

Optimización de la fertirrigación en el cultivo de la vid

Establecimiento de la disolución nutritiva ideal y adaptación de ésta a cada caso particular

Tras la derogación de la ley que prohibía el riego de la viña en España, aumentó enormemente su cultivo en regadío y, con éste, la fertirrigación, aunque ha estado marcada por la falta de control e información. En este artículo se dan las pautas para el establecimiento de la disolución nutritiva ideal que permita conseguir máximas producciones y calidades en los mostos.

Jorge Casas, Ignacio Martín, Enrique Eymar y Carlos Cadahía.

Departamento de Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

A pesar de ser España el país que más superficie destina al cultivo de viña en el mundo, aproximadamente 1.200.000 hectáreas para uva de vinificación, solamente ocupa el tercer puesto en cuanto a producción total, estando casi cuatro toneladas/hectárea por debajo de la media mundial. Estas bajas producciones se deben a que en nuestro país el cultivo de vid es un cultivo tradicionalmente de secano, muy extendido en zonas de escasas precipitaciones, las cuales se producen además de forma irregular, con un fuerte dé-

ficit en la época de mayor demanda, en el período primavera-verano. En esta situación se produjo la derogación de la ley que prohibía el riego en la vid, situando a los viñedos españoles en igualdad de condiciones con el resto de viñedos europeos (Lisarrague, 1997; Domínguez, 1992). El gran aumento de la superficie en regadío del cultivo, y más concretamente en fertirrigación, que se produjo entonces y que se prolonga hasta la actualidad, ha estado marcado por una falta de control y de información, lo que ha propiciado en cierta manera una serie de creencias de ninguna manera justificadas. Como se ha comprobado en numerosos estudios realizados tanto en parcelas de ensayo como en explotaciones comerciales, la fertirrigación correctamente gestionada proporciona grandes aumentos en la producción, sin ocasionar una merma en la calidad de los mostos, en un cultivo en que no se puede entender la una sin la otra.

Programación del abonado

Para aprovechar todo el potencial de la fertirrigación debe aplicarse una disolución nutritiva adecuada y además realizar una dosificación racional de la misma. El contenido de esta disolución nutritiva, es decir, la concentración de los diferentes nutrientes que contiene, así como un aporte de agua conforme a las necesidades, va a determinar su efecto sobre la producción y la calidad de la cosecha; nuestro objetivo ha consistido en ob-

tener una disolución con la que conseguir un máximo de producción y calidad: a esta disolución la llamaremos disolución nutritiva ideal. El proceso por el que se llega hasta esta disolución comprende los siguientes pasos:

1. Establecimiento de la disolución nutritiva ideal.
2. Adaptación de esa disolución nutritiva ideal a las características concretas de la explotación, ya que algunos factores van a afectar a la composición final de esta disolución nutritiva (Hydro, 1993). El proceso de adaptación va a tener como objetivo que la disolución nutritiva que finalmente tenga a su disposición la planta sea lo más parecida posible a la que se estableció como ideal; esto se va a conseguir mediante la modificación oportuna de la disolución nutritiva aplicada. Esta adaptación comprende a su vez dos pasos:
 - a) Caracterización inicial de estos factores.
 - b) Seguimiento del sistema Suelo-Disolución del suelo-Planta.

Establecimiento de la disolución nutritiva ideal

Para el establecimiento de una disolución nutritiva ideal hay que cuantificar los requerimientos de la vid; para ello pueden seguirse dos caminos:



Foto 1. Detalle de la hoja opuesta al primer racimo donde se lleva a cabo el análisis foliar (limbo) y de peciolos.

CUADRO I. CONCENTRACIONES DE LAS DISOLUCIONES NUTRITIVAS PROPUESTAS PARA FERTIRRIGACIÓN DE LA VIÑA EN LA COMARCA AGRÍCOLA DE CASTILLA LA MANCHA

CONCENTRACIÓN	MOMENTOS FENOLÓGICOS			
	Inicio desarrollo vegetativo - Floración	Floración - Envero	Envero - Recolectión	Postrecolección - Caída de hoja
N-P-K (mmol/L)	6-1-3	6-1-6	3-1-3	3-1-3

CUADRO II. CONCENTRACIÓN DE LOS ABONOS PROPUESTOS PARA LA VIÑA EN LA COMARCA AGRÍCOLA DE TIERRA DE BARROS, EXTREMADURA

	MOMENTOS FENOLÓGICOS			
	Inicio desarrollo vegetativo - Floración	Floración - Envero	Envero - Recolectión	Postrecolección - Caída de hoja
CONCENTRACIONES N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (% en peso)	4,2-3,5-7	2,6-2,2-8,6	2,4-4-8	2,4-4-8
Densidad g/cc (mL/L)	1,19 (1,68 L/m ³)	1,17 (2,75 L/m ³)	1,19 (1,48 L/m ³)	1,19 (1,48 L/m ³)

- Estudios propios, mediante ensayos de hidroponía en los que se obtiene información acerca de las necesidades de la planta.

