

Edafodiversidad en viñedos de Castilla-La Mancha, España

Pedodiversity in Vineyards of Castilla-La Mancha, Spain

Jiménez Ballesta R.¹, Pérez-de-los-Reyes C.², Amorós A.², Bravo S.² y García Navarro F. J.²

¹Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, 28049 Madrid, España

²Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Ronda de Calatrava, 7, 13071 Ciudad Real, España

Resumen. En el desarrollo de estrategias relativas al “Terroir”, se requiere una comprensión del grado de edafodiversidad. En un intento de inventariar y zonificar los suelos vitícolas de Castilla La Mancha (CLM), desde 2008 venimos realizando un análisis comprensivo y armonizado de las distintas coberturas edáficas, de los edafotaxa y de su distribución espacial. Fruto de este trabajo se desprende que, a pesar de que CLM ocupa una superficie predominantemente plana, existe gran variedad de sustratos litológicos y posiciones geomorfológicas, lo que conlleva una notable edafodiversidad, incluso a escala detallada. En concreto, se han caracterizado, según Soil Taxonomy (2014), fundamentalmente: Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Ultisoles; mientras que según FAO-ISRIC-ISSS (2006) existen fundamentalmente: Cambisoles, Calcisoles, Luvisoles, Arenosoles, Gleysoles, Gypsisoles, Fluvisoles, Leptosoles, Regosoles, Acrisoles y Alisoles. Esta tipología de suelos la atribuimos fundamentalmente a procesos tales como alteración mineral parcial, calcificación o acumulación de carbonatos o yesos, argiluvación, rubefacción, etc. También cabe señalar, entre otros, dos procesos singulares y de moderada extensión territorial, como son la salificación y la gleización. Entre los cualificadores más comunes cabe citar los relacionados con la naturaleza de los materiales originarios o con procesos incipientes edafogenéticos, tales como Calcaric, Haplic, Profondic, Skeletic, Leptic, etc.; otros están relacionados con procesos de formación, tales como Chromic, Calcic, Luvic, etc. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, se necesitan nuevos cualificadores, especialmente en el caso de los Calcisoles.

Abstract. In the development of strategies related to terroir is required understand the pedodiversity. In an attempt to inventory and zoning the vineyard soils of Castilla La Mancha (CLM), (Spain), since 2008 we have been carrying out a comprehensive and harmonized analysis of the different soil coverings, the pedotaxa and their spatial distribution. The result of this work is that although CLM occupies a predominantly flat surface, which might suggest a certain monotony or scarce pedodiversity, given the variety of lithological substrates and existing geomorphological positions, a remarkable pedodiversity can be appreciated (including at a detailed scale). In effect, the pedodiversity or diversity of genetic types is very appreciable in CLM. Specifically they have been characterized, according to Soil Taxonomy (2014) mainly: Entisols, Inceptisols, Alfisols and Ultisols. According to FAO-ISRIC-ISSS (2006) there are mainly: Cambisols, Calcisols, Luvisols, Arenosols, Gleysols, Gypsisols, Fluvisols, Leptosols, Regosols, Acrisols and Alisols. This type of soils are attributed to various processes such as partial weathering, calcification or accumulation of carbonates, argiluviation, rubefaction, gypsum accumulation, etc. Finally, it is worth mentioning two singular processes of slight territorial importance, such as the salification and gleization. Among the qualifiers, the most common are those related to the nature of the original materials or to incipient pedogenetic processes, such as Calcaric, Haplic, Profondic, Skeletic, Leptic, etc; others are related to soil forming processes, as Chromic, Calcic, Luvic, etc. However, in our point of view, new qualifiers are needed, especially in the case of Calcisols.

1 Introducción

Suelo y clima son los dos pilares del término francés “Terroir”, concepto que implica la existencia de estrechas relaciones entre la composición de la uva, las características del vino y el territorio de producción. De hecho, uno de los rasgos más frecuentemente discutidos, en relación a un gran vino, es el suelo.

