

Diagnóstico nutricional y recomendaciones de abonado en suelos calizos de la Ribera del Duero

Martín, P¹, Zarco-Tejada, P. J²; González, R¹, González, M. R¹.

¹Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Universidad de Valladolid. Palencia.

²Instituto de Agricultura Sostenible. IAS-CSIC. Alameda del Obispo. Córdoba.

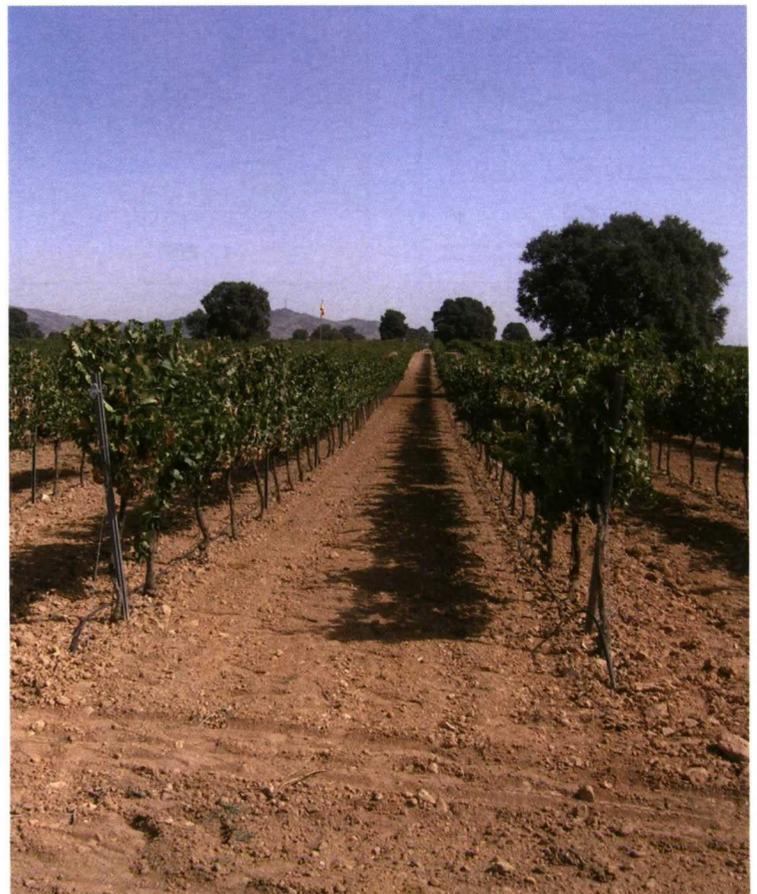
El estudio de las relaciones entre los niveles de asimilación de nutrientes y los parámetros tecnológicos y cualitativos de la uva es imprescindible para obtener unos patrones nutricionales de referencia y formular recomendaciones de abonado de cara a producir vinos de la máxima calidad. Con estos objetivos, centrados en los suelos calizos de la DO Ribera del Duero se ha desarrollado la investigación que se describe a continuación.

La mayor parte del viñedo español ocupa suelos calizos. El exceso de calcio, en combinación con otras condiciones físico-químicas del suelo, origina en la viña una problemática nutricional muy específica.

Los suelos calizos tienen, por definición, una gran concentración de carbonato cálcico libre, pH básico, saturación de bases del 100% y un complejo de cambio dominado por el calcio. El manejo de la fertilización debe ser diferente en suelos calcáreos que en suelos normales, debido a que tanto la elevada concentración de bicarbonato cálcico como el elevado pH afectan a la disponibilidad de los nutrientes y a las reacciones de fijación-inmovilización de los mismos en el suelo:

- La superficie de las partículas de caliza son un soporte para la adsorción y precipitación del fosfato, elementos metálicos y ácidos orgánicos.
- La reactividad del carbonato afecta a las tasas de volatilización del amoníaco en el suelo.
- El ambiente de la rizosfera es modificado por la caliza, viéndose afectados los procesos de absorción de elementos donde la acidificación del medio es un aspecto clave, como en el caso del hierro.

En líneas generales, los suelos de la Denominación de Origen Ribera del Duero presentan elevados contenidos en calcio y bajos en magnesio (salvo en los terrenos más arcillosos). La disponibilidad de nitrógeno está muy correlacionada con los contenidos en materia orgánica, pobres en general, mientras que el fósforo sufre una fuerte retrogradación en la mayor parte de los suelos.