- Estudios ya existentes, en cuyo caso éstos tienen que hacer referencia a cepas de la misma variedad y con similares condiciones edafoclimáticas, siendo conveniente por esto que pertenezcan a la misma comarca agrícola.

Los requerimientos de la vid, tanto en lo referente a las necesidades hídricas como de elementos nutritivos, varían conforme al momento del ciclo o momento fenológico en que se encuentre. Respecto a estas necesidades se pueden destacar algunos aspectos importantes:

Requerimientos hídricos. Las mayores necesidades de agua (aproximadamente un 90%) se concentran en el período desde el cuajado del fruto hasta la recolección del mismo, mientras que las necesidades anteriores al cuajado suelen cubrirse por la humedad retenida en el suelo procedente de las lluvias (Lissarrague, 1997).

Durante el ciclo es fundamental que exista un adecuado aporte de agua, ya que de otra forma pueden verse afectadas tanto la producción como la calidad de la uva, así como comprometer el buen desarrollo de ciclos posteriores; a pesar de ello, algunos autores recomiendan como positivo un ligero estrés hídrico del envero a la recolección, para obtener una concentración más alta de azúcares y polifenoles, y después de la recolección para promover la maduración de la madera (GAT, 2002).

En general, las cifras para el riego varían en un rango muy amplio, aproximadamente entre 1.500 y 3.500 m³/ha, ya que influyen un gran número de variables, siendo la más importante de ellas la evapotranspiración. A este respecto puede decirse que un método que suele utilizarse con bastante efectividad para determinar las necesidades de agua, es tener en cuenta la evapotranspiración potencial diaria (ETO) (GAT, 2002). La ETO se multiplica por el coeficiente del cultivo (Kc) que engloba diversas variables, de forma que este factor corrector, cuyos valores dependen del momento del ciclo y están tabulados, nos proporcionará

los valores (ETc) para un riego adecuado según la fórmula:

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

De todas formas, es conveniente la instalación de tensiómetros u otros aparatos que proporcionen información del contenido hídrico del suelo.

Requerimientos nutritivos. Existen marcadas diferencias dependiendo del momento fenológico. El ciclo de la viña se puede dividir en cuatro períodos importantes para el desarrollo de la fertirrigación, a los que corresponden otras tantas disoluciones nutritivas:

- Inicio del desarrollo vegetativo - Floración. El nitrógeno es el elemento predominante en la disolución, ya que durante este período se produce el mayor desarrollo vegetativo.

- Floración - Envero. Se incrementa la aportación de potasio para los procesos relacionados con la maduración del fruto.

- Envero - Recolectión. Se reduce la concentración de elementos en la disolución nutritiva, puesto que de otra forma podría verse perjudicado el proceso de maduración.

- Postrecolección - Caída de hoja. Es recomendable, después de una parada de algunos días durante la época de la vendimia, continuar la fertirrigación un tiempo para aumentar las reservas, que van a determinar en gran medida el desarrollo del siguiente ciclo de cultivo.

En el **cuadro I** se representan las concentraciones de las diferentes disoluciones nutritivas planteadas en los ensayos realizados. En el **cuadro II** aparecen las concentraciones de los fertilizantes complejos líquidos, su densidad y la dosis de cada uno por m³ de disolución para obtener las concentraciones deseadas. El potasio se añade como sulfato potásico.

Adaptación de la disolución ideal

Caracterización inicial. Como se comentó anteriormente, existen una serie de factores que van a provocar una modificación de la composición de la disolución nutritiva aplicada. Por ello, para evaluar la incidencia de estos factores, con el fin de realizar una primera adaptación de la disolución nutritiva antes de comenzar la fertirrigación, se realiza una caracterización de los mismos. Los factores son:

- Suelo: es el factor más importante puesto que los intercambios entre el complejo de cambio y la disolución nutritiva pueden provocar una importante modificación en la composición de esta última. Es necesario, pues, conocer las características físicas del suelo así como su contenido de elementos nutritivos.

