



Balance de nitrógeno en el cultivo de patata en Rioja Alta

La patata es uno de los cultivos tradicionales en la comarca de Rioja Alta. En 2005 se cultivaron en dicha comarca 1.542 ha, el 65% de media estación y el resto de patata tardía (Gobierno de La Rioja, 2007). Según datos de 2003, las variedades de patata más cultivadas son Agria y Hermes, que constituyen más del 50% de la superficie, mientras que el resto se reparte entre otras, como Desiré, Marfona, Red Pontiac, Monalisa, etc. (Gobierno de La Rioja, 2003). Los rendimientos medios que se alcanzan, en torno a 45 t/ha, se encuentran entre los más altos de España (MAPA, 2006).

Texto y fotografías:
L. Olasolo, N. Vázquez, M. L. Suso y A. Pardo
Sección de Tecnología Agrícola y Experimentación. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA)

Una de las parcelas del ensayo realizado durante los dos últimos años.

Tabla 1. Detalles del cultivo de patata en las cuatro parcelas de estudio

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
Siembra	21/03/2005	18/03/2005	04/04/2006	17/03/2006
Variedad	Hermes	Red Pontiac	Fábula	Hermes
Densidad (pl/ha)	60.000	60.000	60.000	60.000
Cosecha	29/08/2005	23/08/2005	19/09/2006	08/09/2006
Total (t/ha)	60,9	58,9	50,3	38,0
Comercial (t/ha)	55,0	58,9	49,2	34,5
Fertilización (NPK kg/ha)	201-125-262	201-125-262	375-200-224	187-125-296
Riego (l/m²)	546	501	408	266

Tabla 2. Balance de agua (l/m²) a 0,6 m de profundidad en el cultivo de patata y en el periodo de postcosecha (post.)

	Parcela 1		Parcela 2		Parcela 3		Parcela 4	
	patata	post.	patata	post.	patata	post.	patata	post.
Precipitación	136	146	135	147	217	62	212	79
Riego	546	-	501	-	408	-	266	-
ETc	535	65	516	73	533	38	495	49
VR suelo	-48,2	53,4	-42,0	52,8	-28,9	6,3	-70,8	14,2
Escorrentía	6,5	0,8	5,9	0,8	4,4	0,0	0,0	0,0
Drenaje	189	27	157	21	117	17	54	16

ETc: evapotranspiración del cultivo; VR: variación de la reserva de agua en el suelo.

Tabla 3. Balance de nitrógeno (kg N/ha) a 0,6 m de profundidad en el cultivo de patata

		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
Entradas					
Fertilizante		201	201	375	187
Riego		174	29,4	13,5	5,1
Nmin. inicial	N-NO ₃ ⁻	12,4	21,5	237,8 ¹	51,2
	N-NH ₄ ⁺	11,3	13,8	56,9 ¹	12,2
Salidas					
Extracciones		318	281	235	186
Lixiviado		129	63	-	18
Nmin. final	N-NO ₃ ⁻	76,2	33,0	24,6	18,8
	N-NH ₄ ⁺	9,5	13,6	14,5	10,6
Balance		-134	-124,9	-	22,1

¹ Abonado de fondo (340 kg N/ha) incluido.

El exceso de nitrógeno en la fertilización del cultivo de patata puede inducir un desarrollo excesivo de la parte aérea y un retraso de la tuberización. A la vez, influye en la calidad de los tubérculos, aumentando el contenido en prótidos y azúcares reductores y disminuyendo la materia seca. Esto se ha podido comprobar en trabajos previos en la zona (Simón *et al.*, 2002; Tobar *et al.*, 2007). El cultivo de patata requiere un suministro de nitrógeno equilibrado para así obtener una adecuada producción y unos

niveles de calidad óptimos, que vienen exigidos por el consumidor y la industria transformadora. Del mismo modo, con una fertilización racional, también se evitan procesos de lavado o lixiviado de nitrato, ya que, si el cultivo no utiliza todo el N disponible, éste puede ser arrastrado hacia capas más profundas con el agua de drenaje de riegos y lluvias. Así, parte del nitrógeno aplicado como fertilizante se pierde del sistema agrícola y puede llegar a contaminar las aguas subterráneas. Esto cobra más

