

# **10. RELACIONES HÍDRICAS EN LA VARIEDAD TEMPRANILLO (*VITIS VINÍFERA* L.) CON DIFERENTES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO, EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS.**

---

*Alexandra Tomaz  
José Miguel Coletto Martínez  
Carlos Arruda Pacheco*

## **1. INTRODUCCIÓN**

En las regiones vitícolas mediterráneas, la afectación tradicional de los viñedos a suelos de menor potencial productivo ya no se practica. Actualmente, la vid también se cultiva en suelos fértiles y de mayor capacidad de almacenamiento de agua, y en muchos casos en régimen de regadío. En aproximadamente dos tercios de las regiones vitícolas mundiales, la precipitación anual es inferior a 700 mm (Flexas *et al.*, 2010). Es el caso de toda la región mediterránea donde prevalece una estación seca y cálida coincidente con la mayor parte del ciclo vegetativo y reproductor de la vid.

La vid es una planta típicamente mediterránea, tolerante a la escasez de agua. La plasticidad y la morfología de su sistema radicular permiten la exploración del suelo y de las capas geológicas agrietadas hasta gran profundidad, tanto en la línea de plantación como en la entrelínea (Winkler *et al.*, 1974; Pacheco, 1989; Trambouze y Voltz, 2001; Tomaz, 2012). En la capacidad de su sistema radicular de explorar las capas profundas del suelo reside buena parte de su tolerancia a la sequía.

El riego puede contribuir a la mejoría de la producción, siempre que se adopte un itinerario adecuado y se apliquen cantidades apropiadas de agua. Es preciso evitar que su exceso favorezca el vigor y el desarrollo vegetativo de la vid, afectando negativamente la calidad del vino producido, y esto supone una atención particular al control de la disponibilidad de agua

para la planta durante determinadas fases de su ciclo de crecimiento (Ojeda *et al.*, 2002; Payan y Salançon, 2004; Keller, 2005; Ojeda, 2007; Lopes, 2008; Silvestre, 2008).

Del mismo modo que regar en las primeras fases del ciclo de la vid puede inducir una exagerada expansión vegetativa, conduciendo a una producción de calidad insuficiente, también es de esperar esta respuesta productiva cuando la vid está implantada en suelos profundos, con elevada disponibilidad hídrica después del período post-floración, como es el caso de los Vertisuelos (Tomaz, 2012; Tomaz *et al.*, 2015).

Para obtener éxito en el control de las disponibilidades hídricas hay que considerar la fracción de agua consumida por las vides, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, las condiciones climáticas y el desarrollo radicular de la vid (Pacheco, 1989; Reynolds y Naylor, 1994; Girona *et al.*, 2005; Tomaz, 2012; Tomaz *et al.*, 2015).

En condiciones edafoclimáticas de elevada capacidad de almacenamiento de agua, propias de suelos profundos de textura fina, la utilización de cover crops o cultivos de cobertura entrelínea —que reducen las disponibilidades hídricas, y frenan el consumo hídrico y el crecimiento vegetativo excesivo de la vid— contribuye decisivamente a la calidad del producto final (Barroso, 2002; Afonso *et al.*, 2003; Monteiro y Lopes, 2007; Celette *et al.*, 2005; Celette *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2012).

Es de esperar que el suministro de agua por el riego afecte a las relaciones hídricas entre la viña y la cubierta vegetativa, en las capas superiores del suelo y a mayor profundidad pero también en la línea y entrelínea. Interesa saber si, y de qué forma, el cultivo de cobertura influye en las componentes cuantitativa y cualitativa de la producción, y también si la extracción hídrica de las vides es afectada para profundidades superiores a la del sistema radicular del cover crop. Para dar respuesta a estas cuestiones, se estudió la extracción hídrica de una viña regada, con y sin cover crop sembrado en la entrelínea.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante dos años (2007 y 2008) en una viña localizada en *Baixo Alentejo*, Portugal. La viña, de la variedad Tempranillo, con portainjerto SO4 y conducida en cordón bilateral; fue plantada en 2001, con un marco de 2,8 m x 1,0 m.

Los suelos del área de la viña se clasifican, según FAO, como Vertisoles. Se establecieron dos tipos de suelo: Suelo I, en la parte más alta de la viña, en una zona de mayor erosión, y por lo tanto, de menor profundidad, y Suelo II, en la zona más deprimida de la parcela, colmatada de sedimentos arcillosos que le conferían mayores profundidad y contenido en arcilla (cuadro 1).

En los dos años agrícolas, la precipitación totalizó 593 mm y 474 mm respectivamente. La cantidad total de precipitación durante el ciclo anual de la viña fue semejante, 158 mm y 143 mm, respectivamente en 2007 y 2008. No obstante, en 2007 la precipitación otoño-invernal fue muy superior a la del año siguiente.

Para el ensayo se definieron 4 parcelas, con 1 ha cada una. En noviembre de 2006 se sembró, en dos de las parcelas, una mezcla de gramíneas, especialmente del género *Lolium* L., y leguminosas, especialmente del género *Medicago* L. (figura 1). En las restantes, la entrelínea se cubrió naturalmente con vegetación espontánea, donde predominaban plantas del género *Lolium* L. pero también se encontraban algunas especies de *Trifolium* L. y *Rumex* L..