- Agua de riego: en primer lugar, es necesaria información sobre la composición de los elementos esenciales que va a proporcionar el agua de riego, de forma que sólo habrá que añadir la diferencia entre esta cantidad y la que se estimó como óptima. Además, es necesario conocer los niveles de bicarbonato del agua, para calcular la adición de ácidos en la disolución nutritiva.

- Condiciones climáticas: los parámetros de temperatura y humedad ambientales van a condicionar la evapotranspiración y, en consecuencia, la dosificación del riego.

Seguimiento del sistema Suelo - Disolución del suelo - Planta. Llegados a este punto, hemos establecido la disolución nutritiva ideal que va a ser aplicada. Para evaluar la efectividad de esta disolución, se realizará un seguimiento a través del análisis del suelo, la disolución del suelo y de los tejidos vegetales realizados a lo largo del ciclo vegetativo anual, cuyos resultados nos permitirán establecer las modificaciones oportunas sobre la di-

solución nutritiva. Este proceso consta de los siguientes pasos:

- Toma de muestras: suele ser la mayor fuente de error en los resultados y hay que realizarla con sumo cuidado. En el caso concreto del suelo, se toman tantas muestras como tipos del mismo haya, además de tener en cuenta que en fertirrigación el desarrollo de las raíces se concentra en una zona más superficial que cuando el cultivo se desarrolla en secano.

En cuanto a la toma de muestras de los tejidos vegetales existe gran disparidad de criterios; el procedimiento que se suele utilizar es seleccionar el limbo y peciolo de la hoja opuesta al primer racimo (foto 1). El estado de este material debe ser representativo del estado medio de la explotación.

- Análisis de muestras: con el que obtenemos los resultados del seguimiento. Se realiza un tratamiento previo de las muestras para extraer los elementos de la matriz, ya sea suelo o tejido vegetal. Este tratamiento sigue una serie de pasos que están normalizados para que los resultados puedan ser comparables. Por último, la utilización de la tecnología más adecuada en cada caso nos proporciona los resultados finales.

- Interpretación de los resultados: para realizar las correcciones que nos permitan optimizar el contenido de la disolución, es fundamental una correcta interpretación de los resultados de los análisis. Esto no sólo requiere una visión global de todos los fac-

CUADRO III. NIVELES DE REFERENCIA DE ELEMENTOS ASIMILABLES EN SUELO*

Parámetro	C.E. (mS/cm)	M.O. (%)	P (ppm) (Olsen)	K (mg/100g suelo) (Ac. Amónico)	Ca (mg/100g suelo) (Ac. Amónico)	Mg (mg/100g suelo) (Ac. Amónico)
Rango normal	0-2,5	1,5-2,5	20-30	15-25	150-300	15-30

*Para una información más completa consultar bibliografía. - Cadahía, C. 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales.

CUADRO IV. NIVELES DE REFERENCIA DE MACRO Y MICRONUTRIENTES PARA ANÁLISIS FOLIAR

		GAT, 2002*	Mills y Jones, 1996*	Hydro, 2001**
Macronutrientes (% m.s.)	N	2,4-2,6	2,0-2,3	2,2-3,5
	P	0,20-0,25	0,3-0,4	0,1-0,4
	K	1,0-1,4	1,3-1,4	0,75-1,45
	Ca	2,5-3,5	2,0-2,5	1,3-3,2
	Mg	0,25-0,35	0,25-0,50	0,2-0,4
Micronutrientes (mg/g)	Fe	100-200	60-175	90-130
	Mn	20-60	30-300	60-80
	B	20-40	25-70	40-80

* Los valores de los intervalos corresponden a los obtenidos en el invierno.

** Los valores de los intervalos corresponden a los diferentes momentos fenológicos del ciclo de cultivo.

CUADRO V. NIVELES DE REFERENCIA DE MACRO Y MICRONUTRIENTES PARA ANÁLISIS DE PECIOLO

		Dal Bó, 1993
Macronutrientes (% m.s.)	N	0,65-0,95
	P	0,10-0,15
	K	1,5-2,5
	Ca	1,0-2,0
	Mg	0,25-0,50
Micronutrientes (mg/g)	Fe	30-150
	Mn	35-900
	B	22-60