La clorosis férrica afecta a una superficie amplia de viñedo en la Denominación de Origen, sobre todo en la zona más occidental. Se trata de una enfermedad ocasionada por la deficiencia en la asimilación de hierro como consecuencia, generalmente, del elevado pH y/o contenido en caliza activa del suelo, que inmovilizan este nutriente. La clorosis férrica provoca una merma importante en la actividad fotosintética de las cepas, lo que se traduce en una pérdida significativa de la capacidad productiva del viñedo y de la calidad de la uva.

El diagnóstico foliar permite detectar carencias y desequilibrios nutricionales en el viñedo. Los patrones nutricionales que se utilicen deben estar adaptados al material vegetal y a las condiciones ecológicas de cada zona. Para el caso de los suelos calizos proclives a desarrollar estados carenciales asociados a la clorosis férrica, esta adaptación es especialmente importante. Los patrones de referencia y las recomendaciones de abonado deben recoger, por ejemplo, las interacciones que se producen en estos suelos entre hierro y fósforo y entre hierro y

manganeso, o el impacto que el exceso de calcio tiene sobre la asimilación de nitrógeno y de potasio.

Características del estudio

Se ha trabajado durante dos campañas consecutivas, 2005 y 2006, sobre un total de 32 parcelas de viñedo situadas en los municipios de Pesquera de Duero y Olivares de Duero (Valladolid). Las parcelas corresponden al viñedo tipo de la Ribera del Duero: variedad Tempranillo, conducción en espaldera, en marco 3 x 1,5 m. En esta zona, de suelos con elevado contenido en caliza, existen numerosos viñedos injertados sobre el patrón 110-Richter que presentan distinto grado de clorosis férrica. A los efectos de este estudio, se ha considerado que una parcela estaba afectada por la clorosis cuando el contenido medio de clorofila a+b en la parte externa de la vegetación, durante los meses de julio a septiembre, se situaba por debajo de 20 microgramos por centímetro cuadrado de hoja.

El seguimiento de las parcelas incluyó análisis de suelos, análisis foliares de nutrientes (OIV, 1996) de limbos (L) y peciolos (P) recogidos en floración-cuajado (F) y envero (E), medidas de contenidos foliares de clorofila (equipo portátil CL01-Hansatech-), índice de área foliar y superficie foliar potencialmente expuesta, estimación del vigor de las plantas (peso de la madera de poda) y de las componentes del rendimiento. Se realizó un seguimiento de la maduración y análisis de la composición del mosto: azúcares, pH, acidez total, potasio, índice de polifenoles totales, intensidad colorante, etc. Tras la obtención del mosto en vendimia se procedió a una separación de los hollejos de

Los niveles foliares altos de P y K detectados son un indicador de la incidencia de la clorosis férrica en buena parte de las parcelas de estudio, ya que se ha demostrado que la carencia nutricional de hierro incrementa los niveles de asimilación de estos nutrientes.

cada muestra, sometiéndolos a un proceso de extracción de compuestos polifenólicos tal y como describen Delgado *et al.* (2004). En estos extractos se determinaron los siguientes parámetros:

- Fenoles totales. Índice DO 280.
- Grado de polimerización de taninos condensados. Método de DMACH.
- Taninos totales. Método de Bate-Smith.
- Antocianos totales y antocianos fácilmente extraíbles. Método de decoloración.
- Índices de taninos: Índice de etanol e Índice de gelatina.
- Características cromáticas, mediante medidas del espectro de transmisión de los extractos entre 380 y 780 nm a intervalos de 1 nm, en cubetas de 0,1 cm de paso de luz, mediante un espectrofotómetro UV/VIS JASCO V-530.

Los parámetros fenológicos, agronómicos y fisiológicos del viñedo se relacionan con los valores registrados en el análisis de suelo y foliar mediante análisis de la varianza y métodos de regresión lineal.

¿RESPETAS EL PLANETA?...

FuturEco

BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA PROTECCIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS

Investigación y Desarrollo de Productos Biológicos basados en Microorganismos, Extractos Vegetales y Bioestimulantes



Cuadro I.

Resultados del análisis de suelo en el conjunto de parcelas de control.