CUADRO 1: Datos físicos de los perfiles

Suelo	Horizonte	Prof. (cm)	Y.G.* (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	$r_{ap}^{**}$ (g/cm <sup>3</sup> )
I	Ap <sub>1</sub>	0-20	2,32	30,13	26,75	43,12	Arcillo-limoso	1,20
	Ap <sub>2</sub>	20-50	1,43	29,13	26,80	44,07	Arcillo -limoso	1,30
	Ap <sub>3</sub>	50-80	0,75	37,73	29,78	32,49	Franco- arcillo -limoso	1,40
	C <sub>1</sub>	80-130	0,28	32,81	36,03	31,16	Franco- arcillo -limoso	1,75
II	Ap <sub>1</sub>	0-15	2,52	18,88	18,43	62,69	Arcilloso	1,30
	Ap <sub>2</sub>	15-55	0,71	24,17	27,44	48,40	Arcillo -limoso	1,30
	Bw <sub>1</sub>	55-90	2,58	18,15	26,41	55,44	Arcillo -limoso	1,40
	Bw <sub>2</sub>	90-115	1,95	11,63	18,72	69,65	Arcilloso	1,40
	C <sub>1</sub>	115-135	29,37	34,37	23,52	42,11	Arcillo -limoso	1,75

\*Elementos Gruesos; \*\*densidad aparente

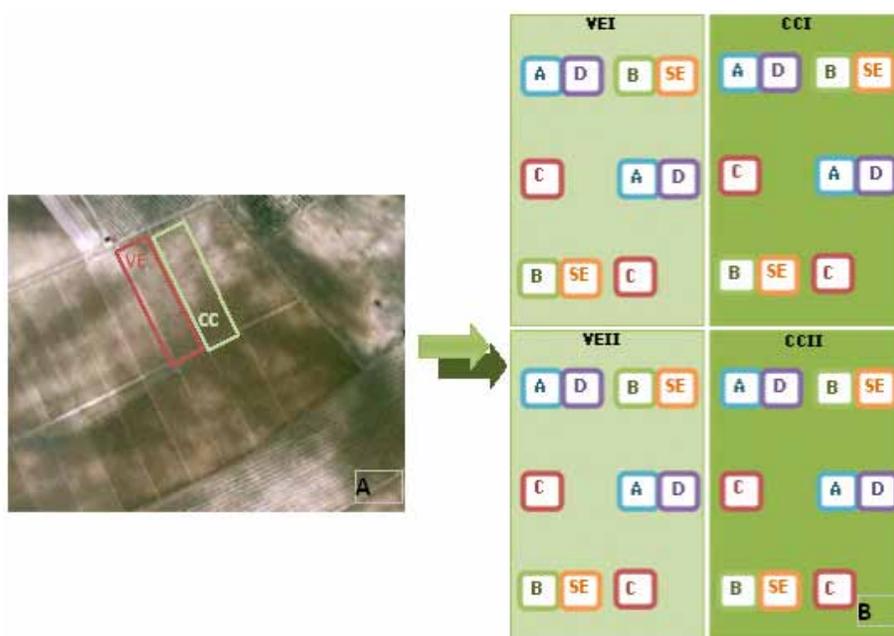
**FIGURA 1: Viña del ensayo: A) entrelínea con cover crop sembrado (después del corte); B) entrelínea con vegetación espontánea (después del corte).**



En los perfiles abiertos para estudio de los suelos, se observó la distribución del sistema radicular de las vides en planos verticales perpendiculares a la línea de plantación, localizados a 0,50 m de ésta. Todas las raíces encontradas en las paredes fueron divididas en 5 clases de diámetro, de la siguiente forma:  $\emptyset < 2$  mm;  $2 < \emptyset < 5$  mm;  $5 < \emptyset < 10$  mm;  $10 < \emptyset < 20$  mm y  $\emptyset > 20$  mm.

En cada parcela se delimitaron dos zonas paralelas, cada una con cinco sub-parcelas correspondientes a las modalidades de riego ensayadas: A (dotación de riego anual de 200 mm); B (dotación de riego anual de 150 mm); C (dotación de riego anual de 50 mm); D (dotación de riego anual de 100 mm, correspondiente a la dotación del agricultor). En 2008, se añadieron sub-parcelas de secano (SE) (figura 2).

**FIGURA 2. Parcelas del ensayo y diseño experimental** (*VEI = vegetación espontánea x suelo I; VEII = vegetación espontánea x suelo II; CCI = Cover crop x suelo I; CCII = Cover crop x suelo II; A = dotación de riego 200 mm; B = dotación de riego 150 mm; C = dotación de riego 50 mm; D = dotación de riego 100 mm; SE = secano*).



El riego se aplicó por medio de un sistema automatizado por goteo. El caudal de los góteros, distanciados de 1 m, fue de 2,2 l/h. Para cada una de las dotaciones de riego se extendió un tubo ciego a lo largo de la línea, colocando el ramal con emisores en la zona correspondiente a cada modalidad de riego. El inicio del riego tuvo como criterio un valor de potencial hídrico foliar de base, ( $\Psi_{pd}$ ), medido con cámara de presión en el rango -0.3 a -0.4 MPa. La frecuencia de riegos fue ajustada en función de los valores de este potencial en el tratamiento más deficitario (C). El segundo y el tercer riego se realizaron con valores próximos a -0.5 MPa y los riegos siguientes con valores de -0.6 a -0.7 MPa.

