

INFLUENCIA DEL RIEGO SOBRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS DE UVAS TEMPRANILLO Y GARNACHA CULTIVADAS EN RIOJA BAJA

**Abril, M.¹, Negueruela, A.I.¹,
Ayala, F.²,
Echávarri, F.²**

¹Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C/ Miguel Servet 177, 50013-Zaragoza. maabril@ull.es

²Laboratorio de Color de La Rioja, Luis de Ulloa 20, 26004 Logroño.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la posible influencia del riego aplicado a la mitad de cada una de las parcelas bajo control sobre el espectro de reflexión de las uvas. Las variedades de uva utilizadas han sido Tempranillo y Garnacha. En la bibliografía existen trabajos acerca de la influencia del riego controlado sobre los antocianos del mosto y del vino final entre los que citamos a: López-San Miguel *et al.* (1982), Freeman *et al.* (1983), González *et al.* (1983), Zamboni *et al.* (1987); Zaballa *et al.* (1996), García-Escudero *et al.* (1997), Sipiora (1998) y Esteban *et al.* (2001). Sin embargo, no hemos encontrado trabajos publicados hasta el momento que estudien la diferencia entre espectros de uvas testigo y regadas.

En este trabajo haremos hincapié en el estudio del espectro de reflexión, destacando el punto de vista físico, aun encontrando que este espectro de reflectancia se encuentra relacionado con la cantidad de antocianos durante la maduración.

Finalmente hemos estudiado la posible influencia de las precipitaciones sobre dicho espectro de reflectancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El CIDA (Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de la Rioja) viene desarrollando desde hace años una experiencia sobre la influencia que el riego controlado ejerce sobre la uva. De las parcelas que este centro tiene bajo su control, dos se encuentran en el término municipal de Aldeanueva de Ebro (Rioja Baja). En una de ellas está cultivada la variedad Tempranillo y en la otra la variedad Garnacha y sus cepas fueron sometidas a dos regímenes o tratamientos hídricos diferentes:

- a) Testigo: parcelas que no recibieron ningún aporte adicional de agua distinto al de las precipitaciones naturales.
- b) Riego controlado por goteo: parcelas que recibieron un aporte adicional de agua, hasta alcanzar 150 mm/m².

Debido al control que tenemos sobre estas parcelas las denominaremos *experimentales*. Su tamaño es de 300 cepas, lo cual permite disponer de un medio adecuado de trabajo para nuestro estudio de maduración.

RECOGIDA DE MUESTRAS Y CONTROL DE MADURACIÓN

El seguimiento del proceso de maduración se efectuó, para cada uno de los tratamientos, mediante la toma aleatoria de granos de uvas de diferentes cepas de cada parcela. Este seguimiento se realizó durante las campañas de 1998, 1999 y 2000. Los muestreos se realizaron en la fase de maduración de las uvas desde el envero hasta la vendimia. Dada la distinta maduración entre las variedades Tempranillo y Garnacha los muestreos se realizaron en días diferentes, variando esta fecha con la campaña, como se puede observar en la Tabla 1. Con el fin de comparar evoluciones de las distintas parcelas en los diferentes años, para numerar los días de muestreo, tomamos como referencia el último día, al que hemos denominado día cero en todo nuestro estudio.

Tabla 1.- Fechas de muestreo en las parcelas experimentales, según las variedades de uva para los distintos años estudiados.

Variedad	Año 1998	Año 1999	Año 2000
Tempranillo	06/08		
	10/08	11/08	
	13/08		
	17/08	18/08	16/08
	20/08		
	24/08	25/08	24/08
	27/08		
	31/08	01/09	30/08
	03/09		
	09/09	08/09	
	17/09	16/09	06/09
Nºmuestreos	11	6	4
Garnacha	13/08	11/08	
	17/08	18/08	16/08
	20/08		
	24/08	25/08	24/08
	27/08		
	31/08	01/09	30/08
	03/09		06/09
	09/09	08/09	12/09
	17/09	16/09	18/09
	28/09	23/09	02/10
		27/09	
05/10		13/10	
Nºmuestreos	11	8	8

El número de muestreos que se indica en la tabla es referido a cada parcela y condición de riego.