Parámetros	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Arcilla (%)	31,57	14,26	3,28	55,44
Limo (%)	29,50	11,01	7,28	59,28
Arena (%)	38,99	19,66	14,92	86,72
pH	8,65	0,35	7,22	9,20
Cond. eléctrica (mS/cm)	0,38	0,70	0,07	3,21
Capacidad de cambio (meq/100g)	13,70	4,33	6,25	22,50
Materia orgánica (%)	0,95	0,32	0,19	1,43
Carbonatos (%)	38,40	18,08	2,71	78,62
Caliza activa (%)	8,74	3,98	3,42	17,28
Ca (meq/100 g)	16,07	8,91	2,17	61,02
Mg (meq/100 g)	1,85	1,13	0,26	4,64
K asimilable (Acetato, ppm)	257,26	148,35	54,95	784,80
Fe asimilable DTPA (ppm)	4,50	1,62	2,04	9,94
P Olsen (ppm)	15,77	10,47	4,40	47,70

Son de destacar los coeficientes de correlación muy negativos obtenidos entre los niveles foliares de clorofila y de manganeso durante las dos campañas. Estos datos están en consonancia con las diferencias nutricionales observadas entre subgrupos de parcelas cloróticas y no cloróticas mostradas anteriormente. Puede decirse que la intensidad de la clorosis férrica se manifiesta en la zona de estudio en una mayor acumulación de manganeso en las hojas

Meteorología en las campañas 2005 y 2006

En invierno y primavera de 2005 la precipitación recogida fue escasa, la cuarta parte de la de un año normal. En enero y febrero se registraron temperaturas mínimas extremas de hasta -15,8°C. Las temperaturas bajas continuaron en primavera, retrasando la brotación, pero sin que se dieran heladas tardías de consideración. El verano fue caluroso y seco, con algunas lluvias en la segunda mitad de agosto. Las altas temperaturas y la escasez de precipitaciones permitieron una maduración muy rápida de la uva en los primeros momentos, siendo más equilibrada al final. Cerca de la recolección, se produjeron heladas que llegaron hasta los -3°C, ocasionando daños en parcelas situadas en zonas de valle y en pendientes con orientación norte. La fecha media de brotación fue el 29 de abril, floración el 10 de junio y envero el 15 de agosto.

La campaña 2006 se caracterizó fundamentalmente por las altas temperaturas, sobre todo al comienzo de la maduración. Con lluvias de invierno y primavera suficientes para un buen desarrollo vegetativo de las plantas, se observaron fechas de brotación, floración y envero similares a las de la campaña anterior. El inicio de la maduración fue rápido debido a excesos térmicos, pero a mediados de septiembre las lluvias y el refrescamiento de las temperaturas hicieron que la fase fi-

nal de maduración fuera más equilibrada al final. La recolección se adelantó una semana respecto a la anterior campaña, y diecisiete días respecto a un año tipo en la zona.

Diagnóstico de suelos

El cuadro I muestra los valores medios de los parámetros físico-químicos de los suelos de las parcelas estudiadas. Aunque se evidencia una gran heterogeneidad dentro del grupo de parcelas, puede decirse que los suelos son calizos, muy básicos, con texturas de francas a franco-arcillosas. El contenido en materia orgánica es muy bajo; todos los suelos están por debajo de un nivel de referencia para secano que se puede establecer en el 1,5%. Los contenidos medios de potencia de cambio son adecuados para el cultivo de la viña.

Los valores promedio de fósforo asimilable están por encima de los mínimos requeridos para una textura media, aunque existen amplios coeficientes de variación en el grupo de suelos, y buena parte de las parcelas son deficientes en fósforo. Una situación similar se puede observar en el caso del magnesio de cambio. La relación K/Mg está en 0,35 y la de Ca/Mg en 8,5, valores equilibrados para el suelo promedio del estudio. Existen, no obstante, situaciones de antagonismo de calcio y potasio con magnesio, sobre todo en los suelos más arcillosos y calizos.

En el cuadro II se comparan las medias de los parámetros de suelo en las parcelas afectadas y no afectadas por la clorosis férrica. Los viñedos cloróticos se asientan en suelos que no alcanzan los 4,5 ppm de hierro extraído con DTPA, valor que se puede considerar mínimo imprescindible. El índice de poder clorosante (Juste y Pouget, 1972) me-



El diagnóstico foliar permite detectar carencias y desequilibrios nutricionales. En la imagen se aprecia una carencia importante de hierro.

dio en las parcelas sanas es de 19,2, cuando en las cloróticas llega a 118,8. A excepción de los contenidos en hierro asimilable, no existen diferencias significativas entre las medias de los grupos de parcelas cloróticas y de parcelas sanas.

Diagnóstico foliar

Los cuadros III y IV muestran los resultados de los análisis foliares de nutrientes realizados en las campañas 2005 y 2006, respectivamente. Las concentraciones de nitrógeno en hoja están dentro de los intervalos de referencia en el conjunto de la DO Ribera del Duero (**cuadro II**). Los niveles de potasio se mantienen altos, por encima de estas referencias, pero el equilibrio N/K es óptimo de acuerdo con los estudios realizados previamente en ensayos de abonado en Ribera del Duero. La relación N/K más favorable (limbos en floración) para la variedad Tempranillo en la zona, desde el punto de vista productivo y cualitativo, está entre 3,6 y 4,3. (Delgado et al., 2004, 2006).