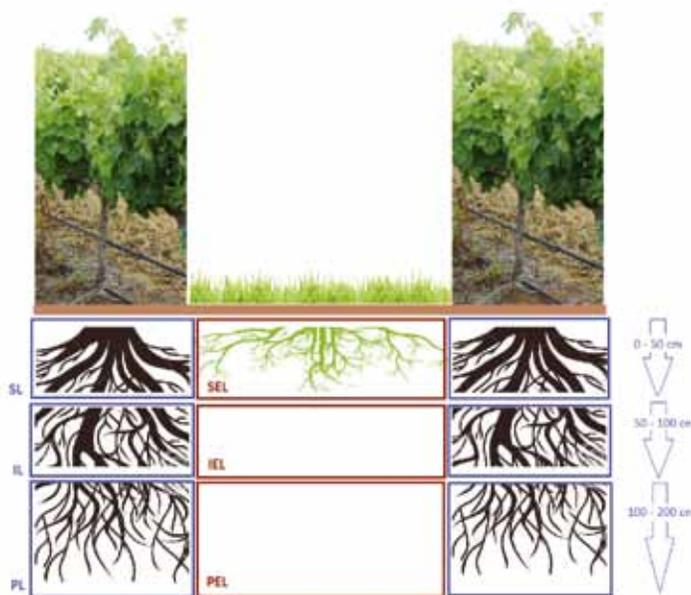
En 2007 se aplicaron siete riegos, tres en julio y los restantes en agosto. El primero tuvo lugar el 10 de julio y el último el 22 de agosto. En 2008 apenas se aplicaron cuatro riegos, el inicial el 30 de junio y el último el 8 de agosto.

La evaluación de la biomasa aérea de la cobertura vegetal en la entrelínea se efectuó a través de la cosecha de muestras obtenidas por corte de la vegetación delimitada por un cuadrado con 0,25 m<sup>2</sup> de área. El material fue posteriormente secado en estufa a 75°C y pesado. Esta operación se realizó algunos días antes del corte del cover crop, a mediados de mayo.

El rendimiento de la viña se expresó en peso medio por hectárea. La monitorización de la producción se realizó en áreas de control en cada tratamiento de riego formadas por veinte plantas, agrupadas en pares de vides contiguas. Los frutos fueron analizados en la fecha de cosecha, para determinar el contenido en sólidos solubles, pH, acidez total (utilizando los procedimientos descritos en OIV, 2014) y compuestos fenólicos (índice de polifenoles totales y antocianos totales), de acuerdo con las metodologías descritas en Cabrita *et al.* (2003).

El contenido en humedad del suelo fue monitorizado en 63 puntos, quincenalmente o después del inicio del riego, semanalmente, utilizando sondas de neutrones. Los tubos de acceso se instalaron a profundidades entre 1,70 m y 2,70 m, estando los más profundos localizados en la entrelínea. Con base en los datos recogidos se determinó la evolución del contenido en humedad del suelo, a partir del cual se obtuvieron los perfiles de desecamiento a lo largo del ciclo de crecimiento de la vid, de acuerdo con el método descrito en Pacheco (1989).

**FIGURA 3: Representación esquemática de los compartimientos de suelo considerados para análisis de la extracción de agua por las vides y por el cover crop.**



Se determinó también la variación temporal del agua disponible en el suelo, ASW (*Available Soil Water*), calculando la diferencia entre el contenido en agua en cada día de registro y el valor mínimo de contenido de humedad registrado a lo largo del ciclo, considerado el máximo desecamiento del suelo. Por último, para un estudio más a fondo de la dinámica de extracción de agua por las vides y por el cultivo de cobertura, se efectuó el cálculo de la variación mensual del almacenamiento de agua en diferentes zonas del suelo, siguiendo una metodología análoga a la de Celette *et al.* (2008). Para ello, se identificaron 6 compartimientos del suelo, distribuidos de la siguiente forma: 3 compartimientos en la línea, representativos de 3 capas de suelo (superficial SL; intermedia IL y profunda PL), y 3 compartimientos en la entrelínea, en correspondencia con las capas en la línea (SEL, IEL y PEL) (figura 3).

Para el análisis estadístico se realizaron, para cada año, ANOVA a dos factores, dotación de riego y tipo de cobertura vegetal x tipo de suelo. El efecto sobre la biomasa del cover crop fue analizado por medio de ANOVA a un factor (tipo de cobertura vegetal x tipo de suelo). Las diferencias entre tratamientos fueron evaluadas usando el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

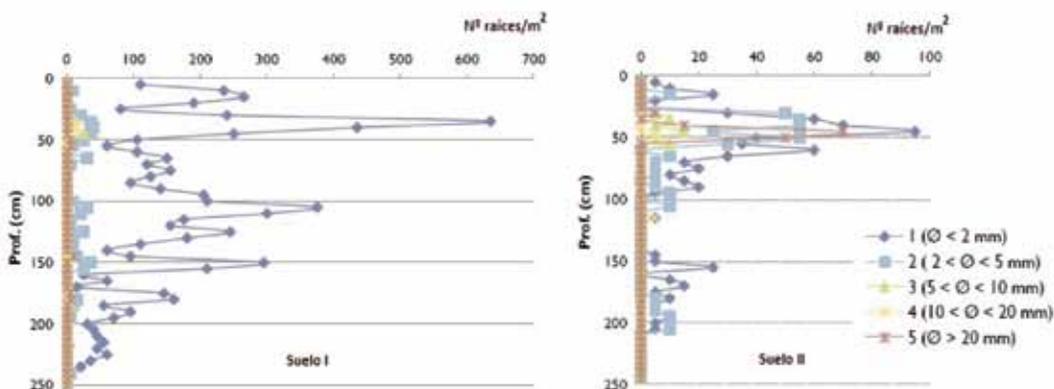
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La máxima concentración de raíces se sitúa entre 0,2 y 0,5 m de profundidad (figura 4), aunque el suelo más profundo (II) presenta una cantidad mucho menor de raíces de menor diámetro en este nivel. Se observa que las raíces de menor diámetro tienen un gran desarrollo vertical y, de acuerdo con los datos disponibles, alcanzan una profundidad de 2,5 m, o sea, son capaces de penetrar en la capa gabrodiorítica alterada y enriquecida en  $\text{CaCO}_3$  secundario (horizonte C).