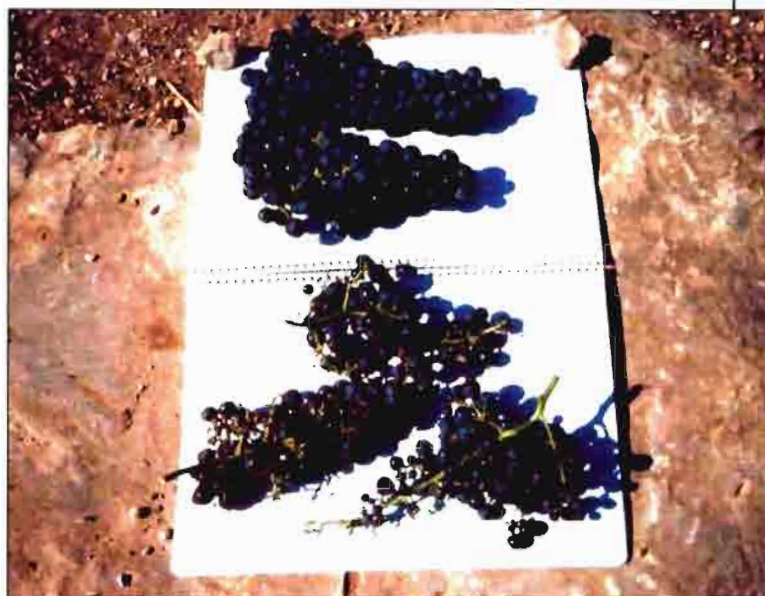


Foto 2. Detalle de racimos de viñas deficientes en boro (izquierda) frente a racimos control de la experiencia desarrollada en Castilla La Mancha.

Cortesía de Hydro Agri España S.A.

tores que intervienen, sino la utilización de unas referencias que nos permitan una estimación de los niveles obtenidos, es decir, que puedan indicarnos si éstos son adecuados o no. En los cuadros III, IV y V se suministran referencias de los niveles adecuados de los diferentes elementos nutritivos para el suelo y el material vegetal (limbo y peciolo), respectivamente. Es recomendable, en la medida de lo posible, tener datos de la misma comarca agrícola.

Este proceso que acabamos de describir se aplica al suelo y a la disolución del suelo, que en este caso se utiliza para evaluar los procesos que tienen lugar en él, conociendo así la dinámica y evolución de los nutrientes, tanto en el complejo de cambio como en la disolución. Ambos están relacionados entre sí ya que se produce un intercambio constante de nutrientes entre ellos.

Se realizan análisis del complejo de cambio, ya que es importante conocer los niveles de elementos que contiene, sobre todo en el caso del fósforo y del potasio, ya que con bajos niveles de estos elementos no se producirá el intercambio entre el complejo de cambio y la disolución con suficiente rapidez y se perderá parte de la eficacia de la fertilización. El caso del nitrógeno es diferente porque la forma nítrica (que es mayoritaria) no se retiene en el complejo, por lo que es más importante su suministro fraccionado y conforme a la demanda de las cepas.

Por otra parte, el análisis de la disolución del suelo nos informa fundamentalmente de la composición de la disolución que está a disposición de la planta.

Además, hay que comentar que a pesar de que el riego por goteo permite el uso de agua con mayor salinidad, hay que realizar un seguimiento de los niveles de ésta en el suelo para que no se sobrepasen ciertos niveles que puedan ocasionar problemas.

El seguimiento sobre los tejidos vegetales (limbo



VIÑA dossier

y peciolo) permite evaluar el estado nutricional de la vid y se realiza en los momentos más importantes del ciclo, de forma que se obtenga una información lo más completa posible. Los extractos de los tejidos conductores (savia) proporcionan información adicional. El seguimiento se suele realizar en las siguientes fechas:

- Floración.
- Envero.
- Vendimia.

Además, es importante señalar que el análisis de cada tejido presenta características diferentes que hay que tener en cuenta a la hora de realizar la interpretación de los resultados. Los análisis foliares muestran menos sensibilidad a los cambios nutricionales en la planta que los análisis de savia, sin embargo, para estos últimos es necesario conseguir niveles de referencia fiables, ya que tienen una gran variabilidad incluso entre cepas con un mismo estado. En cualquier caso, para una correcta interpretación, lo mejor es realizar análisis de los tres materiales, limbo, peciolo y savia, de forma que se complementen, obteniendo así la mayor información posible. Por otra parte, la inmediatez en la respuesta de los niveles en savia permite correcciones durante el ciclo actual del cultivo, caso de que los resultados se desvíen excesivamente de los parámetros normales. El papel de los análisis de peciolo ha sido ampliamente discutido y se considera que la validez de los resultados obtenidos con este método depende de las características concretas del elemento a determinar; en el caso del nitrógeno, y debido a las enormes variaciones que experimentan sus niveles incluso dentro de un mismo día, suele desaconsejarse su uso, mientras que para el potasio suele considerarse como una herramienta



Foto 3. Aspecto del tratamiento Control (tratamiento de la Finca) (variedad Tempranillo). Cortesía de la empresa GAT y de la empresa Potasas y Derivados S.A.