Estando dentro de los niveles medios recomendados por Fregoni (1998), los contenidos de fósforo, calcio y magnesio son elevados si se comparan con los valores habituales de la DO Ribera del Duero, en cuyo conjunto es precisamente el fósforo el elemento mineral limitante (González y Martín, 2005).

Los niveles foliares altos de P y K detectados son un indicador de la incidencia de la clorosis férrica en buena parte de las parcelas de estudio, ya que se ha demostrado que la carencia nutricional de hierro incrementa los niveles de asimilación de estos nutrientes.

La relación K/Mg es favorable al potasio pero está, en cualquier

Cuadro II.

Comparación de los resultados del análisis de suelo en parcelas afectadas y no afectadas por la clorosis férrica.

Parámetros	Sanas	Cloróticas	Significación
Arena (%)	45,32	35,45	n.s.
Limo (%)	27,78	33,12	n.s.
Arcilla (%)	27,05	31,43	n.s.
pH	8,68	8,79	n.s.
Carbonatos (%)	26,09	33,61	n.s.
Caliza activa (%)	5,34	9,65	n.s.
Cond. eléctrica (mS/cm)	0,20	0,19	n.s.
Materia orgánica (%)	0,83	1,13	n.s.
Capacidad de cambio (meq/100g)	13,44	13,99	n.s.
P Olsen (ppm)	14,27	13,25	n.s.
K asimilable (ppm)	191,20	280,36	n.s.
Ca (meq/100 g)	13,83	14,93	n.s.
Mg (meq/100 g)	1,42	1,65	n.s.
Fe asimilable DPTA (ppm)	5,28	2,85	*

Significación: n.s. no significativo; * p<0,05.

caso, dentro de los niveles recomendables según la bibliografía (entre 1 y 20 para peciolos recogidos en enero). Los valores de potasio en Tempranillo suelen ser altos respecto a otros cultivares (se trata de una variedad potasófila), y no producen carencias inducidas de magnesio en estos suelos.

Los resultados medios mostrados en los cuadros III y IV no ponen de manifiesto carencias de microelementos, a excepción del cinc, cu-

CERTIS

CERCOBIN® 45 SC

FUNGICIDA

Fungicida polivalente en forma de suspensión concentrada (SC) para cultivos y plantaciones agrícolas

Composición: Metil Tiofanato 45% (SC) P/V

Inscrito en el Registro Oficial de Productos y Material Fitosanitarios con el nº: 16.853/12

“El Fungicida
de los Expertos”

Cuadro III.

Resultados del análisis foliar (año 2005).

Variable	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
NLF	3,49	0,31	3,14	4,44
NLE	2,34	0,15	2,04	2,65
NPE	0,55	0,11	0,38	0,88
PLF	0,34	0,15	0,19	0,73
PLE	0,18	0,06	0,10	0,35
PPE	0,21	0,10	0,06	0,38
KLF	0,94	0,17	0,66	1,30
KLE	0,72	0,21	0,31	1,33
KPE	2,33	0,82	0,69	3,84
CaLF	2,67	0,38	2,10	3,59
CaLE	3,50	0,33	3,02	4,07
CaPE	2,36	0,41	1,78	3,19
MgLF	0,54	0,07	0,39	0,62
MgLE	0,66	0,14	0,43	0,91
MgPE	1,47	0,36	0,96	2,35
FeLF	90,44	22,50	66,00	152,00
FeLE	87,75	29,65	41,00	132,00
FePE	16,94	7,00	1,00	27,00
MnLF	150,75	69,87	20,00	255,00
MnLE	143,38	70,99	24,00	279,00
MnPE	60,19	60,21	2,00	227,00
CuLF	64,63	219,61	1,00	888,00
CuLE	149,81	271,43	1,00	840,00
CuPE	18,38	30,08	1,00	92,00
ZnLF	26,31	6,22	16,00	40,00
ZnLE	17,25	5,50	10,00	32,00
ZnPE	25,69	8,75	15,00	49,00
BLF	87,56	28,98	35,00	131,00
BLE	48,56	17,29	26,00	82,00
BPE	41,06	8,46	30,00	61,00

L: limbo; P: peciolo; F: floración; E, enero. Datos de macronutrientes en % sms, micronutrientes en ppm.

Los valores están por debajo de los recomendados a nivel general (Fregoni, 1998), y también por debajo de los patrones nutricionales obtenidos para la Ribera del Duero (González y Martín, 2005). El valor elevado de contenido en cobre obtenido en algunas parcelas puede ser debido a la presencia de residuos de algún tratamiento antifúngico con productos cúpricos realizado en el viñedo antes del muestreo foliar.