El cultivo de la uva para vinificación es muy conocido desde hace siglos en Castilla-La Mancha (CLM), una

región que cubre una superficie de 79,463 km². De hecho, CLM es la región de mayor concentración vitícola del mundo con algo más de 500.000 has.

El suelo y la historia vitícola del mismo, constituye el alma del argumento tradicional del “Terroir” [1]. En efecto, los suelos son componentes esenciales de los “Terroirs” vitivinícolas, junto con factores climáticos, vegetales y humanos [2] [3], ya que influyen en el rendimiento del viñedo y la composición de bayas y vinos [4] [5]. Pero el terroir es difícil de estudiar sobre una base científica ya que intervienen varios factores [6],

de tal modo que las cualidades del suelo de cultivo influyen la composición de las bayas de la vid, así como las características cualitativas a través de la composición química; pero la humedad edáfica, altitud, orientación etc., también deben tenerse en cuenta.

Con esta premisa, el principal objetivo de este trabajo es examinar el grado de edafodiversidad del territorio de CLM dedicado al cultivo de la vid, para entender su significado en relación al cultivo de la vid, dado que existe una estrecha relación entre edafodiversidad y el cultivo de la vid.

2 Rasgos del medio físico de Castilla La Mancha

Desde un punto de vista geológico, el territorio de Castilla-La Mancha es relativamente complejo, ya que incluye la mayoría de los dominios geológicos de España [7]. Lo que predomina en CLM son materiales carbonatados tales como margas (muy variadas), calizas, y a veces areniscas calcáreas o limos calcáreos. Todos ellos aparecen en formaciones geomorfológicas muy variadas (glacis, terrazas, conos, vertientes, etc.), ocupando proporcionalmente grandes extensiones de sedimentos terciarios o cuaternarios; en este último caso son de origen aluvial o coluvial; a estos materiales se asocian, en determinados entornos, yesos y margas yesíferas. Hacia el NW dominan materiales graníticos y/o sus depósitos sedimentarios asociados como son las arcosas; además, en esta última zona, abundan los materiales metamórficos (pizarras, esquistos, etc.), si bien estos se extienden de forma diseminada por todo el territorio. Por último, cabe resaltar la presencia de materiales volcánicos en una extensión considerable.

El clima de esta extensa región obviamente no es único, aunque sí tiene la impronta del régimen mediterráneo, lo que va a conferir a los suelos su caracterización a nivel de clasificación bajo el régimen xérico. Se trata de un clima caracterizado por inviernos rigurosos fríos y relativamente húmedos, veranos calurosos y secos, con el sello de tener unas irregulares en la distribución de la lluvia, (puede establecerse un rango entre 375 mm en el centro a más de 1000 mm en las áreas de montaña); hay que añadir las fuertes oscilaciones térmicas diarias y, en cierto modo, una aridez generalizada.

Con estos rasgos aparecen paisajes con viñedo como los que aparecen en la figura 1.

Figura 1. Zonas dedicadas al cultivo de la vid en CLM: algunos paisajes característicos, resaltando los suelos rojos.



3 Materiales y métodos

Se han descrito y muestreado numerosos perfiles (más de 150), en los que se han definido los rasgos macromorfológicos, (con los criterios de FAO-ISRIC-IUSS, 2006), que incluyen desde la profundidad al drenaje, pasando por la estructura, consistencia, presencia y abundancia de fragmentos gruesos, textura etc.; así como toda una serie de parámetros edáficos tales como pH, conductividad eléctrica, contenido en materia orgánica, salinidad, capacidad de cambio y saturación en bases, contenido en carbonatos y caliza activa, además de N, P y K. Adicionalmente se ha llevado a cabo una determinación de los contenidos totales de un amplio número de elementos químicos, (tanto mayoritarios como minoritarios). La metodología utilizada para efectuar los análisis aparece en Amorós et al. [8].

