



Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso del Alto Valle de Río Negro.¹

Seasonal concentration of nitrates in a loamy silt soil of the Upper Río Negro Valley.

María Cristina Aruani²
Enrique E. Sánchez³

Pablo Reeb²
Elizabeth Aun²

Originales
Recepción: 24/04/2007
Aceptación: 04/09/2007

RESUMEN

La abundancia y bajo costo del recurso hídrico en el Alto Valle de Río Negro combinados con un manejo ineficiente del mismo, principalmente durante la primera parte de la primavera, época en la que los productores riegan con mayor frecuencia para luchar pasivamente contra las probables heladas tardías, permiten inferir que los nitratos presentes en el suelo, así como el aportado por los fertilizantes nitrogenados, están sujetos al lixiviado durante una gran parte del ciclo productivo. En la actualidad no existen estudios regionales que ilustren la variación estacional de la concentración de nitratos en la zona de exploración radical de frutales, por lo que se inició el presente trabajo con el propósito de: a) medir la concentración de los nitratos en el perfil del suelo cultivado con manzanos, desde el período de floración hasta el inicio de caída de hojas, con fertilización nitrogenada en dos dosis y sin fertilización a distintas profundidades de extracción; b) determinar la eficiencia del riego a manto de dicho monte. Se ensayaron dos concentraciones de nitrógeno, adicionado como nitrato de amonio en dos oportunidades: el 50% a la caída de los pétalos y el 50% restante cercano a la cosecha, correspondiendo a dosis de 100 kg ha⁻¹ (N₁), 200 kg ha⁻¹ (N₂) y un testigo sin agregado de N (N₀), durante el período 2004-2005 y 2005-2006. Para determinar los niveles de N en el suelo, expresado como nitratos, se extrajeron muestras del mismo a tres profundidades 0-30; 30-60; 60-90 cm, al inicio de floración, antes del primer riego y después de cada riego. La lámina de agua empleada para el riego a manto

ABSTRACT

The abundance and the low cost of the irrigation water in the Upper Río Negro Valley entail to the inefficient use of the resource, mainly during the first part of the spring when the growers irrigate frequently for passive frost control. Such situation allows us to infer that nitrates derived from either the soil or the fertilizer is prone to be leached from the soil profile during most part of the growing season. Actuality there are no local studies to show the variation seasonal concentration of soil nitrates in the rooting zone of the fruit trees, therefore we initiated a study with the aims of: a) to measure the concentration of nitrate in the soil profile occupied with roots from the stage of flowering to the beginning of leaf fall, with nitrogen fertilization in two equal doses and without nitrogen, a different profundity the extraction; b) to determine the efficiency of irrigation of the orchard irrigated by flooding. Two concentrations of nitrogen were experimented, applied as ammonium nitrate in two opportunities, 50% at petal fall and the rest at harvest and a control treatment without N (N₀), corresponding a dose the 100 Kg ha⁻¹ (N₁) and 200 kg ha⁻¹ (N₂), period 2004-2005 and 2005-2006. Soil samples at three soil depths (0-30, 30-60 and 60-90 cm) were taken in the beginning of flowering and previous any irrigation and then from October to April after each irrigation. The concentration of nitrates along the season remained in 22 mg kg⁻¹ in the top soil and decreased 50% in the 30-60 cm soil depth. In N₁ and N₂ the concentration increased sharply after the application of the fertilizer and

- 1 Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto de Investigación PI 04/A082, financiado por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue.
- 2 Facultad de Ciencias Agrarias. UNComahue. C. C. 85. (8303) Cinco Saltos. Río Negro. Argentina. mcaruani@jetband.com.ar
- 3 Estación Experimental Agropecuaria INTA Alto Valle. C. C. 782. (8332) General Roca. Río Negro. Argentina.

Palabras clave

fertilización nitrogenada • eficiencia riego • manzano • distribución de raíces

Keywords

nitrogen fertilization • irrigation efficiency • apple tree • root distribution

osciló entre 1712 y 2400 mm, con un aprovechamiento a campo del 30%. La concentración de nitratos fue baja cuando no se fertilizó, manteniéndose alrededor de 22 mg kg⁻¹ en superficie y reduciéndose a la mitad a la profundidad de 30-60 cm, durante el período de muestreo. En ambas dosis empleadas, el contenido de nitratos del suelo fue mayor llegando a 175 y 300 mg kg⁻¹, respectivamente. Estos valores se igualan a los del testigo a los 30 días en el caso de N₁ y a los 60 días para N₂. Los resultados permiten inferir que la concentración de nitratos fue efímera en el perfil del suelo y mejoró la eficiencia de riego, principalmente durante la primavera con el fin de minimizar pérdidas de nitrógeno.

reached concentrations in the 0-30 cm of 175 mg kg⁻¹ and 300 mg kg⁻¹ in N₁ and N₂, respectively. However 30 days after the application of N₁ and 60 days after the application of N₂ the concentrations of nitrates were similar to N₀. The volume of water applied per hectare was 1712-2400 mm with a 30% efficiency. The results showed that the effect of the fertilizer application lasted a short period of time and the irrigation efficiency should be improved in order to avoid nitrate leaching.