importancia en regiones declaradas como zonas vulnerables, donde existen problemas de contaminación por nitrato de origen agrario, como es el caso del Acuífero del Oja, situado en Rioja Alta. Por lo tanto, realizar un buen ajuste de la dosis y del momento de la fertilización nitrogenada, junto a un buen manejo del riego, es una de las claves para mantener rendimientos sostenibles y minimizar el impacto ambiental.

Ante la necesidad de adquirir un compromiso entre producción, calidad y respeto al medio ambiente surgió desde el Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA) el trabajo que se presenta y que se ha desarrollado en la Zona Vulnerable del Aluvial del Oja, durante los años 2005 y 2006, con la colaboración de agricultores y técnicos de la Cooperativa Rioja Alta. El objetivo del trabajo ha sido evaluar, mediante balances de agua y nitrógeno, el nitrato lixiviado por debajo del sistema radicular en el cultivo de patata realizado según las prácticas habituales en la zona.

Material y métodos

Se ha hecho el seguimiento de cuatro parcelas cultivadas de patata por agricultores, donde se practica la rotación patata/cereal/cereal. El cultivo de patata se desarrolló durante 2005 y 2006, en dos parcelas cada año. En la tabla 1 se detalla la ficha cultural de las parcelas estudiadas.

Los suelos, de textura franca en todas las parcelas, presentan un pH alrededor de 8,4 y un contenido de materia orgánica cercano al 2% en la capa superior (0-40 cm) y al 1% en la inferior (40-60 cm). En general son suelos poco profundos y con altos contenidos de elementos gruesos.

La fertilización fue la misma en las dos primeras parcelas (2005) y consistió en un abonado de fondo de 75-125-262,5 kg/ha con un complejo 6-10-21, el 16 de marzo; y un abonado de cobertura de 126 kg/ha de N, a base de sulfato amónico al 21%, el 24 de abril. En la parcela 3 (2006) se realizó un abonado de fondo de 340-200-200 kg/ha con un complejo 17-10-10 el 6 de marzo y,



Patatas de la variedad Hermes.



Patatas de la variedad Red Pontiac.

a partir de los riegos de julio, se aplicaron 35 kg/ha de N en 3 abonados cada 15 días con el agua de riego, a base de nitrato potásico (13,5-0-46,2). En la parcela 4 (2006) se realizó un abonado de fondo de 100-125-250 kg/ha con un complejo 8-10-20, el 9 de marzo; un abonado de cobertura a base de sulfato amónico al 21% de 73,5 kg/ha de N, el 10 de abril; y se aplicó 13,5 kg/ha de N con nitrato potásico (13,5-0-46,2) el 12 de julio.

El riego fue por aspersión, con un marco de 12 m x 18 m en las parcelas 1, 2 y 4, y de 12 m x 15 m en la 3. El agua de riego se tomó de acequias, menos en la parcela 1 que provenía de un pozo.

A lo largo de los períodos de cultivo y de postcosecha se han realizado balances de agua y nitrógeno, calculándose el drenaje y el lixiviado de nitrato.

Para el **cálculo del drenaje** se empleó la ecuación del balance de agua: $P + R = ET_c + VR + D + E$, siendo

P la precipitación, R el riego, ET_c la evapotranspiración del cultivo, VR la variación de la reserva de agua en el suelo, D el drenaje y E la escorrentía superficial. La evapotranspiración del cultivo se calculó con el método de los coeficientes y la reserva de agua en el suelo se determinó mediante muestreos de suelo a lo largo del cultivo. Los datos climáticos utilizados en el cálculo se obtuvieron de la estación agroclimática de Casalarreina de la red SIAR.

El lixiviado de nitrato se obtuvo multiplicando el drenaje por la concentración de nitrato en la solución del suelo.

