

Determinación de la superficie foliar y la materia seca de hojas de Tempranillo

Desarrollo de un método para la determinación a partir de su peso fresco en tres densidades de plantación

J. Yuste; H. Martín;
R. Yuste;
M^a. V. Albuquerque;
E. Barajas.

Departamento de Viticultura.
Instituto Tecnológico Agrario
de Castilla y León.

En este trabajo se desarrolla y evalúa un método para determinar la superficie foliar y la materia seca acumulada en las hojas de un viñedo de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) a partir del peso fresco de las hojas principales y las hojas de anticipados de un número determinado de sarmientos, en tres densidades de plantación diferentes (3x1,2; 3x1,5; 3x1,8) en la época de vendimia.



Desarrollo foliar de Tempranillo en espaldera vertical.

El potencial productivo global de un viñedo viene determinado, entre otros factores, por el desarrollo de la superficie foliar. Ésta debe garantizar un determinado nivel de rendimiento de uva de calidad y la acumulación de reservas. Por lo tanto, una buena evaluación del potencial productivo de un viñedo puede basarse en la medida de su superficie foliar, es decir lo que se conoce como LAI (*leaf area index*), cuyas unidades corresponden a m² de superficie foliar/m² de suelo (Baeza y Lissarrague, 2001).

El área foliar puede considerarse el parámetro que mejor explica el vigor de una planta. Sin embargo, la medida de la superficie foliar por métodos directos e indirectos es un proce-

so lento y laborioso.

La determinación de la superficie foliar de un viñedo ha sido estudiada ampliamente por muchos autores y se han desarrollado diversos procedimientos, alguno de ellos ampliamente aceptado, como el método no destructivo basado en la regresión entre la longitud del nervio central de la hoja y su superficie foliar (Carbonneau, 1976).

En este sentido, hay otros autores que han utilizado otros procedimientos no destructivos para determinar el área foliar (Smith y Kliewer, 1984; Elsner y Jubb, 1988; Oliveira y Santos, 1995; Barbagallo *et al.*, 1996; Barbagallo *et al.*, 2000, Lopes y Pinto, 2005). Sin embargo, la pesadez de la realización de las distintas medidas foliares y la

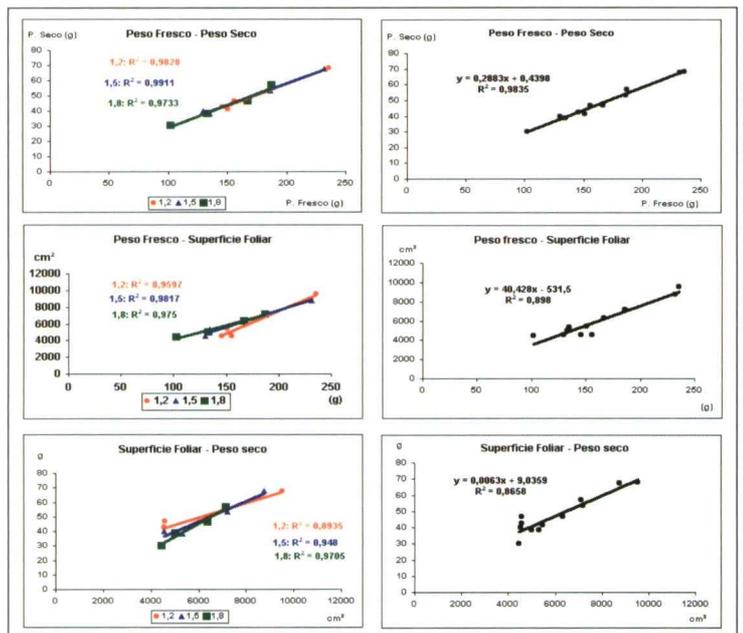
posible inexactitud de los cálculos y las regresiones obtenidos así como la gran variabilidad existente al cambiar las condiciones de cultivo ha provocado una preocupación creciente a la hora de determinar el área foliar (Constanza *et al.*, 2004).

Material y métodos

Se ha desarrollado un método para determinar, por un lado, la superficie foliar y la materia seca acumulada en hojas, a partir del peso fresco de hojas de una muestra representativa de sarmientos, y por otro, obtener la materia seca de hojas a partir de la superficie foliar del sarmiento. El trabajo se ha llevado a cabo sobre tres densidades de plantación diferentes de cv. Tempranillo en 2005.