4 Resultados y discusión

En el cultivo de la vid hay que tomar en consideración tanto los factores extrínsecos como los intrínsecos. Entre los extrínsecos cabe citar: pendiente, rocosidad y pedregosidad. Respecto de la pendiente, una mayoría de los suelos de CLM se sitúan en topografías planas o casi planas, y solo en ocasiones en topografías inclinadas, raramente abruptas. Ello conlleva que la mayoría de los suelos no tengan problemas de profundidad efectiva, lo que, unido a una moderada presencia de rocas duras, nos permite concluir que prácticamente no existen suelos con contacto lítico próximo a la superficie, si bien en

ocasiones, por la pendiente se detecta cierta actividad erosiva.

En lo que se refiere a los fragmentos gruesos, hay que señalar que en determinadas zonas son abundante (figura 2); existen algunas áreas (por ejemplo, sobre la raña, o sobre calizas planas o casi planas) en donde es muy palpable la existencia de una fase pedregosa. Desde el punto de vista del tamaño y de la naturaleza mineral de los mismos (grava, gravilla, etc.) son muy variables. Su presencia puede constituir un factor de calidad en el viñedo, ya que aumenta el drenaje y la aireación, al tiempo que aumenta la capacidad de retener calor del sol para luego cederlo a la planta.

Figura 2. Intensa pedregosidad superficial. Foto superior: Cogolludo (cuarcítico); foto inferior Villanueva de Alcardete (calizo)



Entre los factores intrínsecos cabe resaltar el color del suelo que obedece originalmente al color de la roca de partida, pero que, conforme avanza la edafogénesis, los colores pueden ir cambiando; este es el caso de los abundantes y genuinos suelos rojos de CLM (Rhodoxeralfs). Otros muchos suelos de CLM tienen tendencia a ser claros, sobre todo si abundan los carbonatos; y como no son ricos en materia orgánica absorben moderadamente la radiación solar.

Normalmente son suelos en los que existe un adecuado equilibrio entre profundidad efectiva, buen drenaje y capacidad de retención de agua para que la vid no sufra demasiado en verano. No es por tanto habitual observar problemas de drenaje, salvo que se produzcan lluvias tardías que afecten el período de maduración, como puede suceder en algunos suelos sobre la raña (figura 3).

Figura 3 Suelos sobre sedimentos tipo raña (Cogolludo, Guadalajara), en los que pueden aparecer signos de gleización, ya que en periodos prolongados de lluvia se generan encharcamientos como el de la figura. Nótese el color rojo intenso al disponer de hierro y arcilla en suspensión.



En la tabla 1 aparecen algunas propiedades químicas de los suelos de CLM. Como se sabe es bien conocida la influencia de estas propiedades en la nutrición de la vid, pues afecta a los patrones de crecimiento específicos de la planta. Sin embargo, somos escépticos sobre el hecho de que la composición mineral del suelo afecte a las características organolépticas del vino, ya que no es posible para la vida la traslación de moléculas que afecten a las papilas gustativas desde el suelo a la baya y tampoco hacia los vinos.

Tabla 1. Resultados obtenidos

	pH (H ₂ O)	C.E. (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Arcilla (%)	N (%)	P (mg/kg)
Media	8,01	0,21	20,27	22,01	0,07	11,4
Mínimo	5,01	0,02	0,00	0,70	0,01	0,14
Máximo	8,85	2,57	61,70	46,93	4,04	975

Sobre materiales carbonatados y, por tanto, suelos carbonatados, pivota una parte importante de suelos de CLM. En efecto, la presencia del carbonato cálcico es muy común, de tal modo que una proporción significativa de viñedos en CLM crecen en sustratos edáficos carbonatados y en muy diversas proporciones, de modo que no es extraño encontrar horizontes de suelos con valores superiores al 60%, mientras que otros tienen valores inferiores al 10%. Al tiempo, los contenidos en caliza activa en numerosas ocasiones son elevados.

La acumulación de carbonatos puede aparecer en formas masivas, pero existen numerosos ejemplos de apariciones como masas concrecionadas (nódulos), como muñequillas, en forma laminar, acintadas; otras veces como micelios y pseudomicelios, calcanes, etc... (Figura 4). Así, el carbonato cálcico puede aparecer en horizontes cálcicos o petrocálcicos, que pueden subyacer a un cámbico o a un argílico: otras veces aparece directamente

bajo el antrópico, prácticamente en superficie. Por esta circunstancia no es raro encontrar algunos horizontes petrocálcicos acumulados parcialmente en la superficie, en forma de fragmentos; esta circunstancia se produce tras ser arados los suelos, ya que necesitan ser roturados para permitir el desarrollo radicular.