PRECIPITACIONES

Quizás la mayor dificultad que se ha presentado en este estudio haya sido la diferencia climatológica entre las tres campañas, que está reflejada en los datos de precipitaciones y temperaturas suministrados por el Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de la Rioja. En la Figura 1 presentamos las precipitaciones a modo de ejemplo.

En 1998 las lluvias fueron abundantes una semana antes de la vendimia de la uva Garnacha. En la campaña de 1999 llovió en grandes cantidades justo antes de la vendimia de la uva Tempranillo y dos semanas antes de la de Garnacha. Sin embargo, el año 2000 fue un año seco, lo que provocó un adelanto en la vendimia de Tempranillo e hizo que el nº de muestreos de ese año se redujeran a cuatro.

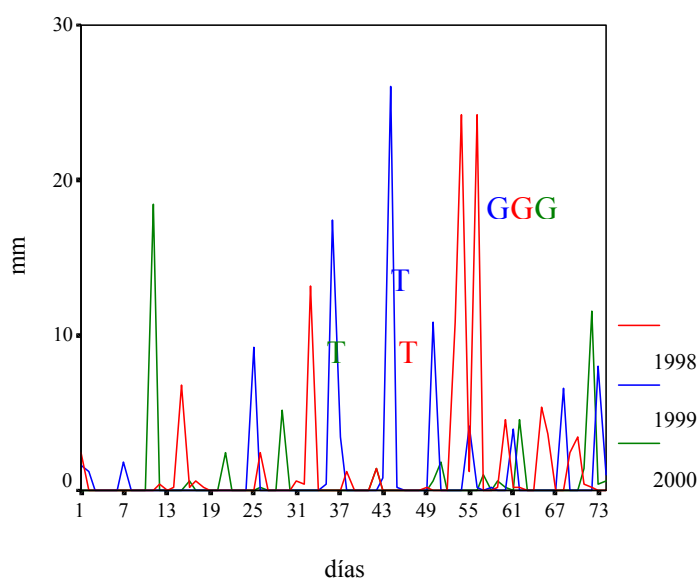


Figura 2.5.- Precipitaciones en mm en las tres campañas del 1/08 (día 1) al 13/10 (día 74). Últimos días de muestreo en las parcelas experimentales de Tempranillo (T) y Garnacha (G). Año 1998. T: día 48, G: día 66. Año 1999. T: día 47, G: día 58. Año 2000. T: día 37, G: día 73.

MEDIDA DEL ESPECTRO DE REFLECTANCIA DE LAS UVAS

De las uvas correspondientes a cada muestreo hemos tomado 10 granos aleatoriamente y hemos medido el espectro de reflexión de cada uno de ellos, obteniendo el espectro promedio de los diez granos, que consideraremos será la medida correspondiente a cada muestreo.

Antes de comenzar a realizar las medidas hemos eliminado la pruina y limpiado con cuidado la superficie de las bayas con tela de algodón con objeto de evitar irregularidades en la determinación del color, debidas a la presencia de polvo o residuos de pesticidas.

Las medidas de la reflectancia espectral de la uva se han realizado en el espectro visible (380-780 nm), con una geometría 45°/0 mediante un espectralradiómetro SpectraScan 714 de Photo Research, que puede medir en el intervalo de longitudes de onda de 380 a 1100 nm, cada 4 nm. La medida se realiza dentro de una cabina de iluminación Macbeth Spectra Light (Figura 2), utilizando dos lámparas, alimentadas con fuentes de alimentación estabilizadas colocadas cada una a 45° con respecto a la recta que une la muestra y el aparato. Para obtener el espectro de cada grano el aparato efectúa el promedio de 4 medidas, cada una de las cuales corresponde a un cuarto de vuelta del grano, siendo el mismo aparato el que selecciona el tiempo en cada una de estas cuatro medidas. De este modo se determina el color promedio de toda la uva y no sólo el de una de sus caras.