Figura 1.

Ecuaciones de regresión correspondientes a los tratamientos de distancia entre cepas de 1,2 (1,2 m), 1,5 (1,5 m) y 1,8 (1,8 m), y a la ecuación de regresión general (sin distinción entre distancias entre cepas), para las relaciones peso fresco-peso seco, peso fresco-superficie foliar y superficie foliar-peso seco.



Arriba: Medida de longitud del nervio central de la hoja.
Abajo: Medida de la superficie foliar de una hoja por análisis de imágenes.

EL AREA FOLIAR puede considerarse el parámetro que mejor explica el vigor de una planta. Sin embargo, la medida de la superficie foliar por métodos directos e indirectos es un proceso lento y laborioso.

Descripción del ensayo

Las densidades de plantación estudiadas tienen un espaciado entre filas de 3 m y una distancia entre cepas de 1,2; 1,5 y de 1,8 metros. El área de suelo que le corresponde a cada cepa en las densidades de plantación anteriores es de 3,6; 4,5 y 5,4 m² respectivamente. Se ha mantenido la misma carga por metro lineal de espaldera de forma que haya un brote o pámpano por cada 10 cm en los tres tratamientos estudiados.

La parcela del ensayo se encuentra situada en el término municipal de Pollos (Valladolid) a una altitud de 672 m y está incluida en la DO Rueda. El ensayo ha recibido un aporte hídrico de 52 mm repartidos en tres aplicaciones en los meses de junio, julio y agosto de 2005, por medio de riego por goteo. Con este aporte de agua se ha pretendido que el viñedo no sufriera ningún estrés hídrico limitante para un desarrollo vegetativo normal.

El material vegetal empleado es *Vitis vinifera* L. de la variedad Tempranillo injertada sobre patrón Richter 110, plantado en el año 2000, y conducido en espaldera, con un sistema de poda del tipo cordón Royat bilateral.

El diseño experimental es en bloques al azar con cuatro repeticiones de los tres tratamientos correspondientes a las tres distancias entre cepas estudiadas (1,2; 1,5; 1,8) y una parcela elemental de una cepa de control en la que se ha medido el área foliar de hojas de principal y de anticipados de un sarmiento. Cada repetición consta de plantas contiguas a la planta de control destinadas al efecto borde.

Determinaciones experimentales

Área foliar por sarmiento

Se ha determinado el área foliar por sarmiento, mediante

un método destructivo en la época de vendimia, separando las hojas de principal y de anticipados, de un pámpano representativo de una cepa por repetición (en total cuatro pámpanos por tratamiento). La superficie foliar de las hojas principales por un lado, y las hojas de anticipados por otro, se determinó mediante un medidor de área foliar.

Materia seca

La materia seca de hojas se ha determinado en los mismos sarmientos en los que se ha medido el área foliar. Para ello, a los sarmientos analizados con el medidor de área foliar se les separaron hojas del principal y de anticipados y pesaron en balanza electrónica para obtener el peso fresco. Posteriormente, las hojas se introdujeron en estufas con ventilación forzada a 100°C hasta que su peso permaneció constante, obteniendo así la materia seca contenida en las hojas de cada sarmiento.

Establecimiento de las relaciones de regresión

Las ecuaciones de regresión se han obtenido al relacionar los parámetros medidos, es decir, el peso fresco, la superficie foliar medida con el medidor de área foliar y el peso seco de las hojas de un sarmiento por cepa. Las relaciones de regresión se han establecido a partir de la medida real de cuatro sarmientos por tratamiento. Así, las ecuaciones de regresión obtenidas son: peso fresco-superficie foliar, peso fresco-peso seco y superficie foliar-peso seco.

Validación del método

Para contrastar la metodología desarrollada se determinó el peso seco y la superficie foliar a través de las ecuaciones de regresión obtenidas, a partir del

Cuadro I.

Regresión lineal entre peso fresco (g) y peso seco (g) de hojas en 2005, correspondiente a los tratamientos de distancia entre cepas 1,2 (1,2 m), 1,5 (1,5 m) y 1,8 (1,8 m): ecuación de la recta, coeficiente de determinación (R^2) y significación estadística. Análisis estadístico de las rectas de regresión relativo a diferencias globales (G), de nivel (N) y de pendiente (P).