Los datos referentes al efecto del factor *cobertura vegetal x tipo de suelo* sobre el rendimiento y la calidad de la producción se recogen en el cuadro 2. Las producciones sufrieron variaciones importantes en los dos años del ensayo, con rendimientos cercanos a 30 t/ha en el primer año y de 10 t/ha en el segundo. En el primer año del ensayo hubo una clara sobreproducción —los valores típicos de productividad de la variedad Tempranillo oscilan entre 8 y 15 t/ha según el INRB— y apenas se verificaron diferencias significativas en el suelo I, entre VE y CC.

En comparación con 2007, en 2008 hubo un aumento de sólidos solubles en las uvas. En 2008, se comprobó el efecto del tipo de *cobertura vegetal x tipo de suelo* sobre los sólidos solubles, con valores significativamente más elevados en ambas parcelas del suelo I. Los resultados para el pH y para la acidez total indican diferencias significativas solo en el segundo año. Las uvas con contenido significativamente menor en ácido tartárico se cosecharon en las parcelas con vegetación espontánea del suelo I. El índice total de polifenoles y el contenido en antocianos totales en las uvas presentaron padrones de variación semejantes: entre 2007 y 2008 se verificó un aumento de ambos. En 2008, se comprobó efecto del tipo de *cobertura vegetal x tipo de suelo* con valores significativamente más elevados, tanto de polifenoles como de antocianas, en las parcelas con cover crop sembrado del suelo I.

**FIGURA 4: Distribución radicular de las vides, por clases de diámetro, en planos verticales perpendiculares a la línea, en los suelos I y II.**



**CUADRO 2: Efecto del tipo de cobertura vegetal x tipo de suelo en el rendimiento y en la composición de los frutos.**

(VEI= vegetación espontánea x suelo I; VEII =vegetación espontánea x suelo II; CCI = Cover crop x suelo I; CCII = Cover crop x suelo II)

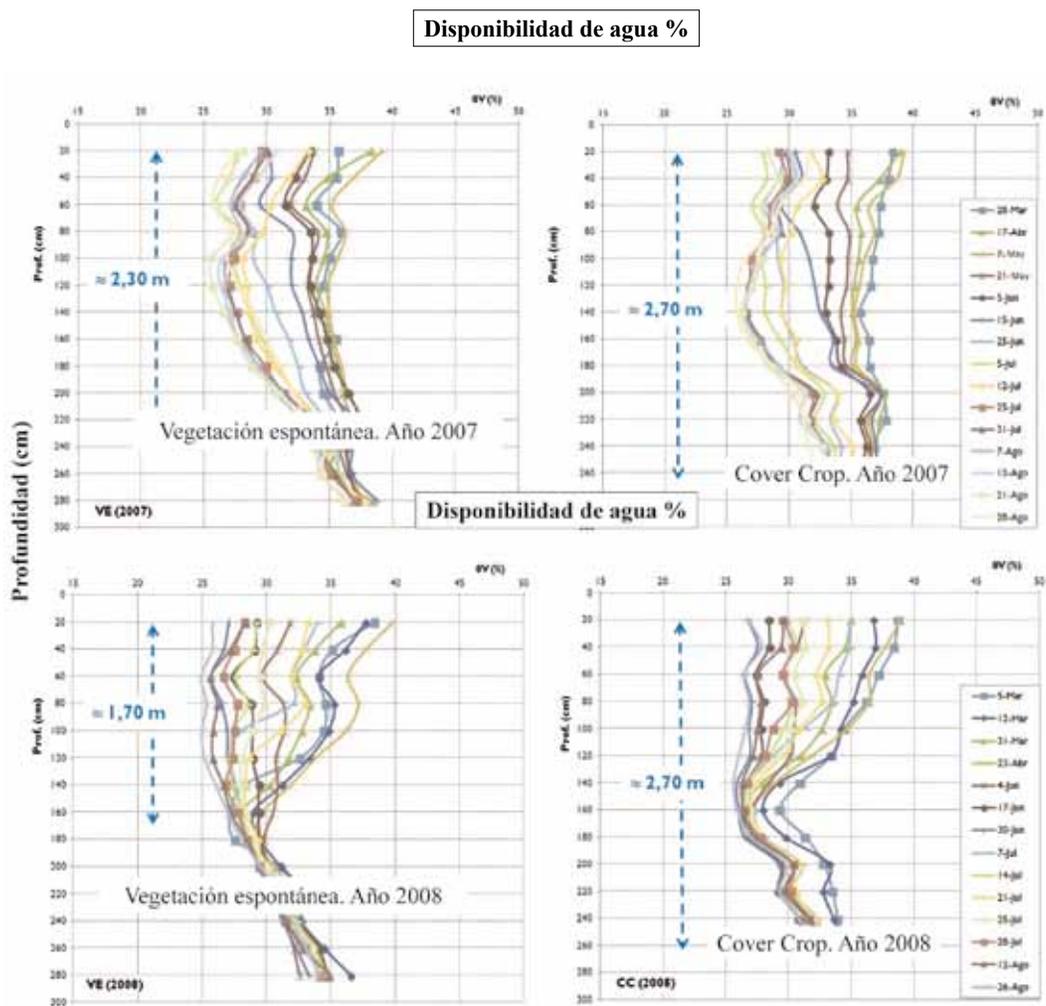
Año	Fuente de variación	Rendimiento		Composición de las uvas			
		Productividad (t/ha)	Sólidos solubles (°Bx)	pH	Acidez total (g de ácido tartárico/dm <sup>3</sup> )	Índice de polifenoles totales (%)	Antocianinas totales (mg/dm <sup>3</sup> )
2007		*	ns	ns	ns	ns	ns
	VEI	29,98 a	22,0	3,60	3,48	36.7	795.5
	VEII	28,84 ab	22,3	3,58	3,48	40.4	879.3
	CCI	26,47 b	22,3	3,53	3,70	45.8	1015.8
	CCII	27,91 ab	22,1	3,55	3,58	45.1	1000.3
2008		ns	*	*	*	*	*
	VEI	10,81	26,6 a	3,80 a	3,80 b	53.4 ab	1097.6 ab
	VEII	10,40	25,8 ab	3,58 b	4,40 a	52.6 ab	1154.0 ab
	CCI	10,05	26,7 a	3,72 a	3,94 ab	55.8 a	1203.2 a
	CCII	9,92	25,2 b	3,76 a	4,02 ab	43.3 b	896.0 b

Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas para  $p < 0,05$ .

\* y ns indican significancia para  $p < 0,05$  y no significancia, respectivamente.

En la figura 5, podemos observar los perfiles de desecamiento medio en los dos tipos de revestimiento de la entrelínea. En las parcelas CC, las vides consumieron agua hasta profundidades de aproximadamente 270 cm, principalmente en 2007, año en el que la precipitación ocurrida fue suficiente para abastecer todo el perfil pedolítico. Por el contrario, en las parcelas VE, el humedecimiento del perfil alcanza una profundidad de cerca de 230 cm como máximo en 2007 y de 170 cm en 2008. Como es típico de las condiciones mediterráneas, el frente de desecamiento avanza con la profundidad a medida que nos aproximamos a la maduración, y la extracción en las capas más profundas va ganando importancia con el tiempo. La contribución de estas capas profundas, en la alimentación hídrica de las vides, crece a medida que disminuye la cantidad de agua en los poros de los horizontes superficiales (A y B) y, por lo tanto, aumenta el contenido en oxígeno, necesario para la actividad respiratoria de las raíces finas del año que se van desarrollando y ocupando las fisuras del suelo. En 2008, en las parcelas con cover crop sembrado, los valores registrados más elevados de contenido de humedad se alcanzaron el 5 de marzo frente al 23 de abril en las parcelas VE. Teniendo en cuenta la diferencia de producción de biomasa de los dos tipos de cobertura vegetal en este año, se deduce un efecto del consumo hídrico realizado por el cover crop durante el mes de abril.

**FIGURA 5: Perfiles de desecamiento del suelo según diferentes tipos de cobertura de la entrelínea. Valores médios de todas las modalidades de riego y de los dos tipos de suelo.**



El padrón de evolución de la reserva hídrica fue, hasta julio, cuando se inició el riego, igual en la entrelínea y en las líneas de plantación, para todos los tratamientos de riego (figura 6). Mientras el cover crop se desarrolla, la extracción hídrica de la viña es superior a mayores profundidades, donde no se hace sentir la competición con el cover crop. Tras el corte de la vegetación de cobertura, la viña ejerce extracción hídrica en la entrelínea a lo largo de su ciclo anual de desarrollo.

En Vertisuelos, con apertura de grietas en verano y cierre en invierno, la presencia de raíces perennes influye en la apertura de las grietas. En las capas litológicas, de mayor densidad aparente solo pueden introducirse las raíces más finas cuya entrada en actividad (absorción de

agua) es determinada por la desecación parcial del suelo superior. La redistribución del sistema radicular de especies en competición por un determinado recurso fue designada por Miller (1986) como “Crecimiento compensatorio”. En el caso de las vides, este mecanismo está relacionado con la plasticidad de sus raíces y con su capacidad de explorar los horizontes más profundos, a medida que los más superficiales se desecan. Cuanto mayor es el número de discontinuidades, o mayor la aptitud del suelo para el agrietamiento, mayor es el número de raíces y mayor es el humedecimiento (invierno) y la desecación del suelo (verano).

La atracción del agua en la vecindad de las raíces es limitada en este tipo de suelos porque la microporosidad, además de elevada, presenta un diámetro medio de poros muy fino, aumentando la resistencia al movimiento del agua. Son las raíces las que crecen en dirección a las zonas húmedas, haciéndolo por medio de las microfisuras abiertas por la desecación del suelo por la propia absorción radicular.

Para la comparación de los consumos hídricos de las vides, en las distintas profundidades de suelo y diferentes tipos de cobertura vegetal en la entrelínea, se optó por hacer el análisis en la modalidad de secano, por ser aquella en que se espera que las variaciones sean más evidentes (figura 7). Podemos observar que la extracción hídrica es superior en la línea. De un modo general, por efecto de las lluvias de primavera, se verifica una variación positiva entre los meses de marzo y abril. En 2008, prácticamente en todas las profundidades, las parcelas con cover crop sembrado presentaron desecamiento desde marzo hasta agosto. La influencia del cover crop fue particularmente notoria en los compartimentos de la entrelínea. El decrecimiento en el contenido de humedad fue mayor principalmente en los primeros meses. Después, una vez cortada la vegetación de cobertura, el desecamiento se produjo más lentamente. Esta dinámica es más evidente en el horizonte superficial en la entre línea (SEL) que es donde el consumo hídrico del cover crop es preferente sobre el de la vid, una vez que su sistema radicular alcanza una profundidad próxima a los 40 cm.

