

EFECTO DEL APORTE DE N EN LA DISPONIBILIDAD EN EL SUELO Y RESPUESTA DE LA PLANTA A DICHO APORTE

Estudio de fertirrigación nitrogenada en un viñedo de la Denominación de Origen Rioja

El objetivo de este trabajo es evaluar la disponibilidad de nitrógeno en un suelo vitícola con una estrategia de limitación moderada del estrés hídrico y la aplicación

de fertilización mediante la técnica de fertirrigación. Así mismo, se pretende estudiar la dinámica estacional del nitrógeno en los órganos renovables de la vid y eva-

luar la incidencia de la fertilización nitrogenada en las características cualitativas de la baya, del mosto y del vino según los diferentes aportes realizados.

N. Domínguez, E. García-Escudero, A. Benito, I. Romero; I. Martín.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino
(Gobierno de La Rioja-CSIC-Universidad de La Rioja).
Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDA) de La Rioja.

La viticultura, de igual modo que el resto de sectores agrícolas, no es ajena a las problemáticas medioambientales actuales. Así, desde hace unos años, se ha intentado conjugar las técnicas agrícolas habituales con la protección del medio ambiente. La aplicación excesiva e inadecuada de fertilizantes orgánicos y minerales ha contribuido a un aumento considerable de los niveles de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas. En España se han declarado zonas vulnerables en varias comunidades autónomas, entre ellas La Rioja, lo que ha obligado a elaborar programas de actuación y códigos de buenas prácticas agrarias, además de responder adecuadamente a los requerimientos de la Directiva 91/676 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

En términos de nutrición, la vid se caracteriza por unas necesidades en elementos minerales relativamente moderadas, incluso cuando se consideran rendi-

mientos elevados. Está suficientemente demostrado que el nitrógeno es el factor limitante más común para el desarrollo de un cultivo debido a su alto requerimiento. Las exigencias de nitrógeno de la vid varían en función del momento fenológico, siendo el periodo de mayor requerimiento el comprendido entre brotación y envero (Cadahía, 2005; Wade y Holzapfel, 2004; Vos *et al.*, 2004; Klein *et al.*, 2000).



Desde el punto de vista agronómico, un exceso de nitrógeno incrementa el vigor, lo que puede estar asociado a una reducción del cuajado del fruto, a la disminución de la fertilidad de las yemas (Robinson, 1992) y retrasos en la maduración (Spayd *et al.*, 1995). Por otra parte, una deficiencia de nitrógeno, da lugar a un escaso desarrollo vegetativo y radicular, hojas más pequeñas, acortamiento del entrenudo, brotes torcidos y enrojecidos y un amarillamiento de las hojas debido a la menor producción de clorofila. Además, una carencia de nitrógeno disminuye la producción y la calidad de las bayas, pudiendo afectar al proceso de vinificación (Jiranek *et al.*, 1995). Dado que más del 60% de la composición de las levaduras son compuestos nitrogenados, el nitrógeno asimilable es esencial para una correcta fermentación alcohólica. Por tanto, una deficiencia de nitrógeno en el mosto puede dar lugar a ralentizaciones y paradas fermentativas.

Numerosos autores refieren el aumento de la eficiencia en el uso del N en parcelas con fertirriego, pasando del 7-19% de recuperación en las aplicaciones convencionales (aplicado en brotación o floración) a un 43% de recuperación cuando se distribuye el N mediante fertirrigación (Hanson y Howell, 1995; Williams, 1991; Vos *et al.*, 2004). La fertirrigación, al aumentar la eficiencia en el uso del N, permite reducir los aportes de fertilizantes nitrogenados al suelo y permite mi-



Dispositivo de fertirriego compuesto por un inyector de fertilizante (dosatrón), dos filtros de anillas a los lados y un depósito de fertilizante.

nimizar las contaminaciones de aguas superficiales y subterráneas (Vos *et al.*, 2004).