Niveles de significación estadística (Sig): ns: no significativo, * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Tratamiento	Recta de regresión	R^2	Sig	G	N	P
1,2	$Y = 0,2899x - 0,2416$	0,9828	***	ns	ns	ns
1,5	$Y = 0,2832x + 1,5025$	0,9911	***			
1,8	$Y = 0,3004x - 1,1083$	0,9733	**			

peso fresco de las hojas de dos sarmientos por cepa y por repetición. Los pasos seguidos son los siguientes:

1. Se pesan en fresco las hojas de dos sarmientos de una cepa de cada una de las cuatro repeticiones de los tres trata-

mientos de distancia entre cepas.

2. A través de las ecuaciones que relacionan el peso fresco con el peso seco de las hojas del sarmiento de cada tratamiento, se obtiene el peso seco de hojas de los sarmientos a los que se ha

Cuadro II.

Regresión lineal entre peso fresco (g) de hojas y superficie foliar (cm^2) en 2005, correspondientes a los tratamientos de distancia entre cepas 1,2 (1,2 m), 1,5 (1,5 m) y 1,8 (1,8 m): ecuación de la recta, coeficiente de determinación (R^2) y significación estadística. Análisis estadístico de las rectas de regresión relativo a diferencias globales (G), de nivel (N) y de pendiente (P). Niveles de significación estadística (Sig): ns: no significativo, * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Tratamiento	Recta de regresión	R^2	Sig	G	N	P
1,2	$Y = 54,293x - 3314,4$	0,9597	**	*	ns	*
1,5	$y = 39,09x - 219,34$	0,9817	***			
1,8	$Y = 32,145x + 999,1$	0,975	**			

medido el peso fresco, resultando un total de ocho sarmientos por tratamiento.

3. De la misma forma, a través de las ecuaciones de regresión que relacionan el peso fresco con la superficie foliar, se determina la superficie foliar de los

sarmientos a los que se ha pesado en fresco las hojas.

4. De la misma manera, se ha estimado la materia seca de hojas a través de las ecuaciones de regresión obtenidas de relacionar la superficie foliar con el peso seco de las hojas.



la cosecha de tus sueños...

Distribuidor exclusivo de KELPAK en España:



Camino de Enmedio, 120 • 50013 Zaragoza • 976 461 516 • mail@daymsa.com • www.daymsa.com



5. Por último, la validación se finaliza mediante la comparación de los valores obtenidos por medida directa y los estima-

dos a partir de las ecuaciones de regresión, tanto relativos a superficie foliar como a materia seca de hojas.

Cuadro III.

Regresión lineal entre superficie foliar (cm²) y peso seco (g) de hojas en 2005, correspondientes a los tratamientos de distancia entre cepas 1,2 (1,2 m), 1,5 (1,5 m) y 1,8 (1,8 m): ecuación de la recta, coeficiente de determinación (R²) y significación estadística. Análisis estadístico de las rectas de regresión relativo a diferencias globales (G), de nivel (N) y de pendiente (P). Niveles de significación estadística (Sig): ns: no significativo, * p<0,1, **p<0,05, *p<0,01.**

Tratamiento	Recta de regresión	R ²	Sig	G	N	P
1,2	Y = 0,005x + 19,583	0,9828	*	ns	ns	ns
1,5	Y = 0,007x + 4,5387	0,9911	**			
1,8	Y = 0,0092x - 9,6934	0,9733	**			

Cuadro IV.

Datos medios de 2005 de PSr: peso seco real, PSe: peso seco estimado, PSe (sf): peso seco estimado de hojas a través de la ecuación de regresión superficie foliar-peso seco, SFr: superficie foliar real, SFe: superficie foliar estimada; correspondientes a los tratamientos de distancia entre cepas 1,2 (1,2 m), 1,5 (1,5 m) y 1,8 (1,8 m), Análisis de varianza con niveles de significación (Sig): ns: no significativo, * p<0,1, **p<0,05, *p<0,01**

Tratamiento	PSr (g)	PSe (g)	PSe (sf) (g)	SFr (cm ²)	SFe (cm ²)
1,2	49,70	42,98	43,49	6.037	4.782
1,5	49,86	53,40	53,15	6.455	6.943
1,8	43,13	36,59	36,61	5.732	5.033
Sig	ns	ns	ns	ns	ns

Cuadro V.