En los compartimentos profundos se observó en 2007 una reducción más pronunciada del contenido en agua del suelo (figura 7). En estos, la disminución en la cantidad de agua depende del régimen de lluvias verificado en el año. En 2008, como resultado de un menor abastecimiento de agua al perfil, este se desecó más rápidamente, como se puede constatar cuando se comparan las barras de junio y julio. Con todo, las variaciones en la entrelínea con cover crop sembrado no son tan diferentes, indicando un mejor abastecimiento de agua en estas capas como resultado de una mayor infiltración de agua de la lluvia. Así, como defienden Cellete *et al.* (2008), el cover crop puede tener dos funciones, aparentemente opuestas. La primera, durante la estación lluviosa, de promover la reducción de escorrentía superficial proporcionando un aumento de la cantidad de agua almacenada en el perfil, principalmente en la entrelínea. La segunda, porque la mayoría de su ciclo de desarrollo ocurre antes del inicio del ciclo de la viña, permitiendo que se anticipe el consumo hídrico de la vid, en las capas superficiales de la entrelínea.

**FIGURA 6: Evolución de los valores medios de agua disponible en el suelo a lo largo del ciclo de desarrollo de la viña en los distintos tratamientos de riego y entre las líneas de plantación. (VEI= vegetación espontánea x suelo I; VEII =vegetación espontánea x suelo II; CCI = Cover crop x suelo I; CCII = Cover crop x suelo II)**

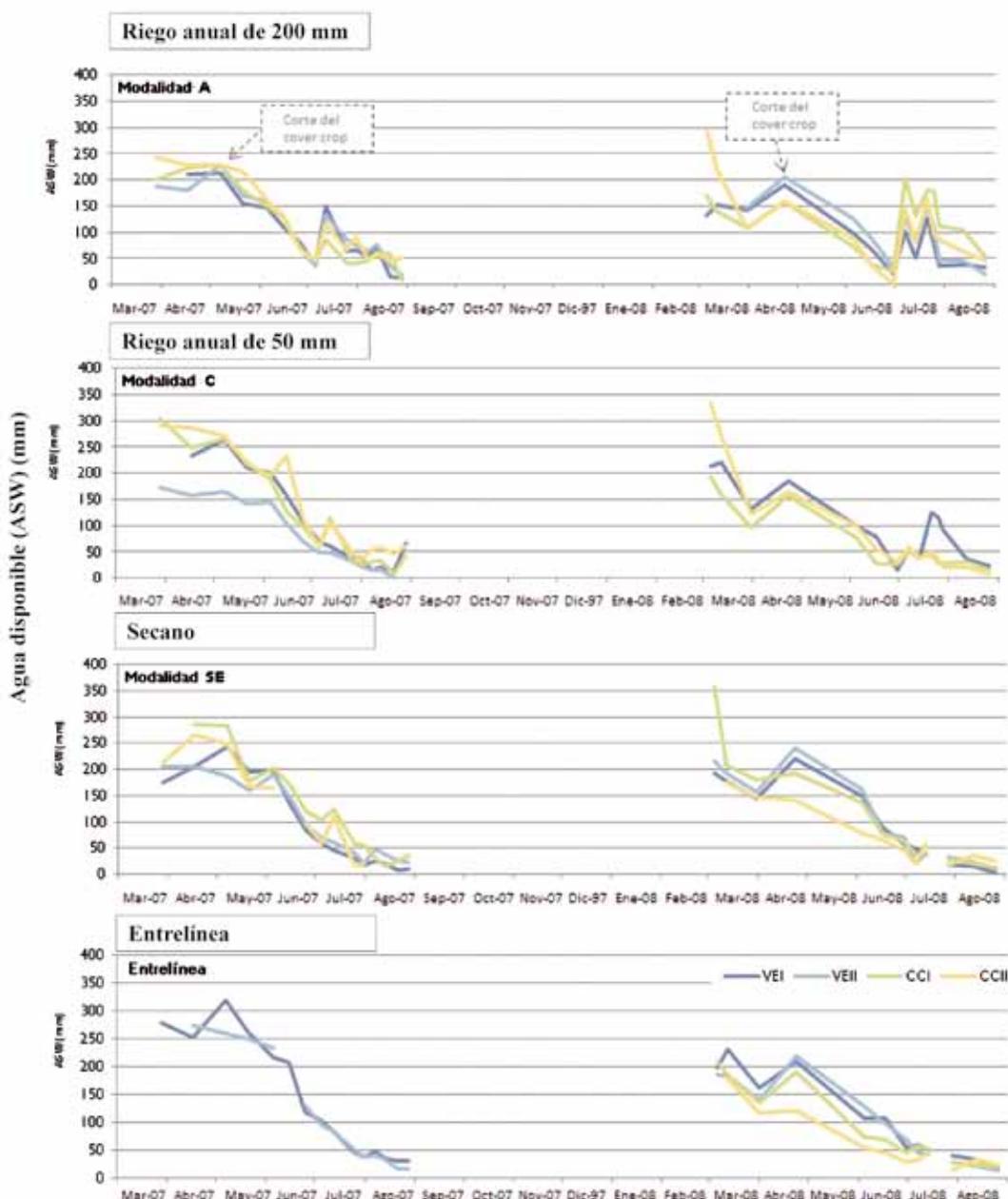
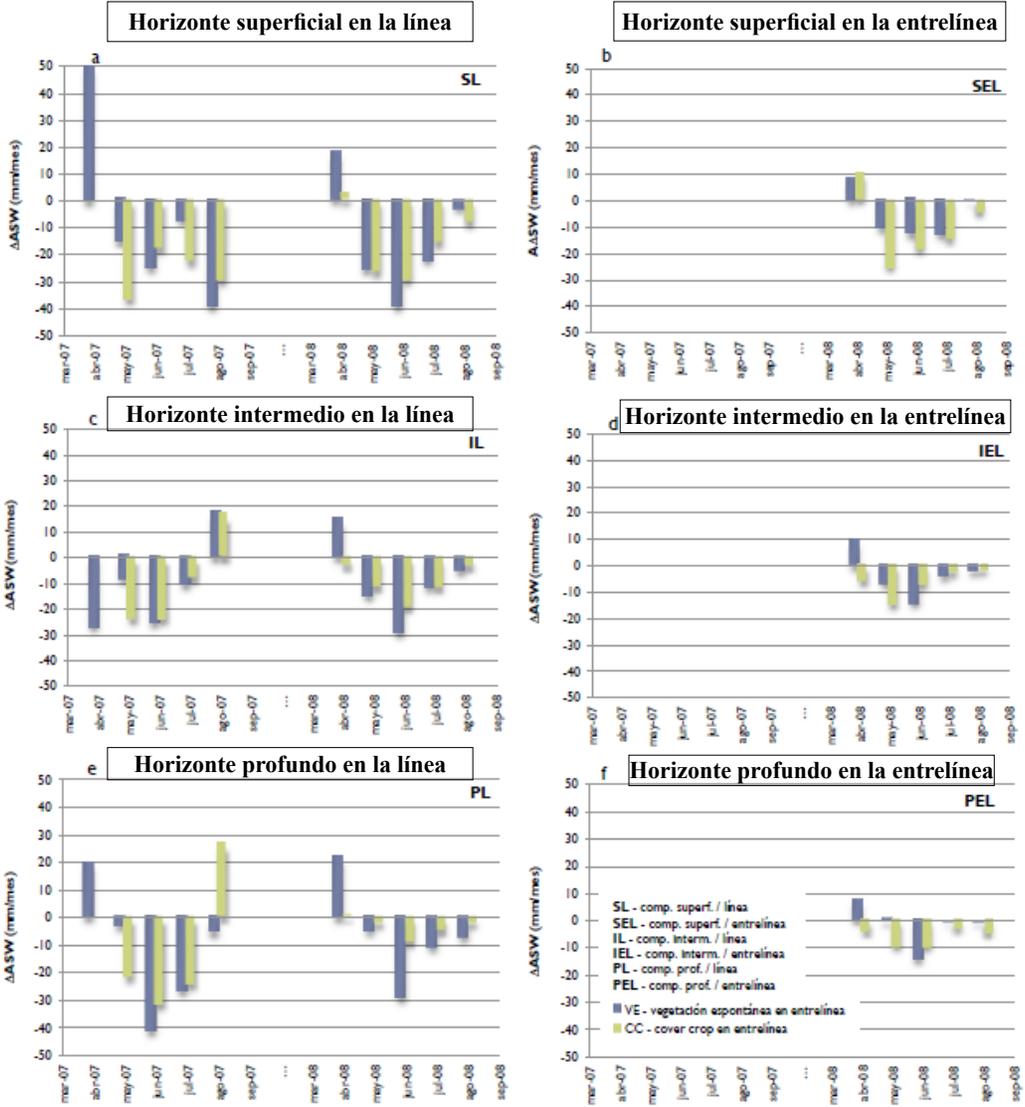