Figura 2.- Cabina Macbeth Spectra Light con Espectralradiómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tres campañas estudiadas hemos obtenido unos espectros de forma y evolución semejantes. En la Figura 3 presentamos los espectros medios para cada día de muestreo, de las uvas Tempranillo testigo de la campaña de 2000. Los valores de reflectancia son similares a los obtenidos por Iñarrea *et al.* (1993) y Albáizar (2001) para uvas Tempranillo.

En el primer día de nuestros muestreos, se observa un máximo de reflexión relativo en torno a 640 nm, un mínimo antes de los 680 nm y un crecimiento muy acusado de los valores de la reflectancia a partir de 680 nm, todo ello correspondiente al espectro de la clorofila.

A medida que avanza la maduración, el máximo en 640 nm va desapareciendo debido al aumento de antocianos en la uva. Sin embargo, el mínimo de reflectancia de la clorofila se mantiene durante todo el proceso.

En los espectros de las uvas tintas Garnacha se observó una disminución general de la reflectancia de la uva durante la maduración de las distintas campañas, similar a la de las uvas Tempranillo.

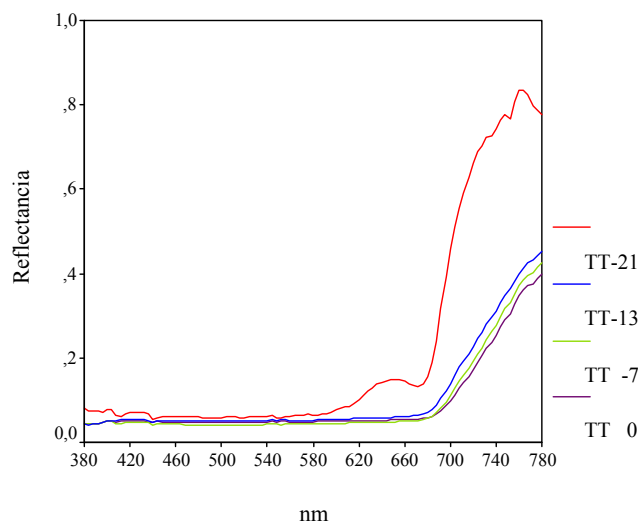


Figura 3.- Espectros medios de reflectancia de las uvas testigo durante la maduración de la campaña de 2000 para la variedad Tempranillo. TT: Tempranillo testigo; TR: Tempranillo regada. Día de muestreo: -21, -13, -7; último día de muestreo: 0.

Durante el proceso de maduración los espectros de uvas regadas son similares en rasgos generales a los de uvas testigo con algunas matizaciones. En la Figura 4 hemos representado ambos espectros en un día intermedio de muestreo de la campaña de 1998, a modo de ejemplo.

En la variedad Tempranillo entre 700 y 780 nm el espectro de las uvas regadas presenta valores de reflectancia mayores que el de uvas testigo. La región entre 380 y 550 nm es prácticamente plana debido a la absorción de los antocianos. En el intervalo entre 550 y 700 nm vuelve a ser mayor la reflectancia de las uvas regadas, que tardan más tiempo en perder el máximo relativo en 640 nm. No obstante, el último día estas diferencias han desaparecido casi por completo.

La Figura 5 presenta los espectros de reflectancia de las uvas de la variedad Garnacha para un día intermedio y el último día de muestreo de la campaña de 1999. La forma de los espectros son similares a la de Tempranillo con las siguientes diferencias: en la región entre 380 y llegando hasta 580 nm en algunos años, la reflectancia de las uvas testigo es mayor que la de las regadas. En el último día, las diferencias entre 600 y 780 se mantienen, cosa que no ocurría en el Tempranillo.