Mensualmente se realizaron análisis del contenido de nitratos en el agua de riego y semanalmente se determinó el estado fenológico del cultivo.

La cosecha se realizó sobre tres parcelas elementales de 9 m², en donde se analizó la producción total y comercial, así como el peso seco de hojas, tallos y tubérculos. En cada una de las partes

de la planta se determinó el contenido en nitrógeno total en el momento de la cosecha, para el cálculo de las extracciones del cultivo.

Resultados

Las **producciones** obtenidas en las cuatro parcelas se muestran en la tabla 1. Los valores de la producción son los habituales en la zona, salvo en el caso de la parcela 4, que sufrió daños por granizo al inicio del mes de julio, en el momento de formación de los frutos y del engrosamiento del tubérculo.

La extracción media del cultivo fue de 4,9 kg de N por tonelada de producto y el porcentaje de nitrógeno en hojas, tallos y tubérculos osciló entre 1,6 y 1,9 (Olasolo *et al.*, 2007). Estos valores se encuentran dentro de los descritos en la bibliografía (Meisinger y Randall, 1991; Maroto, 2002).

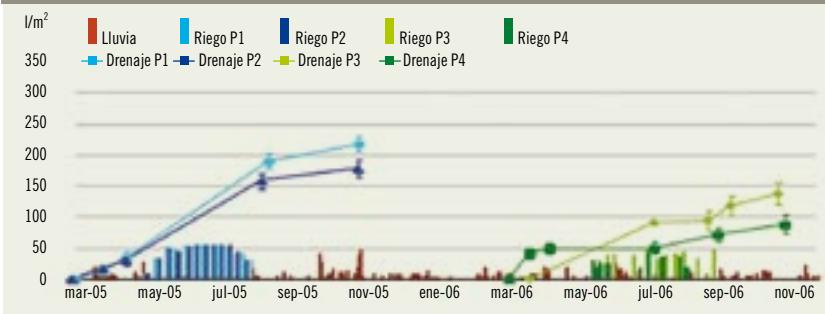
El **balance de agua** realizado en las cuatro parcelas a 0,6 m de profundidad para el cultivo de patata (entre siembra y cosecha) y el periodo postcosecha (hasta la siembra del cereal) se presenta en la tabla 2. En la parcela 4 el riego ha sido menor que en las otras parcelas, debido a las disponibilidades de agua en el canal de riego y a los daños causados por la tormenta de granizo a primeros de julio.

Durante el periodo de cultivo hay una extracción de agua en el suelo, como muestran los valores negativos de la variación de la reserva, mientras que en el periodo de postcosecha se recupera el agua en el perfil del suelo.

En la figura 1, donde se representa la evolución del drenaje, precipitación y riego a lo largo del estudio, se observa que, en el cultivo de patata en regadío, se producen drenajes importantes que