Cuando se comparan los análisis foliares de los subgrupos de parcelas cloróticas y no cloróticas, se aprecia cómo los niveles de asimilación de nitrógeno y potasio son mayores en los viñedos sanos. En las muestras recogidas en enero, las parcelas enfermas destacaron por niveles significativamente menores de nitrógeno y cinc que las referencias. Los niveles de calcio fueron más altos, al contrario de lo que han observado otros autores (Jones y Wallace, 1992).

Para peciolo en enero, los contenidos de fósforo fueron significativamente mayores en las parcelas sanas que en las cloróticas (0,21% frente a 0,14%), lo mismo que los de boro (46 frente a 41 ppm).

Se observan grandes diferencias entre los contenidos foliares de manganeso entre unas parcelas y otras. Los niveles en peciolo recogidos en floración son mucho mayores en los viñedos afectados por la clorosis férrica (35,8 ppm) que en los viñedos sanos (19,3 ppm). Idéntica situación se observa en las muestras de limbos en enero. La clorosis férrica provoca una asimilación extra de manganeso, un elemento antagónico que bloquea algunas rutas metabólicas donde interviene el hierro.

Los niveles foliares de hierro son altos, a pesar de existir un buen número de parcelas afectadas por la carencia en el grupo, confirmando la denominada "paradoja de la clorosis" (Römhald, 1997). La falta de correspondencia entre los niveles foliares de hierro y la intensidad

de la clorosis (contenido en pigmentos clorofílicos en las hojas), obliga a utilizar métodos alternativos para el diagnóstico de la enfermedad. Entre estos métodos está la interpretación de relaciones entre nutrientes en lugar de los contenidos absolutos de hierro en los tejidos. En el **cuadro V** se resumen algunas relaciones para las que el test de comparación de medias de Tukey entre los grupos de parcelas afectadas y no afectadas por la clorosis fue estadísticamente significativo.

Tanto los coeficientes de determinación de las regresiones realizadas para los contenidos foliares de pigmentos sobre estas relaciones, como el escaso solapamiento entre los intervalos de confianza de las medias de las parcelas afectadas y no afectadas por la enfermedad (González *et al.*, 2006), ponen de manifiesto que los ratios mostrados pueden ser utilizados como valores de diagnóstico de la clorosis férrica del viñedo en la zona de estudio.

Comportamiento agronómico y calidad de la uva

Se detectaron correlaciones significativamente negativas entre el contenido foliar de clorofila, medido entre los meses de junio y sep-

Cuadro IV.

Resultados del análisis foliar (año 2006).

Variable	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
NLE	2,29	0,33	0,59	2,61
PLE	0,17	0,04	0,05	0,29
KLE	0,75	0,16	0,52	1,34
CaLE	3,64	0,52	2,69	4,60
MgLE	0,63	0,33	0,32	2,25
FeLE	127,03	113,25	15,00	517,00
MnLE	120,88	59,18	16,00	238,00
CuLE	138,88	279,52	1,00	934,00
ZnLE	14,75	5,63	5,00	30,00
BLE	53,41	20,08	26,00	117,00
NPE	0,71	0,30	0,51	2,24
PPE	0,17	0,10	0,04	0,38
KPE	2,07	0,70	0,45	3,09
CaPE	2,71	0,52	1,62	4,33
MgPE	1,48	0,37	0,76	2,19
FePE	40,41	40,03	15,00	235,00
MnPE	108,53	103,40	3,00	429,00
CuPE	19,72	32,85	2,00	124,00
ZnPE	17,59	7,50	6,00	36,00
BPE	42,63	7,12	25,00	55,00
NLF	3,54	0,20	3,22	4,02
PLF	0,33	0,12	0,12	0,74
KLF	0,96	0,17	0,45	1,22
CaLF	2,86	0,48	1,66	3,76
MgLF	0,52	0,11	0,27	0,69
FeLF	131,31	78,58	63,00	423,00
MnLF	98,97	50,52	23,00	195,00
CuLF	9,09	5,42	2,00	23,00
ZnLF	17,56	6,41	7,00	33,00
BLF	93,84	29,54	35,00	157,00
NPF	1,13	0,24	0,55	1,57
PPF	0,34	0,13	0,07	0,58
KPF	2,60	0,61	1,18	3,72
CaPF	2,17	0,46	1,37	3,98
MgPF	1,12	0,23	0,74	1,54
FePF	54,44	40,58	15,00	144,00
MnPF	30,19	17,19	4,00	60,00
CuPF	7,63	7,44	1,00	43,00
ZnPF	14,75	6,38	4,00	33,00
BPF	52,38	8,56	38,00	69,00

L: limbo; P: peciolo; F: floración; E, enero. Datos de macronutrientes en % sms, micronutrientes en ppm.

tiembre con los niveles de asimilación de nitrógeno (PE), potasio (LF), calcio (LE), magnesio (LE, PE) y manganeso (LF, PF, LE, PE). Por el contrario, se registraron correlaciones positivas con los niveles foliares de cinc y cobre, con especial significación en la campaña de 2006 (LE, PE).