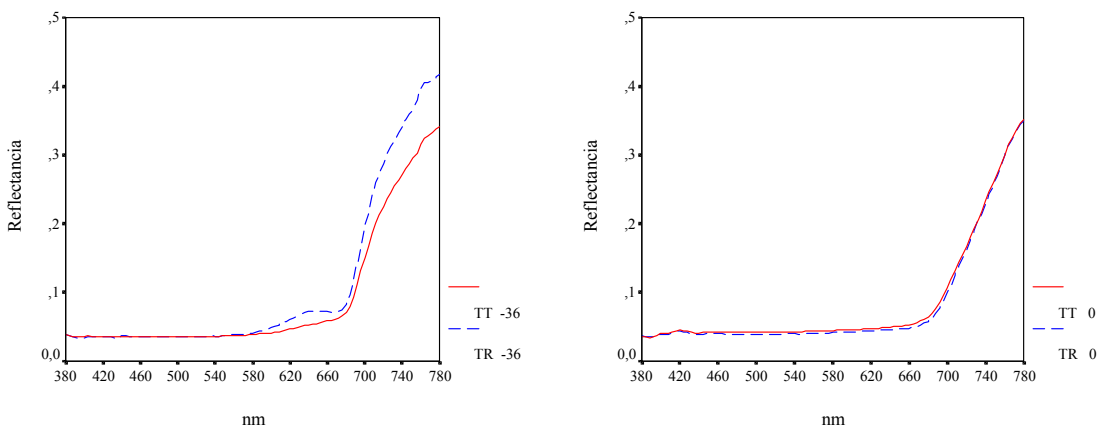


Figura 4.- Espectros medios de reflectancia de las uvas Tempranillo testigo (TT) y regada (TR) para los días de muestreo -36 y 0 de la campaña de 1999.

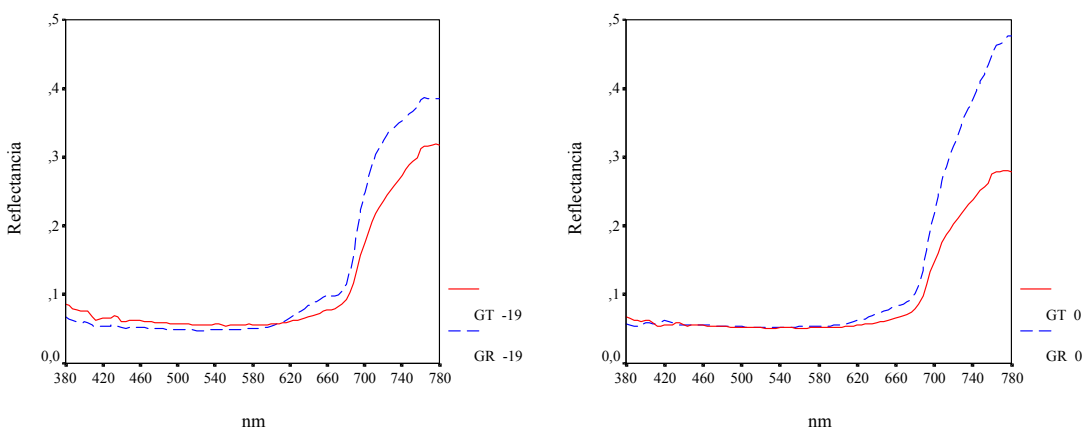


Figura 5.- Espectros medios de reflectancia de las uvas Garnacha testigo (GT) y regada (GR) para los días de muestreo -19 y 0 de la campaña de 1999.

Resaltaremos la zona central (550-700 nm) porque es donde se van a apreciar las pequeñas modificaciones del espectro que podrían estar relacionadas con la variación de la cantidad de antocianos. Las diferencias que más nos van a interesar son las del último día de muestreo, momento en que la uva va a ser vendimiada.

Observamos que la mayor diferencia se encontraba en la pendiente de los espectros entre 590 y 660 nm. Esto nos sugirió, para poder cuantificar las comparaciones, calcular para cada espectro esta pendiente como si fuera una recta. Los resultados para las tres campañas y las dos variedades se muestran en las Tablas 2 y 3, junto con los antocianos medidos ese día.

En las uvas Tempranillo testigo y regadas podemos apreciar en todos los años, que la cantidad de antocianos es mayor cuando la pendiente es más elevada. En las uvas Garnacha ocurre lo contrario. Esto nos sugiere que esta pendiente está relacionada con la cantidad de antocianos, aunque no podemos apuntar una relación válida para distinguir entre uvas regadas y testigo ni para diferenciar entre las dos variedades.

Tabla 2.- Pendientes del espectro de reflectancia entre 590-660 nm y contenido de antocianos de las uvas Tempranillo testigo (TT) y regada (TR) correspondientes al último día en las diferentes campañas.