FIGURA 7: Variación mensual del contenido en agua, en la modalidad de secano, en diferentes horizontes y tipos de cobertura vegetal



#### 4. CONCLUSIONES

El análisis estadístico nos ha permitido establecer las siguientes conclusiones y valoraciones que estimamos válidas para el cultivo de la vid en regadío, en el área mediterránea, ubicado sobre vertisoles:

- La cantidad y distribución intra-anual de la precipitación y la producción de biomasa del cover crop sembrado limita la capacidad productiva de la viña en los años en los que las reservas hídricas del suelo son bajas.
- No obstante lo anterior, la cobertura vegetal influye positiva y significativamente en el contenido de polifenoles totales y de antocianos que son factores relacionados muy positivamente con la calidad de los vinos.
- A partir del momento en el que el suelo tiene agua almacenada, las plantas localizadas en las parcelas con cover-crop sembrado consumen agua hasta cerca de los 3,00 m de profundidad, de manera que la extracción hídrica de la vid ocurre hasta profundidades 7,5 veces superiores a la del sistema radicular del cover-crop (aproximadamente 40 cm, con la mayor densidad de raíces hasta 20 cm). A lo largo del tiempo, el cover-crop ejerce su influencia forzando al sistema radicular de la vid a buscar agua disponible en capas de suelo progresivamente más profundas. La desecación progresiva de los horizontes superficiales, por la influencia del cover-crop, obliga a las vides a colonizar, con mayor rapidez otros horizontes. Aunque el ensayo no lo ha podido demostrar debido a su corta duración, intuimos que cabría esperar que este profundo enraizamiento influyera positivamente asegurando la viabilidad y productividad del viñedo a largo plazo, sobre todo en periodos prolongados de sequías, y una mayor velocidad de colonización del suelo tras la plantación.
- A pesar del riego, la alimentación hídrica de las vides no está circunscrita a la línea de plantación. El patrón de evolución de la reserva hídrica en la entrelínea fue semejante al verificado en las líneas de plantación, sobre todo hasta el inicio del riego. De este modo, la extracción hídrica en la entrelínea ocurre de manera continua a lo largo del ciclo de desarrollo de la viña. La extracción tiene lugar preferentemente en la zona superficial de las líneas de plantación, donde se distribuye mayoritariamente el sistema radicular perenne pero las raíces finas del año ajustan su desarrollo en función del agua disponible en los diferentes compartimentos del suelo (definidos por su profundidad y ubicación en la línea o en la entrelínea).
- En los vertisoles —en los que la microporosidad es muy elevada, dificultando el movimiento del agua— el cover-crop acelera los ciclos de humectación-desecación, incrementando la formación de microfisuras por las que las raíces de las vides pueden penetrar aumentando la absorción radicular.
- El empleo de esta técnica puede ser útil para regularizar las producciones, evitando las producciones excesivas y faltas de calidad que son frecuentes en los suelos de gran fertilidad. No en vano, muchas denominaciones de origen de vinos, tienen establecidas, en sus reglamentos límites de producción autorizados, que obligan a utilizar técnicas costosas como el aclareo de yemas y racimos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Afonso, J. M., Monteiro, A. M., Lopes, C. M. y Lourenço, J. (2003) - Enrelvamento do solo em vinha na região dos vinhos verdes. Três anos de estudo na casta 'Alvarinho'. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 18(2): 47-63.
- Barroso, J.M. (2002) - A rega da vinha. Uma oportunidade ou um perigo para a qualidade do vinho do Alentejo? *Vinea – Revista do vinho do Alentejo*, 0: 10-13.
- Cabrita, M.J., Ricardo-da-Silva, J., Laureano, O. (2003) - Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. *Livro de atas do I Seminário Internacional de Vitivinicultura, 24 - 25 Setembro 2003, Ensenada, México*, 61-101.
- Celette, F., Gaudin, R. y Gary, C. (2008) - Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adopting of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 29: 153-162.
- Celette, F., Wery, J., Chantelot, Y., Celette, J. y Gary, C. (2005) - Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.) - tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant and Soil*, 276: 205-217.
- Cruz A., Botelho M., Silvestre J. y Castro R. (2012) - Soil management: introduction of tillage in a vineyard with a long-term natural cover. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 27(1): 27-38.
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomàs, M. y Medrano, H. (2010) – Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of grape and Wine Research*, 16: 106-121.
- Girona, J., Gelly, M., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J. y Marsal, J. (2005) - Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management*, 72: 97-108.
- INRB – Instituto Nacional de Recursos Biológicos, 2011. *Aragonez*. Consultado en <http://www.inrb.pt> [accedido en 7 de Septiembre de 2011]
- Keller, M. (2005) - Estratégias de irrigação de uvas brancas e tintas. *33<sup>rd</sup> Annual New York Wine Industry Workshop. Internet Journal of Viticulture and Enology*, 7/2005.
- Lopes, C.M. (2008) - Rega da vinha. *I Conferências da Tapada, 29 y 30 Outubro 2008*.
- Lopes C.M., Monteiro A., Machado J.P., Fernandes N. y Araújo A. (2008) - Cover cropping in a sloping non-irrigated vineyard: II – Effects on vegetative growth, yield, berry and wine quality of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *Ciência Técnica Vitivinícola*, 23(1): 37-43.
- Lopes, C.M., Santos, T.P., Monteiro, A., Rodrigues, M.L., Costa, J.M. y Chaves, M.M. (2011) - Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Scientia Horticulturae*, 129: 603-612.
- Miller, D. Y. (1986) - Root systems in relation to stress tolerance. *HortScience*, 21: 963-970.
- Monteiro, A. y Lopes, C. M. (2007) - Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 336-342.
- OIV (2014) - Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts (2 vol.). Office International de la vigne et du vin. Paris.

- Ojeda, H. (2007) - Riego cualitativo de precisión en la vid. *Revista Enologia* nº 6, Año III Enero – Febrero 2007: 14-17
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, Y., Carbonneau, A. y Deloire, A. (2002) - Influence of pre and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growyh of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4): 261-267.
- Pacheco, C.A. (1989) - *Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção.* 423 pp. . Disertación de Doctorado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Payan, J.C. y Salançon, Y. (2004) - Definir o regime hídrico das parcelas. *Internet Journal of Viticulture and Enology*, 3/2004.
- Reynolds, A. G. y Naylor, A. P. (1994) - ‘Pinot noir’ and ‘Riesling’ grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *Horticultural Science*, 29(12): 1505-1510.
- Silvestre, J. (2008) - Rega da vinha e composição fenólica das uvas. Comunicação apresentada no Seminário Uso da água. COTR - Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio, Maio de 2008. Beja.
- Tomaz, A. (2012) - *La alimentación hídrica de la variedad Aragonez (Vitis vinifera L.) en vertissuelos regados, con y sin cultivo de cobertura: efectos del riego en la producción y en la dinámica de extracción de agua.* 196 pp. Disertación de Doctorado, Universidad de Extremadura.
- Tomaz, A., Coletto Martinez, J.M. y Pacheco, C.M.A. (2015) - Rendimento e qualidade da produção de uma vinha plantada em Vertissolos sob condições de conforto hídrico e de défice hídrico. *Agrotec*, 14: 58-63.
- Trambouze, W. y Voltz, M. (2001) - Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107: 153-166.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. y Lider, L.A. (1974) - *General viticulture.* 710 pp. Revised and enlarged edition. University of California Press. London.