Son de destacar los coeficientes de correlación muy negativos obtenidos entre los niveles foliares de clorofila y de manganeso durante las dos campañas (los valores de 2005 se representan en la **figura 1**). Estos datos están en consonancia con las diferencias nutricionales observadas entre subgrupos de parcelas cloróticas y no cloróticas mostradas anteriormente. Puede decirse que la intensidad de la clorosis férrica se manifiesta en la zona de estudio en una mayor acumulación de manganeso en las hojas.

Se observan también correlaciones significativamente negativas entre concentración foliar de manganeso y rendimiento del viñedo: $r = -0,61$ en 2005 (PE). Elevados contenidos de manganeso se relacionan con menores tamaños de las hojas (síntoma típico de la clorosis férrica) y menores índices de área foliar. Por el contrario, han sido detectadas altas correlaciones positivas entre niveles foliares de cobre y cinc con los tamaños de las hojas y superficie foliar potencialmente expuesta. Como consecuencia de ello, podemos constatar relaciones claras entre los niveles de asimilación de cobre y cinc con los valores de vigor y rendimiento del viñedo en las dos campañas de control. Son especialmente destacables los coeficientes r obtenidos en 2006 para el cinc, con niveles de significación inferiores al 1% (**figuras 2 y 3**).

Los niveles de fósforo estuvieron positivamente relacionados con el tamaño unitario de las hojas, los índices de área foliar medidos en cuajado y envero, con la superficie foliar expuesta en envero y, consecuentemente, con el peso de la madera de poda y el índice de Ravaz. Existieron algunas correlaciones en el mismo sentido para los niveles foliares de nitrógeno, pero siempre con mayor nivel de significación que para el fósforo.

Sin duda, la mayor parte de la variabilidad en los valores de vigor y rendimiento de las parcelas estudiadas está asociada a la incidencia de la carencia nutricional de hierro. La disminución de la actividad fotosintética ocasionada por esta carencia (Tagliavini y Rombola. 1995; Martín *et al.*, 2005) repercute negativamente en todos los procesos fisiológicos de las plantas, que manifiestan a nivel global unos valores de productividad biológica bajos. La merma en la concentración de clorofila en las hojas, junto a la expansión de una menor superficie foliar expuesta, hacen que las parcelas enfermas tengan unas producciones medias que no llegan a la mitad de las correspondientes a las sanas. En el **cuadro VI** se recogen datos del comportamiento agronómico y de la composición del mosto en la zona, publicadas en trabajos previos (González *et al.*, 2006).

El análisis de correlaciones ha mostrado que el incremento de los niveles de asimilación de calcio y magnesio (LE, PE) hace disminuir el tamaño de la uva. Los coeficientes de correlación del peso medio del racimo, y especialmente del peso de 100 bayas, con los contenidos en manganeso, en todos los órganos y épocas del muestreo foliar son muy negativos (llegan hasta $-0,8$ en LF, $p < 0,001$). Así, la merma del rendimiento en las cepas afectadas por la clorosis férrica se debe a un efecto negativo generalizado sobre todas sus componentes. Por otra parte, se observan regresiones significativamente positivas entre el peso medio del racimo y el nivel de asimilación de cinc, lo que demuestra el importante papel que este elemento juega en el cuajado del fruto.

En concordancia con resultados obtenidos con anterioridad (Delgado *et al.*, 2004), se han detectado correlaciones significativamente positivas de los niveles de asimilación de nitrógeno (LE) con la acidez total del mosto, y significativamente negativas con el grado alcohólico probable.

Los contenidos foliares de boro (LF, PE) se han podido relacionar po-

Figura 1.

Regresión lineal del contenido clorofílico en hoja sobre la concentración de manganeso (peciolo en envero, 2005).

