiles es moderadamente alcalino [4], la conductividad

eléctrica es baja en la mayoría de los perfiles, destacando el perfil 7 (1,49 dS/m). El porcentaje en carbonato cálcico es alto en todos los perfiles (>20%) excepto el perfil 5, siendo el porcentaje de caliza activa alto (>9 %) para todos los perfiles excepto los perfiles 1, 8 y 15 que lo presentan medio (de 6-9 %). Los contenidos de materia orgánica de los horizontes superficiales son bajos (1,7% en el perfil 3), normales, altos o muy altos (5,4 % en el perfil 7). La relación C/N es de buena a mediana en todos los perfiles (entre 8 y 15). Por último, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) está por encima de los 8-10 meq/100g por lo que los suelos se consideran aptos para el cultivo.

En la Tabla 1 aparecen los valores medios, con su dispersión, de concentración de elementos de los horizontes superficiales de los perfiles estudiados. Para facilitar su comparación y discusión se ha añadido otra columna con los valores medios de Castilla-La Mancha [9] y en los niveles medios mundiales [10,11].

Tabla 1. Contenido medio y desviación típica de los 15 perfiles estudiados en elementos mayoritarios ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta el Ti, en gris) y traza ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a partir del Ti). ^{a)} [9] ^{b)} [10, 11]

Elemento	Media	des.Tip	CLM .a)	Mundo. b)
Na	0,87	0,37	1,3	5,0
Mg	13,24	11,75	17,7	5,0
Al	40,12	15,55	81,0	71,0
Si	140,03	71,87	292,0	330,0
P	1,03	0,59	1,9	0,8
S	2,17	5,57	2,4	0,7
K	12,73	5,30	15,4	15,0
Ca	215,49	78,74	301,0	15,0
Fe	14,96	4,63	25,6	40,0
Mn	0,32	0,12	0,4	1,0
Ti	2,32	0,79	4,4	5,0
Ba	202,80	52,21	389,0	513,0
Sr	421,98	570,54	380,0	220,0
V	30,51	10,49	50,0	95,0
Cr	26,91	5,74	54,8	68,5
Ce	30,27	14,78	57,7	55,0
Rb	48,31	18,72	86,2	111,5
Ni	13,64	3,85	16,9	37,0
Zn	39,83	13,35	35,7	78,5
Nd	16,43	6,30	21,6	30,5
Pb	16,24	3,65	19,9	32,0
Nb	9,40	1,86	8,0	13,0
Co	5,73	0,84	5,8	9,0
Cs	2,19	1,97	7,7	3,5
Ga	6,35	2,13	11,1	18,5
La	18,10	7,38	23,3	35,5
Y	14,32	4,05	17,9	29,0
Zr	159,34	69,00	167,0	353,0
Sc	7,44	2,20	8,0	8,0
Th	5,94	2,82	9,6	8,5
U	1,92	0,69	3,8	3,0
Cu	17,31	4,70	10,3	27,0
As	0,47	1,15	7,4	15,5
Mo	1,02	0,37	0,9	1,1
Ta	1,84	0,50	2,2	3,0
Hf	5,04	2,10	4,9	7,0
W	1,36	1,09	3,2	3,0

De la observación de los datos geoquímicos, merece la pena destacar el marcado carácter cálcico de los suelos estudiados (Cretáceo los más antiguos, Mioceno la mayor extensión y Cuaternario los más modernos) [12]. Con contenidos en Ca superiores a $200 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, nos encontramos en niveles algo menores que la media de suelos vitícolas de Castilla-La Mancha ($301 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y muy por encima de los niveles mundiales ($15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Valores relativamente altos de Mg (más de $13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) respecto a los mundiales ($5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y muy similares a otras zonas de Castilla-la Mancha nos orientan sobre la procedencia geológica de las rocas del sustrato (dolomias) de algunos suelos de la parte oriental. También aparecen valores relativamente altos de S (más de $2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) con mucha variabilidad, que nos señalan la presencia ocasional de yeso (CaSO_4) sobre todo en las terrazas cerca del cauce del Cigüela.

El Sr ($422 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) es un elemento muy característico de la zona y presenta grandes variaciones en contenido. Son en general contenidos superiores a los niveles generales de Castilla-La Mancha ($380 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y mundiales ($220 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Es un elemento clave para la posible determinación de relaciones isotópicas $\text{Sr}^{86}/\text{Sr}^{87}$ que nos servirían para diferenciar nuestros productos y para mejorar su trazabilidad [4, 13]. Su distribución aparece en la Figura 1.