Datos medios de 2005 de PS: peso seco de hojas, PSe (sf): peso seco de hojas estimado a través de la ecuación de regresión superficie foliar-peso seco, SF: superficie foliar, correspondientes a medidas reales y medidas estimadas a partir de la ecuación de regresión general (sin distinción entre tratamientos de distancia entre cepas), Análisis de varianza con niveles de significación (Sig): ns: no significativo, * p<0,1, **p<0,05, *p<0,01,**

	PS (g)	PSe (sf) (g)	SF (cm ²)
Real	47,56	-	6.075
Estimado	44,32	44,42	5.586
Sig	ns	ns	ns

Resultados y discusión

Peso fresco-peso seco

En primer lugar se obtuvo la relación de regresión entre el peso fresco y el peso seco de las hojas de un sarmiento por repetición (cuatro sarmientos por tratamiento). Dicha relación presenta una buena correlación entre el peso fresco y el peso seco de las hojas, con valores R² muy altos en cada tratamiento (**cuadro I**). De igual forma, la recta de regresión obtenida entre estos parámetros para el conjunto de los tratamientos, es decir, sin hacer distinción entre diferentes distancias entre cepas, presenta un valor R² muy elevado.

Peso fresco-superficie foliar

A continuación, se estableció la relación entre el peso fresco de las hojas y la superficie foliar del sarmiento, encontrándose igualmente, valores R² muy altos en los tres tratamientos de distancia entre cepas estudiados (**cuadro II**). Las rectas de regresión obtenidas son estadísticamente significativas, si bien se observa que el tratamiento 1,2 presenta un valor R² más bajo que los otros dos tratamientos. La recta de regresión conjunta de los tres tratamientos presenta un coeficiente R² más bajo que cada una de las rectas de los tratamientos estudiados, siendo aún así muy alto, con un valor de 0,89 (**figura 1**).

Superficie foliar-peso seco

De la misma manera, se relacionó la superficie foliar y el peso seco de las hojas del sarmiento en cada tratamiento de distancia entre cepas, observándose valores R² elevados en los tres tratamientos estudiados. Así, las tres rectas de regresión obtenidas son estadísticamente significativas, si bien la recta correspondiente al tratamiento 1,2 muestra un valor R² más bajo que los otros dos tratamientos, siendo aún así estadísticamente significativa con un valor de p<10%, frente al valor de probabilidad p<5% de los otros dos tratamientos (**cuadro III**). La recta de regresión conjunta de los tres trata-

mientos presenta un valor R² más bajo que cada una de las rectas de los tratamientos estudiados, siendo aún así muy alto, con un valor de 0,87 (**figura 1**).

Los resultados obtenidos en las rectas de regresión que relacionan los tres parámetros medidos permiten afirmar que existe una estrecha relación lineal entre el peso seco y el peso fresco, entre la superficie foliar y el peso fresco, y entre la superficie foliar y el peso seco de las hojas del sarmiento en los tres tratamientos de distancia entre cepas, tal y como muestran los altos valores R² de las correspondientes ecuaciones de regresión obtenidas en cada tratamiento, así como para la ecuación general del conjunto de tratamientos.

Aplicación estimativa a partir del peso fresco

A partir del peso fresco de las hojas medido en una muestra mayor de sarmientos se halló el valor de la superficie foliar a través de la recta de regresión (**cuadro IV**). Los tratamientos de distancia entre cepas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ni en el valor de superficie foliar estimado de esta forma ni en el medido en la muestra más reducida. El valor de superficie foliar estimado y el medido no han mostrado diferencias significativas para el conjunto de tratamientos (**cuadro V**).

En cuanto a la materia seca, se procedió de la misma manera, observándose que los tratamientos de distancia entre cepas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ni en el valor de materia seca estimado ni en el medido. El valor de materia seca estimado y el medido tampoco han mostrado diferencias significativas para el conjunto de tratamientos.