SI QUIERE CONOCER TODO
LO QUE EL SULFATO POTÁSICO
OFRECE A SU CULTIVO,
AQUÍ TIENE UN SACO DE VENTAJAS.



- El sulfato potásico mejora la calidad y la conservación de las cosechas
- Aumenta el rendimiento y la resistencia a enfermedades, sequías y heladas.
- Facilita la formación de los órganos de la planta ricos en azúcares y agua.
- Proporciona una mayor firmeza y una mayor coloración.
- Favorece el aumento y la homogeneidad de los calibres.
- Evita riegos para las plantas sensibles o poco tolerantes al cloro.
- Solucros es un fertilizante ácido cuya pureza y solubilidad le hacen especial para la fertirrigación.



Calle de San Isidro, 13 • 40100 Madrid (España) • T: +34 91 550 00 00 • F: +34 91 550 00 00

Solucros
Su cultivo se lo agradecerá

Potasas y Derivados, división de Tessenderlo Chemie España TCE, S.A.

de gran valor (Hidalgo, 1999).

La **figura 1** muestra un esquema de todas las interacciones entre los materiales implicados en la fertirrigación (Cadahía y col., 2002).

Durante los años 2001 y 2002 nuestro grupo de trabajo ha realizado ensayos de fertirrigación de la viña en la comarca agrícola de Castilla La Mancha para comprobar la eficacia de los fertilizantes líquidos. Anteriormente, en esta comarca, la fertilización se realizaba con un exceso de N y en épocas no adecuadas del ciclo de cultivo. También se observaba una deficiencia de B como se puede apreciar en la **foto 2**. Una adecuada fertirrigación permite evitar esos problemas nutricionales. En el **cuadro VI** se indica la producción obtenida durante dos ciclos de cultivo.

CUADRO VI. PRODUCCIÓN DE UVA EN LOS ENSAYOS REALIZADOS EN CASTILLA LA MANCHA (2.000-2.200 CEPAS/HA)

TRATAMIENTO	Peso medio de racimo (Kg)	Peso total/cepa (Kg)
Primer año	0,21	5,5
Segundo año	0,24	7,0

CUADRO VII. PRODUCCIÓN DE UVA Y OTROS PARÁMETROS RELACIONADOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EXTREMADURA (1.904 CEPAS/HA)

TRATAMIENTO	Número de racimos	Peso medio de racimo (Kg)	Peso total/cepa (Kg)
Control	43	0,13	4,2
Fertirrigación	66	0,12	7,3



Foto 4. Aspecto del tratamiento fertirrigado con una disolución equilibrada (variedad Tempranillo). Cortesía de la empresa GAT y de la empresa Potasas y Derivados S.A.

FIGURA 1.

Esquema de interacciones en el proceso de fertirrigación



Por otro lado, hemos realizado un estudio preliminar durante el año 2002 en la comarca agrícola de Tierra de Barros (Badajoz). La finalidad de este trabajo es la de poner a punto la metodología descrita en el presente trabajo y, de forma específica, estudiar el aporte más adecuado de potasio, en forma de sulfato potásico. En trabajos anteriores se observaron graves deficiencias de potasio en los viñedos de esa comarca agrícola.

Los resultados parciales obtenidos en el primer año del estudio preliminar han puesto de manifiesto el potencial de la fertirrigación en cepas de variedad Tempranillo, consiguiendo un espectacular aumento de la producción con respecto al tratamiento Control (tradicional de la finca) (**cuadro VII**), y sin presentar diferencias en los parámetros de calidad del mosto. En las **fotos 3 y 4** se observa la gran diferencia entre ambos tratamientos. ■

Bibliografía

- Cadahía, C. 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Cadahía, C.; Eymar, E.; Martín, I. 2002. Ventajas agronómicas, económicas y ecológicas de la fertirrigación. Vida Rural 143: 31-34.
- Dal Bó, M.A. 1993. Nutrición y abonado de la vid. Viticultura -- Enología Profesional, 24: 9-13.
- Domínguez, A. 1992. Abonos, guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- GAT, 2002. Fertirrigación de la viña. Ed. Dpto. Agronómico GAT Extremadura.
- Hidalgo, L.. 1999. Tratado de viticultura general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Hydro, 1993. Agricultura y Fertilizantes. Fertilizantes en perspectiva. Hydro Agri, Norsk Hydro. Oslo. Noruega.
- Lissarrague, J.R. 1997. Necesidades de agua de la vid. Agricultura, 66: 943-950.