INTRODUCCIÓN

En el Alto Valle de Río Negro, Argentina, la actividad frutícola demanda un uso intensivo del recurso suelo, el cual se ha originado sobre materiales aluviales y tiene por naturaleza bajo contenido de materia orgánica (1), situación que ha generado un aumento en el empleo de fertilizantes, principalmente los nitrogenados. El nitrógeno aportado por los fertilizantes orgánicos, amoniacales o por el agregado de materia orgánica al suelo es transformado, por la acción microbiana, en nitratos. Bajo esta forma, su movilidad a través del perfil del suelo es muy grande, por lo que puede ser fácilmente lixiviado y alcanzar el agua subterránea (7). El comportamiento de los nitratos en el suelo está relacionado, directamente, con el manejo del recurso hídrico. En el Alto Valle el sistema de riego predominante es a manto con muy baja eficiencia (3); esto compromete la calidad del suelo al disminuir su fertilidad por el lavado de nutrientes, especialmente del nitrógeno.

Al comienzo del ciclo productivo, las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son susceptibles a la lixiviación, debido a la escasa absorción por parte del frutal (8) y a la ineficiencia del sistema de riego, especialmente por su empleo en la lucha pasiva contra las heladas tardías, permitiendo el planteo de la hipótesis de que el aprovechamiento del nitrógeno proveniente, tanto del suelo como de la aplicación de fertilizantes, debe ser mínimo (10).

En la mencionada región no existen antecedentes que señalen la dinámica de los nitratos en el suelo a lo largo del ciclo de crecimiento del manzano. Dicha información es fundamental para conocer no sólo la concentración de la forma más fácilmente disponible de nitrógeno para las plantas en la zona ocupada por las raíces del frutal, sino también las fluctuaciones que se producen en el suelo cuando es aplicado un fertilizante.

Objetivos

- Generar información básica sobre la distribución del nitrógeno como nitrato en el perfil del suelo, desde la fase temprana del cultivo hasta el inicio de caída de hojas.
- Determinar la eficiencia del riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del cultivo

El estudio se llevó a cabo en un monte de manzanos (*Malus domestica* Borkh.) cv. Red Delicious de 15 años, ubicado entre las coordenadas 38° 56' S y 67° 59' O, conducido en espaldera. Presenta una distancia de plantación de 2,7 m entre plantas y 3,7 m entre filas. El sistema de riego es por superficie (gravitacional) en melgas sin pendiente y sin desagüe al pie.

El clima de la zona es templado y árido, con una temperatura media anual de 14°C, siendo enero el mes más cálido (29,6°C) y julio el más frío (-0,8°C); la precipitación media anual es de 237 mm (5).

Los suelos, cuyo material originario es aluvial, pertenecen al orden Aridisol, clasificados como Haplocambides típicos, franco fino, mixto, térmica (11) y están ubicados en la Terraza Aluvial Subreciente. El régimen de humedad corresponde al arídico y el de temperatura es térmico, lo que refleja las condiciones de déficit hídrico durante todo el año si bien el máximo se produce durante el verano (4). En la tabla 1 se muestran las propiedades físico-químicas del perfil del suelo.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del sitio experimental.

H*	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Tex	w g%g -30kPa	w g%g -1500 Pa	DA** (Mg/m ³)	pH pasta	MO g kg ⁻¹	Nt g kg ⁻¹	C/N
Ap	0-12	15	58	27	fl	22,5	13,8	1,34	7,0	29	1,6	10,5
Bw	12-23	15	57	28	fl	21,3	12,7	1,45	7,1	25	1,5	10,0
C1	23-48	27	53	20	fl	23,0	12,3	1,39	7,4	-	-	-
C2	48-105+	10	74	16	fl	22,0	10,5	1,39	7,4	-	-	-

H* Horizonte DA** Densidad aparente

Los tratamientos fueron asignados según un diseño completamente aleatorizado, a nueve filas, constituyendo la unidad experimental las diez plantas centrales de cada fila. Se emplearon tres repeticiones. Los factores ensayados fueron: fertilización nitrogenada en tres dosis: 0 (N₀), 100 (N₁) y 200 kg ha⁻¹ (N₂) de nitrógeno (N), aplicadas en dos momentos: la mitad en caída de pétalos (5 de octubre) y la otra cerca de cosecha (18 de marzo) y profundidad de extracción de las muestras en tres niveles 0-30; 30-60 y 60-90 cm. Las profundidades de extracción de suelo fueron definidas teniendo en cuenta la distribución del sistema radical del manzano, en forma previa a la aplicación de la fertilización (figura 1, pág. 28). Los tratamientos combinados fueron estudiados en distintos estados fenológicos, para seguir la dinámica de los nitratos, durante las temporadas 2004-2005 y 2005-2006. La variable respuesta fue el contenido de nitratos en el suelo.