Muestra	Pendiente ($\times 10^{-4}$)	Antocianos (mg/g)
TT98 0	0,529	1,96
TR98 0	1,006	2,03
TT99 0	1,043	1,49
TR99 0	0,801	1,43
TT00 0	1,200	1,57
TR00 0	1,241	1,57

Tabla 3.- Pendientes de la recta de reflectancia entre 590-660 nm correspondiente a los espectros del último día (0) de las uvas Garnacha testigo (GT) y regada (GR) en las diferentes campañas.

Muestra	Pendiente ($\times 10^{-4}$)	Antocianos (mg/g)
GT98 0	5,104	1,17
GR98 0	5,840	1,03
GT99 0	2,051	0,84
GR99 0	4,011	0,52
GT00 0	1,720	1,17
GR00 0	3,541	0,82

INFLUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL ESPECTRO DE REFLECTANCIA DE LAS UVAS

Teniendo en cuenta que las posibles diferencias que pudiéramos encontrar entre los espectros de reflectancia de las uvas testigo y regadas se van a producir por la distinta disponibilidad de agua por parte de la baya, vamos a estudiar la influencia que podrían ejercer las precipitaciones sobre la evolución de estos espectros.

Según diversos autores, como López-San Miguel *et al.* (1982); Freeman *et al.*, (1983); González *et al.* (1983); Zamboni *et al.* (1987) y García-Escudero *et al.* (1997), la disponibilidad de agua por parte de la baya puede influir en la cantidad de antocianos presentes en la misma.

En nuestro caso, debemos considerar que esta disponibilidad de agua por parte de la baya no proviene solamente del riego sino también de las lluvias caídas durante el período de muestreo. Por lo tanto, pensamos que estas últimas podrían modificar también la cantidad de antocianos presentes en la baya y afectar de alguna manera a la evolución del espectro.

Al estudiar los espectros, tanto en uvas testigo como en regadas, hemos encontrado irregularidades en su evolución, que pensamos podrían estar causadas por las precipitaciones. Además, estas irregularidades son distintas en uvas regadas que en uvas testigo.

En este apartado vamos a intentar comprobar si estas irregularidades encontradas en la evolución de los espectros podrían estar relacionadas con la pluviosidad caída en los días previos al muestreo.

Aunque estas alteraciones tienen lugar en todo el espectro, nos vamos a centrar solamente en la zona 550-700 nm por ser la región donde consideramos que las variaciones de antocianos son más apreciables, como ya hemos indicado.

Por motivos de escala hemos reducido el intervalo espectral de 552 a 680 nm en las figuras, ya que los valores de reflectancia a partir de esta longitud de onda aumentan rápidamente e impiden ver las variaciones con detalle.

En la Figura 4 mostramos esa zona de los espectros de reflectancia en el año 1998 para uvas Tempranillo testigo y regadas. Hemos encontrado irregularidades en la evolución de los espectros entre 550 y 680 nm que podrían ser debidas a las precipitaciones. En la Figura 6a) se observa que se produce un aumento de la reflectancia de las uvas testigo en el día (-28), que podría ser debido a las precipitaciones producidas entre el muestreo anterior (-31) y ese día.

Por el contrario, la Figura 6b) muestra que la reflectancia de las uvas regadas disminuye continuamente en el período comprendido entre los días (-42) y (-17), no viéndose influenciada la distribución superficial de antocianos por las lluvias durante esos días.

Como indican algunos autores (García-Escudero *et al.*, 1997; Esteban *et al.*, 2001), las lluvias producen un aumento del tamaño de la uva y por tanto de su superficie. Entonces, los antocianos que se encuentran en el hollejo se distribuyen en una superficie mayor. El hecho de que la reflectancia aumente después de haber llovido podría ser debido a que estos antocianos del hollejo no son capaces de absorber la cantidad de luz que debería reflejar la clorofila. Es como si la densidad superficial de los antocianos disminuyera y, dado que la clorofila permanece aún en la baya, la presencia de clorofila se nota, por tanto, en este ligero aumento de la reflectancia.