Figura 4. Detalle de la acumulación de carbonato en fases diferentes, dentro de un horizonte petrocálcico en Tomelloso (Ciudad Real). Obsérvese en la base el carácter asalmonado de algunas láminas.



Castilla La Mancha es una región típicamente mediterránea, por lo que el contenido en materia orgánica es bajo; generalmente no se superan valores del 3%. En consecuencia, la estructura se genera por la presencia de otros coloides como la arcilla y sólo en los horizontes superficiales se asocia a la materia orgánica. Por el escaso contenido en materia orgánica la fertilidad es moderada, si bien la presencia de texturas francas o franco-arcillosas favorece la formación de estructuras poliédricas o prismáticas en horizontes subsuperficiales mejorando la fertilidad.

En cualquier caso, tanto sobre materiales carbonatados como yesíferos, los suelos se caracterizan por tener pHs básicos o moderadamente básicos; y generalmente con texturas finas. En efecto, aunque los valores de pH son muy variables, oscilando entre 5,0 y 8,5, una buena proporción tienden a la neutralidad o moderada basicidad. En efecto, una gran proporción de suelos (probablemente más del 80%) tienen valores de pH entre 6,5 y 8,0, con el consiguiente exceso de Ca (y/o Mg) y su influencia en otros elementos como el K y el Fe; por ello uno de los posibles problemas que pueden aparecer en viñedos de CLM es la clorosis férrica. Suelos con valores en el entorno de 5 pueden estar afectados por la presencia de Al o Mn en posiciones interlaminares; en estos casos pueden detectarse deficiencias en Ca, K, N, Mg, Mo, P y S, al tiempo que posibles excesos en Cu, Fe, Mn, Co y Zn.

Se han definido suelos dedicados a viñedo sobre yesos o margas yesíferas, observándose que son viñedos adaptados a suelos poco o moderadamente salinos. En estos casos son suelos moderadamente profundos, con una salinidad en el entorno a 2 dS/m; no son realmente abundantes en la Comunidad.

La textura es una propiedad edáfica muy importante en viticultura. En este sentido se detecta una significativa proporción de texturas equilibradas, si bien en ocasiones se encuentran áreas dominadas por texturas arenosas o bien arcillosas. Existen suelos arenosos en varios entornos dentro de CLM, como es el caso de los arenales de S Gregorio (Cuenca). Se trata de suelos que están bien drenados y retienen el calor, produciendo vinos "suaves" con menos color, acidez más ligera y tanino. Frente a este tipo de suelos existen otros arcillosos que retienen más fácilmente el agua, por lo que tienden a mantenerse más frescos, generando algunos de los vinos blancos más complejos del mundo. Apenas se han detectado suelos limosos, aunque existen en determinados entornos de CLM; en este caso muestran cierta habilidad para retener el agua y el calor. Lo ideal es disponer de texturas francas, equilibradas en arcilla, limo y arena, cosa que sucede con bastante frecuencia. Se trata de suelos fértiles que generalmente conllevan viñedos vigorosos, por lo que se generan vinos equilibrados. Es el caso de numerosos suelos formados sobre margas y otros materiales sedimentarios que comportan un gran potencial de elaboración de vinos (probablemente cerca del 50% de toda CLM).

Los suelos de viñedos de CLM son notoriamente bajos en fósforo (tabla 1), limitación que habitualmente se corrige fácilmente mediante la incorporación de cantidades adecuadas de fósforo durante las operaciones de preparación del suelo. Del mismo modo, el contenido en N asimilable es moderado a bajo, por lo que no es frecuente observar un excesivo vigor de la planta. En este sentido va incrementándose la utilización de cubierta vegetal para controlar este vigor.