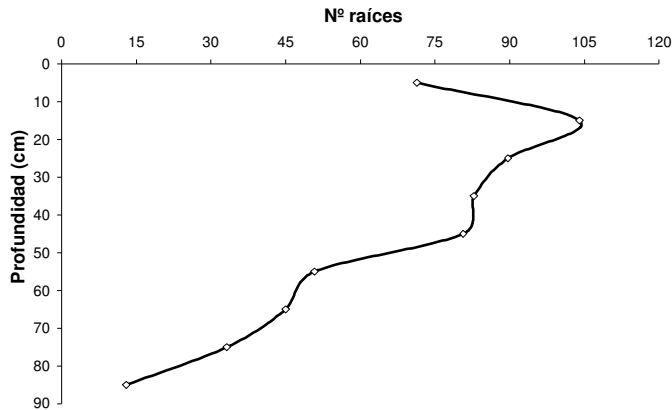


Figura 1. Distribución de raíces en el perfil del suelo. Cada valor representa el promedio de nueve repeticiones.

Como fuente de nitrógeno se utilizó nitrato de amonio. El fertilizante se aplicó en forma localizada, a ambos lados de la planta, en una franja de 20 cm de ancho ubicada a 50 cm del tronco, incorporándolo con un monocultivador, cubriendo una superficie de 0,55 m² por planta. La fertilización se realizó en toda la fila, evitando de esta manera el arrastre del fertilizante hacia plantas no fertilizadas.

Determinaciones de nitratos

En las temporadas mencionadas se extrajeron muestras compuestas de suelos (6 sub-muestras) de las profundidades citadas, en los momentos del ciclo fenológico señalados con anterioridad. Se determinó la concentración de nitratos mediante un equipo de medición rápida (Merck reflectoquant), que expresa el resultado directamente en mg kg⁻¹. Este valor se corrigió por la humedad del suelo al momento de la extracción.

Riego

El caudal de escurrimiento (en la melga) se midió en la acequia de cabecera con vertedero Cipolletti ($L = 0,60$ m) y el tiempo de aplicación en la superficie considerada, con lo que se calculó la lámina bruta. Para cada horizonte se determinó la lámina de reposición neta. El cociente entre la lámina de reposición y la lámina bruta permitió obtener la eficiencia de aplicación del riego. El momento del riego fue ajustado mediante la humedad del suelo (40% del agua disponible). A lo largo del ciclo se completaron siete riegos.

Medición de raíces

Se determinó la distribución de raíces en nueve plantas (tres por cada tratamiento) en el espacio interfilar paralelo a la fila, a 1 m de distancia del tronco. Los pozos de observación (calicatas) fueron de 1 m de ancho y 1 m de profundidad los cuales se extendieron 50 cm a cada lado del tronco en el interfilar. Sobre las paredes se colocó una grilla de 1 x 1 m dividida en sentido horizontal y vertical cada 10 cm. La distribución de raíces dentro de cada cuadrado fue mapeada después de remover una delgada capa de suelo, para poner al descubierto las raíces. Se cuantificaron aquellas raíces comprendidas entre 2 y 10 mm de diámetro (12).

Análisis de los datos

Se ajustó un modelo lineal generalizado utilizando el procedimiento Mixed de SAS 8.2 para cada fecha, el cual contempla el ajuste de medias repetidas para el factor profundidad. En todas las situaciones una covarianza de tipo desestructurada fue la que mejor ajustó a los modelos (6). La comparación múltiple de medias se realizó utilizando la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestra el análisis de varianza de la concentración de nitratos en función de la fertilización y la profundidad, para cada fecha de muestreo y por temporada. Se observa que la concentración de nitratos fue afectada por la interacción entre la dosis de nitrógeno aplicada y la profundidad en algunas fechas de muestreo. No se encontraron diferencias significativas en el contenido de nitratos al inicio del ensayo (setiembre 2004-2005).

En la figura 2 (pág. 30) se pone de manifiesto la dinámica de los nitratos en el perfil del suelo. En el tratamiento N_0 la concentración de NO_3^{-1} a lo largo del ciclo de cultivo osciló entre 27 y 13 mg kg^{-1} en superficie y disminuyó a la mitad en los 30-60 cm. En los tratamientos fertilizados después de la aplicación de la primera dosis de N (octubre) se obtuvo un incremento significativo en la concentración de nitratos hasta los 60 cm en el tratamiento N_2 respecto de N_1 y N_0 y entre N_1 y N_0 .