La fertirrigación, entendida como la aplicación de fertilizantes con el agua de riego, hoy por hoy, el método más racional para llevar a cabo una fertilización optimizada, ya que considera la disponibilidad y absorción de nutrientes en función de la concentración ofrecida a las raíces, más que la debida a las cantidades totales aplicadas. Por tanto, para aprovechar todo el potencial de la fertirrigación, se hace necesario encontrar la disolución nutritiva óptima, adaptada al tipo de suelo de la comarca agrícola, y a los requerimientos nutricionales de la variedad cultivada en cada momento fenológico.

Algunos autores sugieren concentraciones o disoluciones óptimas para la vid. Así por ejemplo, Bravdo (2000) considera adecuada la aplicación diluida (1:2) la disolución Hoagland (7,5/0,5/3) expresado en mmol/l de N-P-K. Sin embargo, las concentraciones aplicadas de fertilizantes varían ampliamente según los autores, debido principalmente a que muchos de ellos adaptan las aplicaciones convencionales del cultivo en secano al número de riegos previstos. Cahía (2005) propone, para la variedad Tempranillo en Castilla-La Mancha, aportar la mayor parte del N antes del invierno, distinguiendo cuatro fases de fertilización a lo largo del ciclo en las que se debe adaptar la concentración de N-P-K en las disoluciones: brotación-floración, cuajado-invierno, invierno-recolección y postrecolección, y donde utiliza disoluciones cuya concentración de N oscila de 3 a 6 mmol/l.

Citaremos entre otras las experiencias sobre el aporte de nitrógeno de: Vos *et al.* (2004) que aportan 67 kg/ha de N y recomiendan para variedades de ciclo corto aplicar el N entre floración y seis semanas des-

púes, mientras que para las variedades de ciclo largo, establecen un aporte equivalente a un tercio tras la vendimia; Wade y Holzapfel (2004), que utilizando RDI, consideran aplicaciones de 20 kg/ha de N de cuajado a invierno y otros 20 kg/ha tras la vendimia; Giner *et al.* (2002) incorporan 80 kg/ha de N, distribuyendo el 60% hasta la floración y el 40% restante durante el engrosamiento de la baya; Conradie (2001) aplica 50 kg/ha e indica que las aplicaciones en tres momentos del ciclo (desborre, cuajado y postvendimia), son compatibles con los requerimientos más deseables de la vid y del desarrollo del fruto; y por su parte, Klein *et al.* (2000) añaden entre 49 y 119 kg N/ha, distribuyendo de brotación a finales de mayo dos tercios del total anual, aplicando el resto a lo largo de octubre. Conradie y Myburgh (2000) sugieren que fertirrigar dos veces por semana es igual de efectivo que aplicar 120 kg/ha/año repartido cada tres o cuatro semanas.

El objetivo de este trabajo es evaluar la disponibilidad de nitrógeno en un suelo vitícola con una estrategia de limitación moderada del estrés hídrico y la aplicación de fertilización mediante la técnica de fertirrigación. Así mismo, se pretende estudiar la dinámica estacional del nitrógeno en los órganos renovables de la vid y evaluar la incidencia de la fertilización nitrogenada en las característi-

cas cualitativas de la baya, del mosto y del vino según los diferentes aportes realizados.

Materiales y métodos

Diseño experimental y disoluciones nutritivas

Este trabajo presenta resultados del primer año de un estudio que se lleva realizando desde el año 2007 en un viñedo situado en la finca La Grajera (Logroño), amparado por la DOCa Rioja. Se trata de un viñedo asentado sobre un suelo tipo Calcixerepts típico (USDA), en plena producción, con la variedad Tempranillo tinta, injertada sobre R-110, conducido en forma apoyada, con un sistema de poda cordón doble royat y una densidad de plantación de 3.000 cepas/ha (2,80 x 1,20 m).