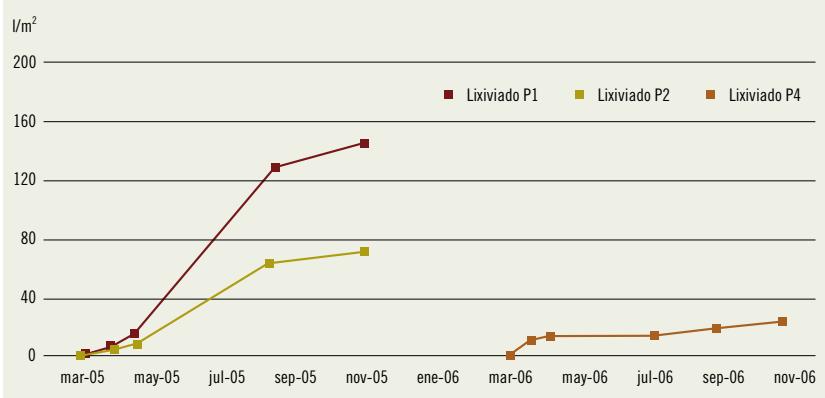
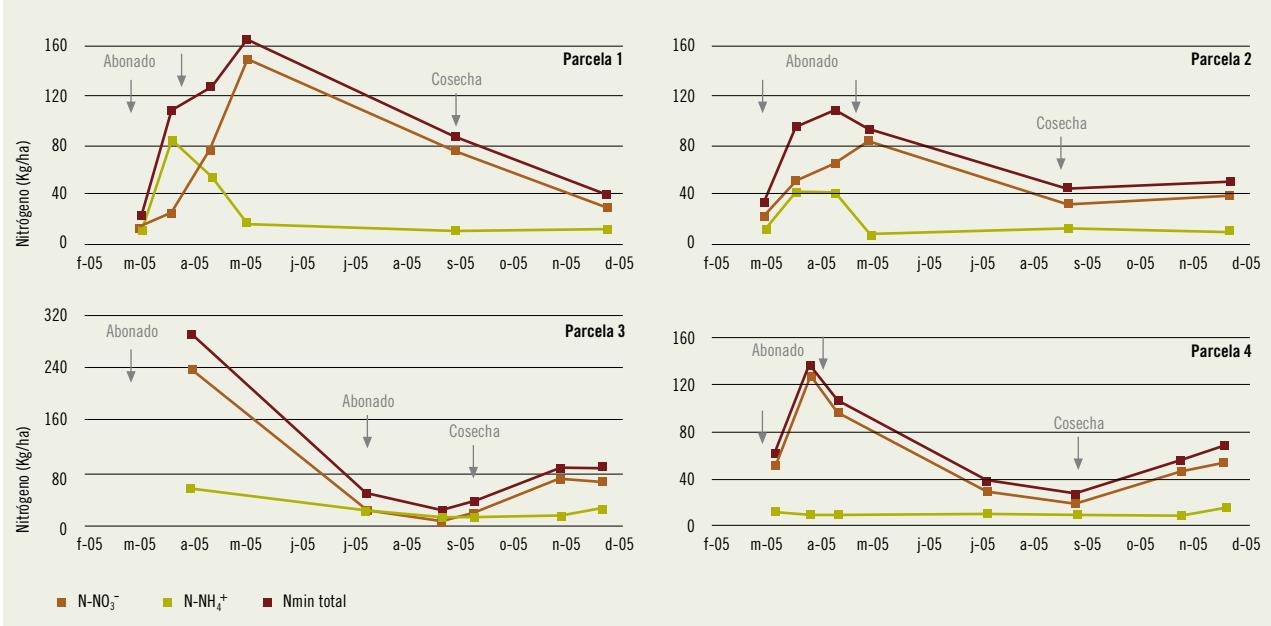
Muestras de suelo de las parcelas de estudio.

Figura 1. Lluvia, riegos y evolución del drenaje acumulado hasta 60 cm de profundidad

Análisis del nitrógeno mineral del suelo.



Recogida de patata en Rioja Alta./ Sección de Estadística

Figura 2. Evolución del lixiviado acumulado por debajo de 60 cm de profundidad**Figura 3.** Evolución del nitrógeno mineral hasta 60 cm de profundidad



oscilan entre el 20% y el 35% del agua aplicada como riego, mientras que, en el periodo de postcosecha, este drenaje es menor debido únicamente a las lluvias de otoño.

En la tabla 3 se detalla el **balance de nitrógeno**. Este balance y el cálculo de lixiviado no se han podido realizar en el caso de la parcela 3, por no disponer de datos válidos de nitrógeno mineral en suelo. El agua de riego aportó una cantidad significativa en el caso de la parcela 1 que se regaba con agua de pozo con una concentración media de NO_3^- de 140 mg/l, lo que provocó que el lixiviado de nitrato en esta parcela fuese mucho mayor, así como el NO_3^- residual susceptible de ser lavado. De igual forma, en la figura 2 se representa la evolución del lixiviado y vemos cómo el lavado de nitrato ha sido mayor en las parcelas 1 y 2, donde los riegos y drenajes han sido mayores. Se ha comprobado que el nitrógeno lixiviado ha alcanzado valores

de hasta el 30% del nitrógeno aplicado más el contenido en el suelo. Del balance se deduce que las salidas han sido superiores a las entradas en las parcelas 1 y 2, sugiriendo una mineralización neta de la materia orgánica presente en el perfil del suelo.