Asimismo se ha estimado la materia seca de una muestra mayor de sarmientos a través de la recta de regresión que relaciona la superficie foliar y el peso seco de las hojas, a partir del valor de superficie foliar obtenido por regresión del valor de peso fresco medido en dicha muestra. Los tratamientos de distancia entre

cepas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí en el valor de materia seca estimado de esta forma. El valor de materia seca estimado de esta forma y el medido en la muestra reducida tampoco han mostrado diferencias significativas para el conjunto de tratamientos.

En cuanto al comportamiento de los distintos tratamientos de distancia entre cepas, se ha observado que el tratamiento 1,2 presentó mayor diferencia que los otros dos tratamientos entre el valor medido y el estimado a través de las tres relaciones establecidas. Por otro lado, se ha observado que en conjunto los valores estimados a través de dichas relaciones son ligeramente más bajos que los valores medidos para los parámetros analizados de superficie foliar y materia seca de hojas, aunque en todo caso sin diferencias significativas (**cuadro IV**).

Conclusiones

La metodología descrita permite determinar, por medio de las ecuaciones de regresión obtenidas, la superficie foliar y la materia seca acumulada en las hojas del sarmiento, a partir del peso fresco de hojas de una muestra mayor de sarmientos.

También se puede calcular la materia seca de las hojas del sarmiento a partir de su superficie foliar medida por métodos destructivos o no destructivos, sin la necesidad de secar las hojas, evitando los inconvenientes de tiempo y manejo que esto supone.

La distancia entre cepas no ha mostrado ninguna influencia significativa en los parámetros estudiados en el desarrollo de la metodología, a pesar de haberse observado una ligera diferencia entre los valores reales y los estimados en el tratamiento 1,2 en las condiciones del ensayo planteado con la variedad Tempranillo.

La aplicación de este método resulta muy interesante de cara a la investigación y el manejo vitícola, puesto que permite un conocimiento rápido del desarrollo vegetativo de las cepas y puede facilitar un buen mantenimiento del equilibrio vegetativo-productivo del viñedo, permitiendo tomar las decisiones oportunas de manejo del viñedo en un corto período de tiempo y en el momento adecuado.

Hay que señalar que los datos obtenidos para la realización de este trabajo corresponden a un sólo año y por este motivo los resultados deben considerarse como preliminares. ■

Bibliografía

BAEZA P., LISSARRAGUE J.R., 2001. Definición y evaluación de los sistemas de conducción del viñedo, *La Semana Vitivinícola*, N° 2889, pp: 4438-4445.

BARBAGALLO M.G., COLLESANO G., DI LORENZO R., 2000. Valutazioni su un metodo diretto di stima della superficie fogliare in *Vitis Vinifera L.*, V Giornate Scientifiche S.O.I., Sirmione, Italy, pp. 263-264.

BARBAGALLO M.G., LORENZO R. DI, MOTISI A., SOTTILE I., 1996. Estimation of leaf area changes along the primary shoot in grapevine, 9èmes Journées GESCO, Univ. Horticulture & Food Industries, Budapest (Hungary), 245-250.

CARBONNEAU A., 1976. Analyse de la croissance des feuilles du sarmant de vigne: Estimation de sa surface foliaire par échantillonnage, *Conn. Vigne Vin*, 10, 141-159.

COSTANZA P., TISSEYRE B., HUNTER J.J., DELOIRE A., 2004. Shoot development and non destructive determination of grapevine (*Vitis vinifera L.*) leaf area, *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, Vol. 25, N° 2, 43-47.

ELSNER E.A., JUBB G., 1988. Leaf area estimation of concord grape leaves from single linear measurements, *Am. J. Enol. Vitic.*, 39(1), 95-97.

LOPES C., PINTO P.A., 2005. Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models, *Vitis* 44 (2), 55-61.

OLIVEIRA M., SANTOS M., 1995. A semi-empirical method to estimate canopy leaf area of vineyards, *Am. J. Enol. Vitic.*, 46(3), 389-391.

SMITH R.J., KLEWER W.M., 1984. Estimation of Thompson Seedless grapevine leaf area, *Am. J. Enol. Vitic.*, 35(1), 16-22.



**Invernaderos
Centros de Jardinería
Pantallas Térmicas
Banquetas de Cultivo
Calefacción
Complementos**

ININSA

INVERNADEROS E INGENIERIA, S.A.