Se plantea el ensayo con tres disoluciones nutritivas (DN) para abarcar el ciclo completo del cultivo, adaptadas a partir del esquema de fertirriego de la vid sugerido por Cahía (2005). Por tanto, en cada tratamiento la aplicación de nitrógeno se realiza mediante tres disoluciones nutritivas (DN1, DN2 y DN3), procurando adaptar cada una de ellas a las necesidades de la planta en diferentes fases del ciclo. La programación de riego responde a una estrategia de limitación del estrés hídrico, con paradas puntuales. La primera parada se realiza tras la floración para favorecer el cuajado de fruto y reducir el tamaño de baya (Reynolds *et al.*, 2005) y la segunda parada se realiza en invierno para evitar el crecimiento vegetativo y favorecer así la translocación de azúcares hacia el fruto (García-Escudero *et al.*, 2000; Caspari *et al.*, 1997). El protocolo experimental considera cinco tratamientos con tres repeticiones, con aportes crecientes de nitrógeno total: T0, T2, T4, T6 y T8 (**cuadro I**), aportado en forma de NH_4NO_3 -34,5% y KNO_3 -13%.

La disolución nutritiva DN1 se aporta desde brotación hasta floración. El aporte de

CUADRO I.

Concentraciones de las diferentes disoluciones nutritivas (1^{er} año de ensayo).

		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
		mmol _c /l		
Momento de aplicación de DN		T0-T2-T4-T6-T8		
Brotación-floración	DN1	0 - 2 - 4 - 6 - 8	1,4	2,5
Postcuajado-invierno	DN2	0 - 2 - 4 - 6 - 8	1,4	5,0
Invierno-vendimia	DN3	0	1,4	2,5



Toma de muestras de disolución en goteros.

fósforo se realiza con ácido fosfórico, que no solo permite aportar este nutriente en concentración suficiente, sino que contribuye a eliminar el exceso de carbonatos y bicarbonatos del agua de riego y fijar el pH entre 5,5-6,0, considerado idóneo para disoluciones nutritivas (Cadahía, 2005). El potasio se aporta en forma de K_2SO_4 -50% y KNO_3 -46%. La disolución DN2 se incorpora en el periodo comprendido entre postcujado y envero. Esta disolución presenta la misma concentración de nitrógeno que la DN1, por lo que la concentración de nitrógeno aplicado no varía desde brotación a envero, permitiendo así evaluar y determinar la concentración más adecuada de este nutriente desde el inicio del ciclo hasta envero. La diferencia entre ambas disoluciones radica en que la disolución DN2 incrementa la aportación de potasio debido al aumento de las necesidades de la planta en este elemento tras

la floración (Cadahía, 2005). La DN3 será estudiada en años posteriores por lo que, hasta entonces, no se aplica nitrógeno con esta disolución. Esta disolución DN3 se aplicaría entre el final del envero y una semana previa a la vendimia, reduciendo el nitrógeno para controlar el crecimiento vegetativo y favorecer el transporte de azúcares hacia el racimo (Conradie, 2001; Cadahía, 2005).

Seguimiento del ensayo y análisis estadístico

Para el seguimiento del ensayo, se recogen muestras de las DN en gotero con objeto de controlar el aporte de nutrientes. La disponibilidad de los elementos minerales en el suelo se evaluó al inicio y al final de la aplicación de la disolución nutritiva, así como al término del ciclo de cultivo, después de la vendimia. Para ello se tomó muestra de suelo a dos profundidades del perfil (0-30 cm y 30-60 cm) y se evaluó el contenido en nitrógeno

mediante dos determinaciones: extracto saturado, para conocer el nitrógeno soluble e inmediatamente asimilable, y extracción con $CaCl_2$ 0,01M, para estimar la fracción de nitrógeno disponible a medio plazo.

Para el seguimiento del efecto de los tratamientos en el estado nutricional de la planta, se analizaron limbo y pecíolo en floración y envero, considerando las hojas opuestas al primer racimo desde floración a envero, y hojas opuestas al segundo racimo desde envero a vendimia. Además, se estiman las necesidades de nitrógeno en los distintos momentos fenológicos, mediante el cálculo de las exportaciones a los órganos renovables de la planta (hojas, racimos, pámpanos y esperguras) a lo largo del ciclo. Finalmente, en la vendimia se evaluaron los componentes de la producción, y la calidad de los mostos y vinos obtenidos. Para ello se determinaron los siguientes parámetros: peso de 100 bayas, grado probable, acidez total, pH, ácido málico, ácido tartárico, potasio, la intensidad colorante (IC), tonalidad, índice de polifenoles totales (IPT) y antocianos. Así mismo, para evaluar el equilibrio entre parte vegetativa y producción, se pesa la madera de poda y se calcula el índice de Ravaz (F/V). Los datos se analizan estadísticamente con el programa SPSS versión 12.0.