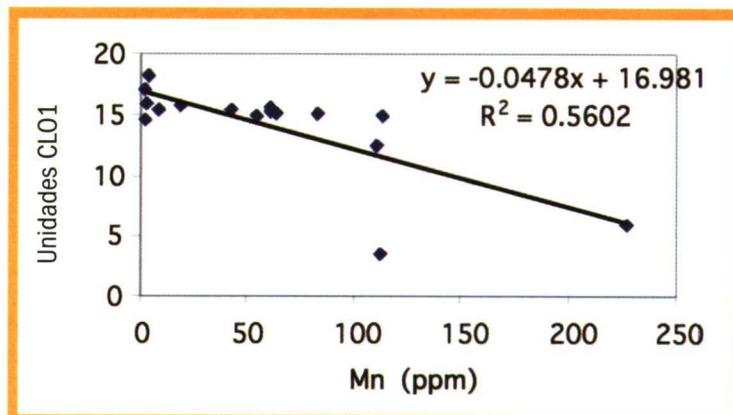


Figura 2.

Regresión lineal del rendimiento del viñedo sobre el contenido en cinc (peciolo en envero, año 2006).

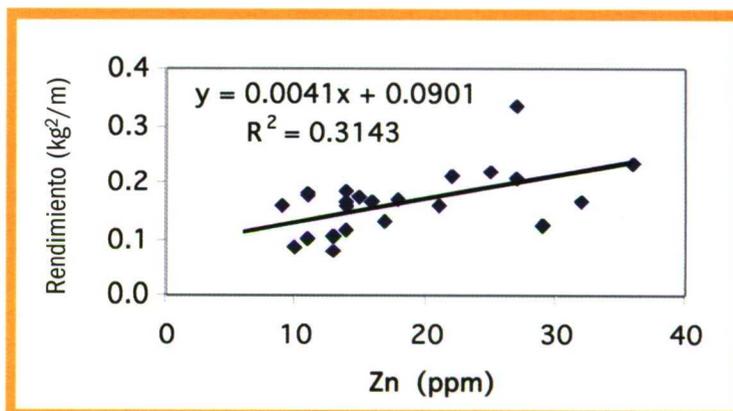
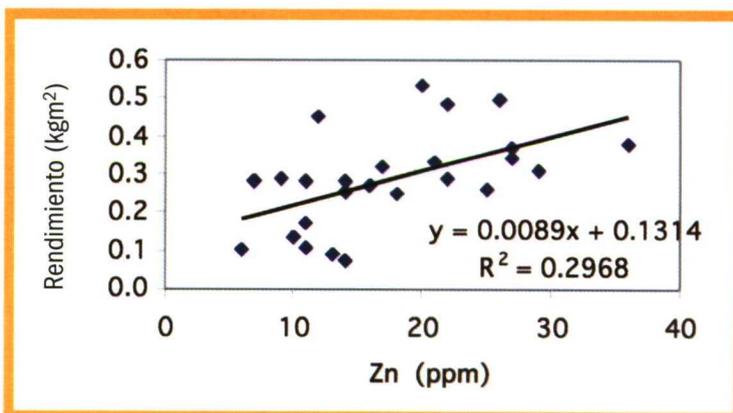


Figura 3.

Regresión lineal del peso medio de la madera de poda (PMP) sobre el contenido foliar de cinc (peciolo en envero, año 2006)



sivamente con los valores de acidez total. Por otra parte, son de destacar las correlaciones significativamente negativas observadas entre los niveles foliares de cinc y los valores de grado alcohólico probable y el índice de polifenoles totales del mosto, para prácticamente todos los órganos y épocas de muestreo foliar. Una mayor disponibilidad de cinc en el conjunto de suelos estudiados tiende a elevar los rendimientos y con ello, indirectamente, el contenido en azúcares y polifenoles del mosto tiende a disminuir.

Cuadro V.

Comparación de algunas relaciones entre nutrientes en las parcelas de control (limbos recogidos en enero).

Parámetros	Sanas	Cloróticas	Significación
(10*P (%)+ K (%))*50/Fe (ppm)	1,177	0,803	*
Ca/Mg	4,576	6,595	*
Zn/Fe	0,143	0,050	**
K/Ca	0,351	0,178	*

Significación: n.s. no significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

El incremento de los niveles de asimilación de nitrógeno provoca disminuciones importantes en la cantidad de antocianos extraíbles, la absorbancia a 520 nm y la intensidad colorante de la uva. La concentración foliar de magnesio se correlacionó positivamente con la cantidad de antocianos totales en el hollejo, pero no con la cantidad de antocianos fácilmente extraíbles.

No se detectaron efectos destacables de la asimilación de manganeso con la composición fenólica del hollejo. Se observaron, sin embargo, incrementos de la concentración de taninos asociados a una mayor concentración foliar de cobre (LE, PE), y descensos del grado de polimerización de taninos condensados (mayor extractabilidad) asociados al incremento del nivel foliar de cinc (LE).