En cuanto a los contenidos en distintos elementos químicos (tabla 2) cabe resaltar que son variables en función de determinados factores como la naturaleza de los materiales de partida y los procesos edáficos acácidos.

En CLM se encuentran formaciones geológicas muy antiguas, con largos períodos de exposición a la meteorización, que han dado lugar a la viticultura que se practica en algunos de los materiales y suelos más antiguos del mundo. En este sentido, existen suelos con un avanzado estado de meteorización, en los que abunda caolín y sesquióxidos (hierro y óxidos de aluminio) como minerales de arcilla dominante, con una baja capacidad de intercambio (3-5 cmol kg⁻¹, en comparación con 10-25 cmol kg⁻¹ de suelos más jóvenes) y con una acidez creciente con profundidad (<4,0-5,0, medida en KCl 1N), ya que la mayoría de los cationes básicos se han perdido por lixiviación y posteriormente han sido reemplazados por iones de hidrógeno. Cómo afecta esto al carácter del vino en comparación con los suelos con pH más alto o los suelos que contienen cal libre, aún no se ha descifrado. Sin embargo, el efecto inhibitorio de un pH demasiado bajo en

Tabla 2. Resultado de los análisis químicos elementales

		Media	Mínimo	Máximo			Media	Mínimo	Máximo
(g/kg)	Al	53,96	124,99	830,89	(mg/kg)	Rb	63,20	12,50	223,00
	Ca	108,7	290,18	8548,78		Sc	8,30	1,80	24,30
	Fe	22,05	68,98	207,51		Sn	2,36	0,03	10,40
	K	16,36	46,66	77,01		Sr	241,9	22,30	3602,7
	Mg	7,34	35,21	36,63		Ta	1,29	3,37	3,75
	Mn	0,38	5,68	0,39		Th	7,81	0,75	20,63
	Na	1,49	16,66	6,40		V	51,72	10,40	193,25
	P	0,60	2,78	0,14		W	2,89	0,12	88,20
	S	2,70	61,13	104,26		Y	13,83	5,20	27,65
	Si	233,8	459,35	10226,88		Zn	32,57	11,30	79,70
	Ti	2,92	21,43	7,14		Zr	158,1	12,30	495,40
(mg/kg)	As	7,25	0,06	35,50	Hf	5,67	1,00	16,50	
	Ba	191,8	65,40	469,30	La	25,36	4,65	74,20	
	Ce	45,54	11,90	143,13	Mo	0,61	0,52	2,45	
	Co	6,22	1,85	25,20	Nd	21,25	5,50	56,40	
	Cu	10,87	3,55	30,50	Nb	9,96	5,05	17,10	
	Cs	4,89	0,11	20,67	Ni	18,59	1,65	80,75	
	Cr	36,19	15,45	115,40	Pb	16,18	7,30	27,75	
	Ga	8,87	1,30	20,90					

el desarrollo y funcionamiento de la raíz está bien documentado y las medidas para aumentar el pH del suelo a 5,5 incorporando cal a profundidades de 1,0-1,2 m mediante arado de zanja antes de la siembra, son prácticas estándar.

Partiendo del muestreo y caracterización más de 150 perfiles de suelos de las zonas de mayor densidad y representatividad, en CLM se identifican, según Soil Taxonomy [9], cuatro órdenes de suelos: Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Ultisoles; el número de subgrupos

llega hasta 15. Muchos suelos derivan de procesos relacionados dinámica fluvial; se trata de Entisoles o Inceptisoles que muestran una equilibrada proporción de arcilla, limo, arena, pero sobre todo con determinados contenidos en grava, unas veces calizas y otras veces cuarcíticas. Son Entisoles en terrazas recientes e Inceptisoles en terrazas no tan recientes; en las terrazas antiguas tienden a formarse Alfisoles. Dada la importancia que le confiere la Soil Taxonomy al régimen de humedad, cabe señalar que prácticamente todo el viñedo de CLM está sometido a un régimen xérico, y solo excepcionalmente se ha admitido un régimen áquico.