Resultados y discusión

Efecto del aporte de nitrógeno en la disponibilidad en suelo

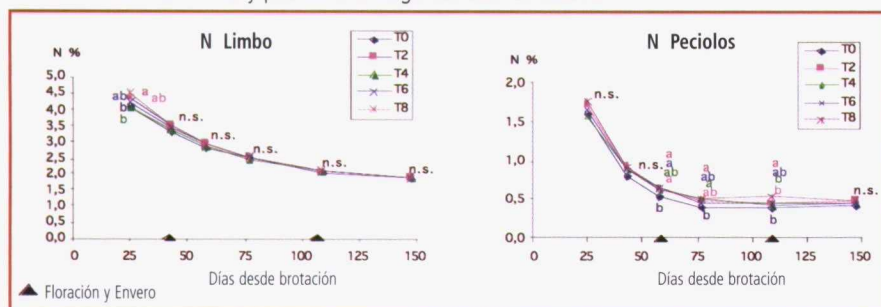
Los tratamientos ensayados, ni siquiera los de mayor aporte de N, muestran una mayor disponibilidad de N soluble (extracto saturado) o de N disponible a medio plazo (extracción con $CaCl_2$ 0,01M) durante el primer año de ensayo (datos no mostrados).

Respuesta de la planta a la fertilización nitrogenada

Sin embargo, la planta sí parece mostrar una respuesta a la fertilización nitrogenada, tal y como se puede ver en el contenido de N en limbo y pecíolo (figura 1). Al inicio del ciclo, se puede observar que el tratamiento T8 presenta mayor contenido de nitrógeno en limbo respecto a T0 y T4, lo que parece indicar que es el órgano que mejor manifiesta la respuesta a la fertilización al inicio del ciclo. Esta respuesta se diluye según avanza el ciclo de cultivo y las diferencias entre tratamientos desaparecen a partir de floración. Sin embargo, el pecíolo, que

FIGURA 1.

Contenido de N en limbo y pecíolo a lo largo del ciclo de cultivo.



Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. Test de Separación de Medias Tukey a $p \leq 0,05$.

inicialmente no se mostraba sensible a los tratamientos, muestra el efecto de la fertilización desde pasada la floración hasta el envero (**figura 1**). En este sentido, los tratamientos con mayor aporte, T6 y T8, muestran un contenido más elevado de N en peciolo respecto a T0, T2 y T4, por lo que el peciolo parece mostrar mejor, según avanza el ciclo de cultivo, las variaciones en el estado nutricional debidas al aporte de fertilizantes. Este resultado coincide con lo observado por diversos autores (Conradie, 2001; Robinson, 2005), si bien contrasta con los señalados por otras experiencias, que sugieren que limbo y peciolo pueden verse afectados por la fertilización de igual forma tanto en floración como en envero (Holzapfel y Treeby, 2007).

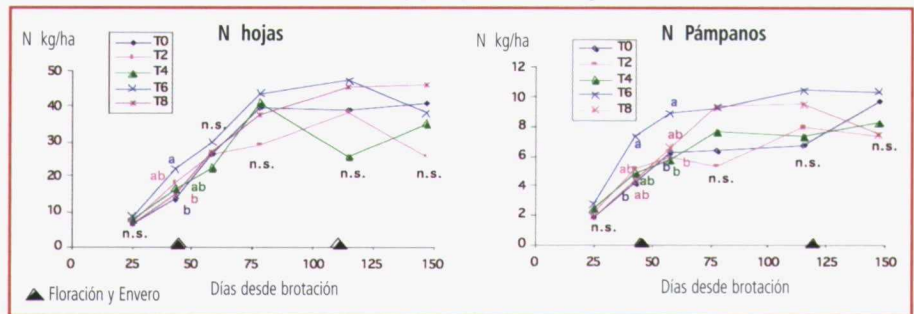
En cuanto al estado nutricional del viñedo, y por comparación directa de cada tratamiento con las tablas de referencia propuestas para Tempranillo en la DOCa Rioja (García-Escudero *et al.*, 2006), el limbo en floración mostraría un contenido de nitrógeno catalogado como elevado para los tratamientos con aporte de este nutriente, mientras que el estado nutricional del tratamiento T0 se consideraría adecuado. En envero, y a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos, la comparación con las tablas de referencia diagnosticarían un nivel de nitrógeno inferior al óptimo en los tratamientos con menor aporte de nitrógeno. Por su parte, los tratamientos con mayor aporte, T6 y T8, se encontrarían dentro de niveles considerados como normales (**figura 1**).