Recomendación de una fórmula NPK

En este apartado se propone el equilibrio fertilizante más apropiado para el prototipo de suelo de viñedo estudiado, teniendo en cuenta los resultados mostrados en apartados anteriores. La fórmula fertilizante se aplicaría siempre que se hubiera procedido a la corrección de la carencia nutricional de hierro, en caso de ser necesaria, y se correspondería con el abonado tradicional del viñedo de secano en la zona, a la salida del invierno en una única aplicación anual. Se utilizaría un complejo granulado, repartido con abonadora localizadora en la zona de máxima densidad radicular de las plantas.

El equilibrio fertilizante más apropiado se puede obtener a partir de las siguientes consideraciones:

1. Se toman como extracciones de la vid 8-3-9 kg N-P₂O₅-K₂O por tonelada de cosecha. De los valores propuestos en la bibliografía (Hidalgo, 2002), muy variables, consideraríamos unas cantidades moderadas-bajas, acordes con una viticultura de calidad con rendimientos controlados. Un exceso de nitrógeno y/o de potasio podría repercutir negativamente en la calidad de la uva, la cuál sólo podría controlarse mediante una fertilización ajustada en función del tipo de suelo.

2. Con un pH tan básico como el de los suelos de la zona, texturas medias y contenidos en caliza activa por encima del 8%, la retrogradación del fósforo es muy alta, superior al 60%, con lo que el factor de mayoración del aporte de fósforo respecto a las extracciones sería de 2,5.



Cuadro VI.

Valores medios de vigor, rendimiento y composición del mosto en las parcelas de muestreo.

Parámetros	Parcelas sanas	Parcelas cloróticas	Significación
Vigor y rendimiento			
Peso de madera de poda (kg·m ⁻²)	0,27	0,18	n.s.
Índice de área foliar, en enero	3,85	1,9	***
Superficie foliar expuesta, enero	2,83	0,87	***
Rendimiento (kg uva·m ⁻²)	0,76	0,30	**
Peso medio del racimo (kg)	0,23	0,18	*
Peso de 100 bayas (g)	187,95	175,84	n.s.
Índice de Ravaz	2,87	1,72	**
Composición del mosto en vendimia			
Grado alcohólico probable (%Vol)	13,94	13,92	n.s.
pH	3,60	3,54	n.s.
Acidez total (g·l ⁻¹ tartárico)	6,46	5,31	*
Ac. málico (g·l ⁻¹)	4,48	2,48	n.s.
Índice de polifenoles totales	24,34	22,97	n.s.
Potasio (ppm)	6,09	5,69	n.s.
°Brix/Acidez total	3,73	4,47	*

Significación: n.s. no significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

Por otra parte, el promedio de fósforo asimilable del suelo no es excesivamente bajo y no sería necesario suplementar el abonado fosfórico para acercar el nivel actual al valor crítico (abonado de fondo).

3. En suelos con buena disponibilidad de potasio y texturas de francas a arcillosas como las de la zona, la literatura recomienda un factor de corrección por inmovilización de entre 1,5 y 2. Con todo, los requerimientos anuales de macronutrientes, expresados en cantidades a aplicar por tonelada de cosecha (para las extracciones consideradas en el apartado 1) serían 7-7,5-15,7, lo que supone un equilibrio N-P-K de 1-1-2.

4. En suelos fuertemente clorosantes como es el caso, sería interesante aplicar el nitrógeno en formas amoniacales, favoreciendo así la asimilación del fósforo y los oligoelementos. Un enriquecimiento del abono con formas solubles de hierro sería, por supuesto, de interés para prevenir estados carenciales en zonas sensibles, o para atenuar la sintomatología en viñedos afectados por la clorosis férrica. En caso de incorporar otros micronutrientes en la fórmula de abonado, a la vista de los resultados del diagnóstico foliar y del estudio de correlación realizado, sería especialmente útil hacerlo con cobre y, sobre todo, con cinc, por sus efectos beneficiosos sobre el comportamiento agronómico de la viña. Niveles insuficientes de asimilación de cinc producen clorosis en el follejo y disminuciones significativas de la capacidad productiva de las cepas. La aportación de cinc puede tener también efectos positivos sobre la calidad, mejorando la extractabilidad de los taninos de la uva. ■

Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en el marco de un convenio de colaboración firmado por la empresa Fertiberia S.A. y la Universidad de Valladolid, desarrollado en los años 2005-2007. En su ejecución ha participado el Consejo Regulador de la DO Ribera del Duero.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar en: redaccion@eumedia.es