En la figura 3 se muestra la evolución del **nitrógeno mineral del suelo**, en los primeros 60 cm de profundidad. La variación de nitrógeno mineral se debe fundamentalmente a los cambios producidos en el contenido de nitrato, puesto que el contenido de amonio, excepto en el periodo de abonado de la patata, se estabiliza en unos niveles bajos como ocurre habitualmente. Los contenidos más elevados de nitrógeno mineral coinciden con la fertilización de la patata. En el momento de la cosecha, el contenido de nitrato en la parcela 1 es mucho mayor que en las otras, debido fundamentalmente al mayor aporte de nitrato durante el cultivo (fertilización y agua de riego). Este exceso de nitrógeno se lava por las lluvias de otoño durante el periodo de postcosecha, de modo que al inicio del siguiente cultivo, cereal de invierno, el contenido de nitrato es similar e incluso inferior al de las otras parcelas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia que tiene en la planificación de la fertilización el contenido en nitrato del agua de riego, el nitrógeno mineral inicial del suelo y el procedente de la propia mineralización del suelo, además de las extracciones del cultivo.

En este estudio las extracciones medias han sido de 4,9 kg N por tonelada de producto. El contenido en nitrato del agua de riego alcanzó valores de 140 mg/l, lo que supuso una aportación de 174 kg N por hectárea, poniendo de manifiesto la importancia del control del contenido en nitrato del agua de riego. Del balance se dedujo que una parte de la extracción de nitrógeno realizada por el cultivo provenía de la mineralización de la materia orgánica del suelo.

La cantidad de nitrato lixiviado ha llegado a valores del 30% del N aplicado más el contenido en el suelo, alcanzando niveles de hasta 129 kg de

nitrógeno lixiviado por hectárea, lo que subraya la importancia de los factores analizados y demuestra la necesidad de conocerlos para una correcta planificación de la fertilización y un mejor control del lavado de nitrato. También hay que considerar que, al finalizar el cultivo, pueden quedar en el suelo cantidades importantes de nitrógeno residual que, junto al mineralizable, son susceptibles de ser lixiviados por las lluvias de otoño e invierno.

Este trabajo continúa en el cultivo de cereal que sigue en la rotación para completar el estudio de la misma y poder sugerir prácticas culturales de menor impacto ambiental en la zona vulnerable del aluvial del Oja.

Bibliografía

- GOBIERNO DE LA RIOJA (2007). *Estadística Agraria Regional 2005*.
- GOBIERNO DE LA RIOJA (2003). "Datos estadísticos de patata". *Solanum 3*; 2.
- MAPA (2006). *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2004*.
- MAROTO, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 5^a edición, 702 p.
- MEISINGER, J. J. AND RANDALL, G. W. (1991). "Estimating nitrogen budgets for soil crop systems". En: *Managing nitrogen for groundwater quality and Farm profitability*, 85-124, SSSA, Madison, WI, USA, 357 p.
- SIMÓN, A.; SUSO, M. L.; PARDO, A. Y GARCÍA, A. (2002). "La calidad de la patata para frito". *Cuaderno de campo*. Gobierno de La Rioja. 22: 32-35.
- TOBAR, V.; SIMÓN, A.; PARDO, A. Y SUSO, M. L. (2007). "Influencia de la fertilización y de la densidad de siembra sobre la producción y la calidad para frito en las variedades de patata Agria y Hermes". *Actas de Horticultura*, 49: 83-90.
- OLASOLO, L.; VÁZQUEZ, N.; SUSO, M. L. Y PARDO, A. (2007). "Estimación del drenaje y lavado de nitratos en un cultivo de patata en la zona vulnerable del Aluvial del Oja". *Actas de Horticultura*, 49: 249-256.