Recuperación de nitrógeno por parte del cultivo

Para evaluar el nitrógeno exportado a órganos renovables de la planta, se estima el nitrógeno acumulado en hojas completas, pámpanos, racimos y esperguras a lo largo del ciclo de cultivo (**figuras 2 y 3**). Tan solo

FIGURA 2.

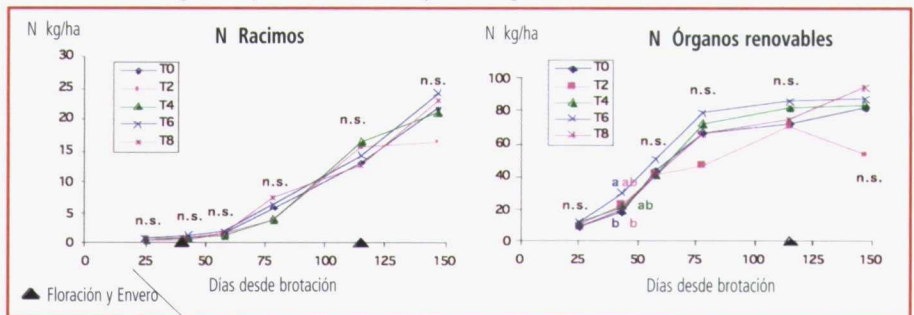
Evolución del nitrógeno exportado a hojas y pámpanos a lo largo del ciclo de cultivo.



Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. Test de Separación de Medias Tukey a $p \leq 0,05$.

FIGURA 3.

Evolución del nitrógeno exportado a racimos y a los órganos renovables.



Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. Test de Separación de Medias Tukey a $p \leq 0,05$.

se encontraron algunas diferencias en el nitrógeno acumulado en hojas y pámpanos (**figura 2**). En hoja en floración los tratamientos T0 y T8 obtuvieron una menor exportación inicial respecto al T6, tratamiento que mayor cantidad de nitrógeno había desplazado a la hoja hasta ese momento. Tal circunstancia podría ser debida por una parte a una menor producción de biomasa en T8 al comienzo del ciclo, a pesar de que su contenido foliar era superior al de otros tratamientos, y por otra al menor aporte de nitrógeno

en el T0. Sin embargo, las diferencias desaparecen según avanza el ciclo, igualándose las exportaciones en hoja para todos los tratamientos.

En pámpanos, las diferencias del T6 se observan tan solo respecto al T0 en floración, y a T0, T2 y T4 en postcujado, desapareciendo al igual que en hoja completa a medida que avanza el ciclo (**figura 2**). Por otro lado, las exportaciones a racimos (**figura 3**) y a esperguras no presentaron diferencias entre tratamientos (datos no mostrados). Debido



FERCAM 2009

FERIA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA, RIEGOS, AUTOMOCIÓN, OBRAS PUBLICAS, TURISMO Y MUESTRAS EN GENERAL del 15 al 19 de Julio en Horario de 11h. a 14h. y de 20h. a 24h. en MANZANARES (Ciudad Real)

[http:// www.fercam.manzanares.es](http://www.fercam.manzanares.es)

e-mail: fercam@manzanares.es

a todo ello, las exportaciones netas (suma de todos los órganos renovables de la planta) no mostraron en general diferencias debidas a los tratamientos (figura 3). Así mismo, ni la producción ni el índice de Ravaz, presentaron diferencias debidas a los tratamientos (datos no mostrados). Esta ausencia de respuesta a la fertilización era previsible, dado que las plantas leñosas que acumulan reservas para el ciclo de cultivo siguiente tienen mayor dificultad para mostrar el efecto de la fertilización a corto plazo. Por tanto, y dado que el ensayo está en su primer año, será necesario comprobar el efecto de la fertilización en los ciclos de cultivo posteriores, a medio y largo plazo.