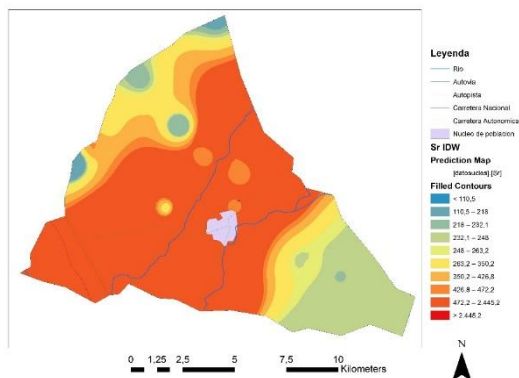
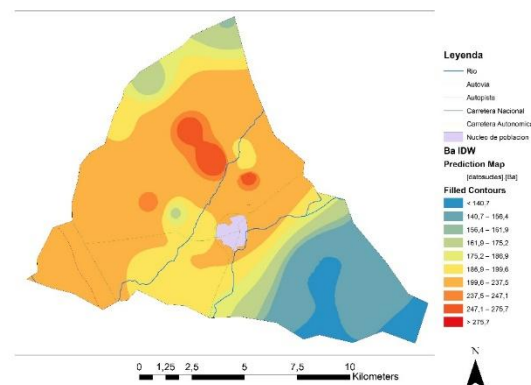


Figura 1. Mapa de distribución de estroncio (Sr) medido en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el término municipal de Villanueva de Alcardete (Toledo, España).

El Ba ($202 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presenta, sin embargo, valores más bajos que los regionales ($389 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y los mundiales ($513 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), siendo un elemento relativamente poco abundante en la zona. Su distribución se muestra en la Figura 2. Sucede lo mismo con el Rb ($48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) con valores medios más bajos que en Castilla-La Mancha ($86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y en el Mundo ($111 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ya que este elemento es más típico de zonas con sustrato de rocas graníticas [8]. Otros elementos traza de interés son los del grupo de las tierras raras (REE): Lantano (La) con concentraciones desde $8,7$ a $33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con una media de $17,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y una desviación típica de $7,79$ y Cerio (Ce) desde $2,5$ a $55,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, con una



media de $29,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y una desviación típica de $15,99$, entre otros.

Figura 2.- Mapa de distribución de bario (Ba) medido en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el término municipal de Villanueva de Alcardete (Toledo, España).

4 Conclusiones

Nos encontramos ante una amplia zona vitícola con suelos aparentemente uniformes y con una topografía poco diferenciada.

El desarrollo de los suelos sobre los materiales de partida, es escaso y similar por lo que resulta difícil decidir qué suelos son diferentes.

La concentración de Sr (mayor en suelos más modernos) nos sirve en este caso para establecer zonas diferenciales respecto a este elemento que coinciden sustancialmente con su antigüedad y situación topográfica.

La geoquímica puede ser de gran ayuda para la zonificación de suelos vitícolas, seleccionando los elementos adecuados y contrastando las diferencias y coincidencias con otras fuentes de información.

Referencias

1. C. Van Leewen, y col. *J. Wine Research*. **17**, nº 1, 1-10 (2006)
2. R. E. White, *Understanding Vineyard Soils*. Oxford University Press. (2009).
3. A. Wild, *Condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas según Russel*. Ed. Mundiprensa. (1992).
4. J.A. Amorós, S. Bravo, C. Pérez-de-los-Reyes, F.J. García-Navarro, J.A. Campos, M. Sanchez-Ormeño, R. Jiménez-Ballesta, P. Higuera, App Geoschem, **88**, (2018).
5. S. Bravo, E. García-Ordiales, F.J. García-Navarro, J.A. Amorós, C. Pérez-de-los-Reyes, R. Jiménez-

- Ballesta, J.M. Esbrí, E.M. García-Noguero, P. Higuera, *Environ Sci Pollut Res*, 2017
6. FAO ISRIC ISSS. 2006. World soil resources report 103, FAO, Rome, 132 pp (2006)
 7. J. Porta, *Técnicas y experimentos en Edafología*. (1986)
 8. G.W. Gee, J.W. Bauder, *Physical and mineralogical methods* (ASA-SSSA, 1986)
 9. 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)
 10. D. L. Spark, *Environmental soil chemistry* (ED Elsevier, 2003)
 11. A. Kabata-Pendias, *Trace elements in soil and plants* (ED CRC, 2011)
 12. IGME. Instituto geológico y minero de España. *Atlas geológico de España*. (2012)
 13. R. Petrini, L. Sansone, F.F. Slijko, A. Buccianti, P. Marcuzzo, D. Tomasi, *Food Chem*, **170** (2015).