Puestos a resaltar, los suelos más abundantes son los Typic Calcixerepts y Typic Rhodoxerafs. En ambos tipos de suelos, como sucede en otros tipos como Petrocalcic Calcixerept o Petrocalcic Rhodoxeraf, aparecen acumulaciones de carbonatos como nódulos con diferentes formas y grados de cementación, tales como micelios, pseudomicelios, calcanes, etc. También son relativamente frecuentes los Typic Xerorthents, que responden a las limitaciones provocadas por procesos erosivos, mientras que otras veces se deben a la presencia de roca dura próxima a la superficie.

Según FAO-ISRIC-ISSS [10], existen fundamentalmente: Cambisoles, Calcisoles, Luvisoles, Arenosoles, Gleysoles, Gypsisoles, Fluvisoles, Leptosoles, Regosoles, Acrisoles y Alisoles. Esta tipología de suelos la atribuimos fundamentalmente a procesos tales como alteración mineral parcial, calcificación o acumulación de carbonatos o yesos, argiluviación, rubefacción, etc. También cabe señalar, entre otros, dos procesos singulares y de moderada extensión territorial, como son la salificación y la gleización.

5 Conclusiones

Partiendo de la base de que los suelos juegan un papel trascendental en la fisiología de la vid y en la evolución bioquímica de la baya, definimos los suelos de CLM como muy edafodiversos. En efecto, se trata de coberturas edáficas, de edafotaxa y de una distribución espacial muy variada, a veces incluso a escala decamétrica. Dado que, si los suelos interaccionan con la vid, fundamentalmente a través de las propiedades físicas y químicas, de su nivel nutricional, por la humedad (disponibilidad de agua), por las propiedades térmicas y lumínicas y de la permisividad a la penetración radicular de la planta en el medio edáfico, no es pues extraño que esta notable edafodiversidad debe jugar un papel fundamental en la extraordinaria variedad de vinos que se producen en CLM.

Si el propósito de este trabajo era examinar el grado de edafodiversidad de CLM para comprender sus vinos, puede concluirse que, si los vinos traducen el papel del suelo, entonces el vino de CLM no debe ser único sino muy variado, lo que constituye un gran activo y un criterio interesante para los amantes del vino, vinicultores y viticultores.

Referencias

- [1] Olego M.A, Garcia V.M., Garzón E. (2009). Terroir ¿una realidad telúrica? *InfoWine* 1/2, 1-6.
- [2] Seguin G. (1986). Terroirs and Pedology of wine growing. *Experientia*, 42, 8: 861-873.
- [3] Deloire A., Vaudour E., Carey V., Bonnardot V. and Van Leeuwen C. (2005). Grapevine responses to terroir: a global approach. *J. International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 39, 4: 149-162.
- [4] Tisseyre, B., Ojeda, H. and Taylor, J. (2007) New technologies and methodologies for site-specific viticulture. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin* 41, 63-76
- [5] Van Leeuwen, C., Friant, Ph., Choné, X., Trégoat, O., Koundouras, S. and Dubourdieu, D. 2004. "The influence of climate, soil and cultivar on terroir". In *American Journal of Enology and Viticulture* Vol. 55, 207–217.
- [6] Cornelis Van Leeuwen & Gerard Seguin (2007) The concept of terroir in viticulture, *Journal of Wine Research*, 17:1, 1-10, DOI: [10.1080/09571260600633135](https://doi.org/10.1080/09571260600633135)
- [7] Gibbons W, Moreno T (2002) The geology of Spain. The Geological Society, London. 649 pp
- [8] Amorós, J.A; Bravo S.; García-Navarro, F.J.; Pérez-de-los-Reyes, C.; Chacón, J.L.; Martínez, J.; Jimenez-

Ballesta, R. (2016). Atlas de suelos vitícolas de Castilla-La Mancha. Universidad de Castilla-La Mancha. Globalcaja

[9] Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th ed. Washington, D.C.: USDA-Natural Resources Conservation Service

[10] FAO-ISRIC-IUSS (2006) World reference base for soil resources. A framework for international correlation and communication. World soil resources report. FAO, Rome.