Efecto de los tratamientos en algunos parámetros de calidad de mosto y vino

En el mosto, a pesar de las escasas diferencias detectadas en el estado nutricional del cultivo, se observa que el tratamiento T6 presenta un mayor contenido de ácido tartárico y ácido málico, así como una mayor acidez total y un menor grado probable. Sin embargo, estadísticamente las diferencias no quedan claras y dicho comportamiento se deberá comprobar en posteriores ciclos de cultivo (cuadro II).

Por lo general, los vinos muestran menores diferencias entre los tratamientos que las observadas para los mostos (cuadro III). Tan solo merece la pena destacar el mayor contenido en ácido tartárico de los tratamientos con mayor aporte de nitrógeno respecto al tratamiento testigo (T0). Así

CUADRO II.

Parámetros de calidad del mosto.

	Peso 100 bayas	°Probable	pH	Acidez Total	Ac. Tartárico	Ac. Málico	K
	g	v:v		g/l	g/l	g/l	mg/l
T0	232a	14,67a	3,43	6,01ab	5,48c	2,74ab	1608
T2	186c	14,13ab	3,49	5,55b	5,87ab	2,49b	1637
T4	197bc	14,05ab	3,40	6,15ab	5,92ab	2,86ab	1570
T6	210b	13,27b	3,38	6,53a	6,15a	3,05a	1470
T8	194bc	13,59b	3,43	6,15ab	5,81b	2,84ab	1508

Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. Test de Separación de Medias de Tukey a $p \leq 0,05$

CUADRO III.

Parámetros de calidad del vino.

	°alcohólico	pH	Acidez Total	Ac. Tartárico	K	IC	Tonalidad	IPT	Antocianos
	v:v		g/l	g/l	mg/l				mg/l
T0	14,60a	4,08	4,17bc	1,19b	1387	9,77	0,71	54,1	893
T2	14,07ab	4,11	4,07c	1,46ab	1448	9,53	0,74	52,9	830
T4	13,60b	4,02	4,52abc	1,56a	1267	9,03	0,70	50,2	800
T6	13,53b	3,99	4,67ab	1,52a	1292	8,34	0,66	46,0	782
T8	13,67ab	4,01	4,88a	1,59a	1272	8,43	0,68	45,5	754

Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. Test de Separación de Medias de Tukey a $p \leq 0,05$.

mismo, se observa que T8 presenta mayor acidez total que T0 y T2, mientras que el grado alcohólico se muestra más elevado que en el testigo T0. Aunque no existan diferencias entre los tratamientos, se observa que los parámetros de color, como son el índice de color, tonalidad, IPT y antocianos, van disminuyendo con el aumento de la concentración de nitrógeno. En definitiva, la respuesta a la fertilización nitrogenada en la calidad de mostos y vinos deberá ser evaluada a más largo plazo.

Conclusiones

Tras un único año de ensayo, el suelo no muestra una mayor disponibilidad de N debida a los tratamientos. Sin embargo, la composición mineral de la hoja muestra una respuesta a la fertilización, tanto en limbo como en peciolo, en distintos momentos del ciclo. Las exportaciones globales difieren poco entre tratamientos, estableciéndose diferencias al inicio del ciclo, que se diluyen según avanzamos en el tiempo. La fertilización nitrogenada podría aumentar la acidez total y el contenido en ácido tartárico, tanto en mosto como en vino. ●

Agradecimientos

A M^a Carmen Arroyo y el personal del Laboratorio Regional, así como a la Sección de Viticultura y Enología del CIDA de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Esta investigación ha sido financiada por el INIA (proyecto RTA2006-00109-00-00), la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de Comunidad Autónoma de La Rioja (Proyecto R-03-06) y por el Fondo Social Europeo.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores, que pueden solicitar en el e-mail: redaccion@eumedia.es.



Parcela de ensayo de fertirriego en la DO Ca Rioja (La Grajera).