Por el contrario, la reflectancia de las uvas regadas, que disponen de mayor cantidad de agua, disminuye continuamente entre los días -42 y -17, sin verse afectada por las lluvias.

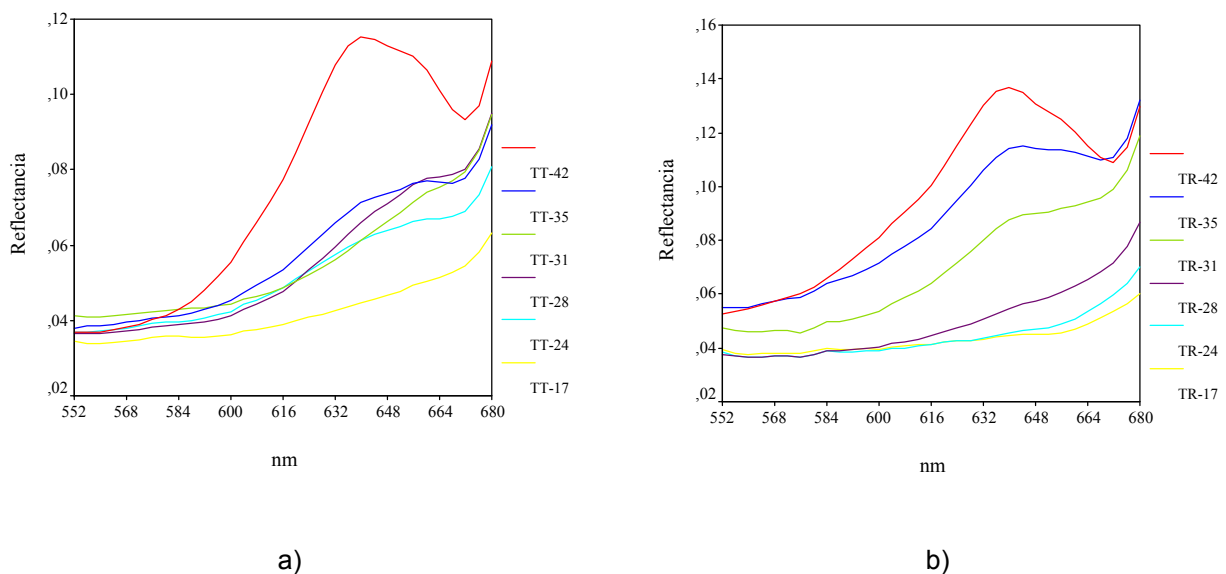


Figura 6.- Espectros de reflectancia a) de uvas Tempranillo testigo (TT) y b) regadas (TR) de 1998, entre 552 y 680 nm, en fechas de muestreo entre las que se produjeron precipitaciones. Día de muestreo: -42,-35,-31,-28,-24,-17.

En la variedad Garnacha al estudiar la evolución temporal de los espectros durante las distintas campañas, volvemos a encontrar en los espectros de uvas testigo el aumento de la reflectancia en los días siguientes a las precipitaciones abundantes, mientras que esta pluviosidad no se refleja en los espectros de uvas regadas, al igual que ocurría en Tempranillo. Este comportamiento puede observarse en la Figura 7 donde la mayor cantidad de agua caída fue de 27 mm entre los días -19 y -11.

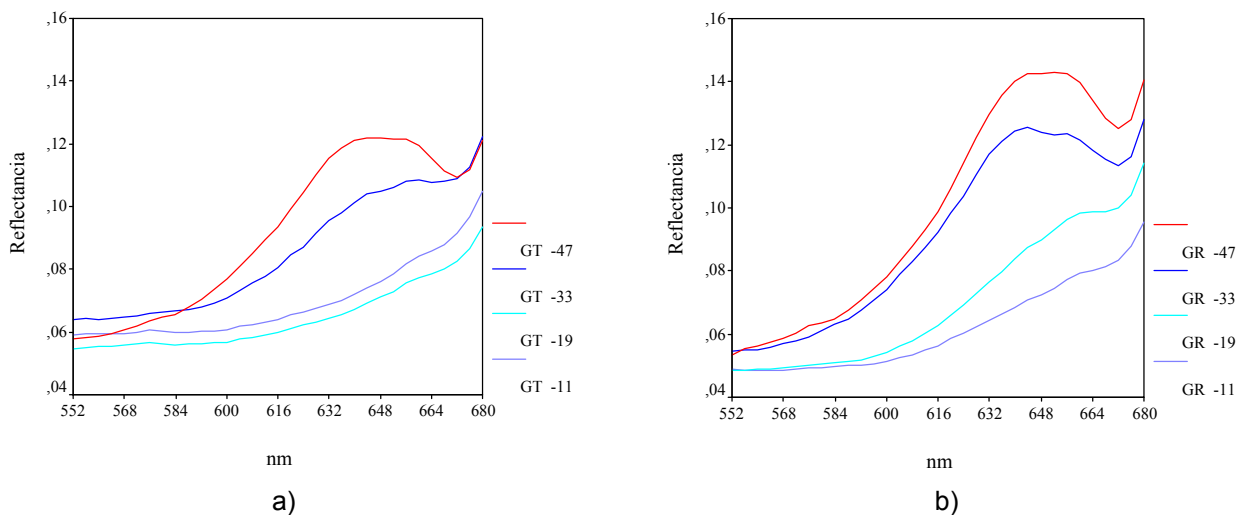


Figura 7.- Espectros de reflectancia a) de uvas Garnacha testigo (TT) y b) regadas (TR) de 1999, entre 552 y 680 nm, en fechas de muestreo entre las que se produjeron precipitaciones. Día de muestreo: -47,-33,-19,-11.

CONCLUSIONES

La clorofila de las bayas no desaparece en el proceso de maduración ni en las uvas Tempranillo ni en las Garnacha, como lo demuestra la presencia del mínimo de reflectancia próximo a 680 nm.

Las pendientes de los espectros de reflectancia de las uvas entre 590 y 660 nm en el último día de muestreo están relacionadas con la cantidad de antocianos, presentes en la baya, tanto para uvas Tempranillo como para Garnacha.

La lluvia en los días previos al muestreo influye en el espectro de reflectancia de las uvas testigo, Tempranillo y Garnacha, produciendo un apreciable aumento de la reflectancia entre 550 y 680 nm, frente a la evolución descendente, característica del proceso de maduración.

BIBLIOGRAFÍA

Albáizar, T. (2001). Estudio de la variación de parámetros físicos durante el proceso de maduración de las bayas de la variedad Tempranillo. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

Esteban, M. A.; Villanueva, M. J.; Lissarrague, J. R. (2001). Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapes berries during ripening. *J. Sci. Food Agric.* **81**, 409-420.

Freeman, B. M.; Kliever, W. M. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* **34**, 197-207.

García-Escudero, E.; López, R.; Santamaría, P.; Zaballa, O. (1997). Ensayo de riego localizado en viñedos productivos de cv. Tempranillo. *Vitivinicultura.* **50**, 35-47.

González, J.; López-San Miguel, T. (1983). Influencia del riego de la vid en las características vitivinícolas de las variedades "Tempranillo" y "Viura" en Rioja. **1934**, 3397-3401.

Iñarrea, M.; Negueruela, A. I.; Pérez, E. (1993). Estudio de la evolución del color de uva de la variedad Tempranillo durante la maduración. *Op. Pur. Apl.* **26**, 542-548.

López-San Miguel, T.; Metola Pozo, V. (1982). Influencia del riego de la vid en la maduración de la uva y en la calidad de los mostos en Rioja. *Inf. Tec. Ec. Agric.* **46**, 39-46.

Sipiora, M. J.; Gutiérrez, M. J. (1998). Effects of pre-veraison irrigation cutoff and skin contact time of the composition, color, and phenolic content of young Cabernet Sauvignon wines in Spain. *Am. J. Enol. Vitic.* **49** (2), 152-161.

Zaballa, O.; López, R.; Santamaría, P.; García-Escudero, E. (1996). Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología del INDO. Valencia, 20-22 marzo.

Zamboni, M.; Iacono, F.; Fregoni, M. (1987). Influence de l'époque de sécheresse sur la production et sur la qualité du moût des vignes cultivées en pot. III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bordeaux. 223-228.