El riego por gravedad (manto) permite que los nitratos se distribuyan a mayor profundidad en el perfil, por ello, en las parcelas fertilizadas, principalmente en la N_2 , una concentración importante llega hasta los 90 cm en ambas temporadas.

Tabla 2. Valores de p de las pruebas F de los ANOVAS de la concentración de nitratos en función de la profundidad y tratamiento en cada fecha de muestreo.

Temporada 2004-2005							
Efectos	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr
Prof	0,128	< 0,0001	0,0006	0,0002	0,0054	< 0,0001	0,0003
Trat	0,125	< 0,0001	0,0732	0,0189	0,7517	0,3993	0,021
Prof*Trat	0,2371	< 0,0001	0,3665	0,0017	0,7594	0,3382	0,0162

Temporada 2005-2006							
Efectos	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr
Prof	0,0016	< 0,0001	0,0153	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Trat	0,167	< 0,0001	0,0002	0,0004	0,1731	0,0638	< 0,0001
Prof*Trat	0,7524	< 0,0001	0,1631	0,014	0,1877	0,0697	< 0,0001

En noviembre (2004-2005) se observó una gran variabilidad en la concentración de nitratos en el tratamiento N_2 por lo que no se manifiesta diferencia entre los tratamientos, aunque hay una tendencia de mayor concentración de NO_3^{-1} en este tratamiento, semejante a lo ocurrido en el anterior muestreo.

En diciembre y en ambas temporadas, la concentración de nitratos disminuyó en el perfil prácticamente un 80% en los tratamientos fertilizados; no obstante, se manifestó una diferencia en el tratamiento N_2 respecto de N_0 en las dos primeras profun-

didades. En enero y marzo los tratamientos que recibieron N mostraron valores de nitratos similares al N_0 y se observó un incremento de NO_3^{-1} en la capa superficial (0-30 cm) en relación con las restantes (figura 2), que oscilaron entre 15 y 20 mg kg^{-1} de nitrato. En esta fecha (verano) el cultivo requiere mayor demanda de N, las yemas se están diferenciando, el fruto está creciendo y el crecimiento vegetativo está en pleno desarrollo; es decir que la disminución de nitratos puede deberse en parte al consumo de la planta y también al consumo de la biota del suelo, o es lavado por el riego o las precipitaciones que desde septiembre a marzo oscilaron entre 90-98mm en ambas temporadas.

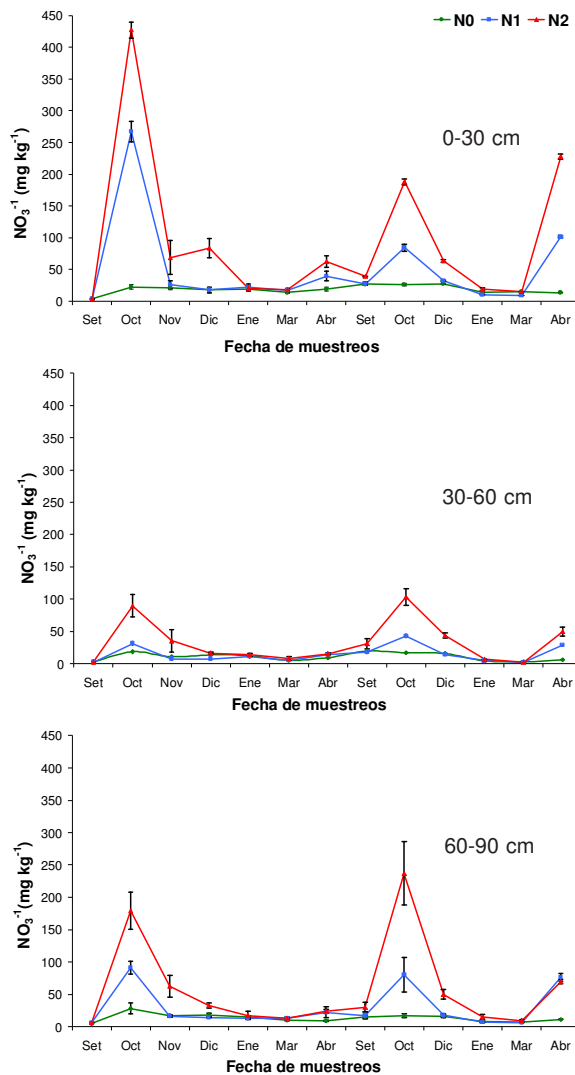


Figura 2. Distribución de nitratos en manzanos a tres profundidades de suelo para los diferentes tratamientos en las temporadas 2004-2005 y 2005-2006. Barras verticales representan el error estándar de la media.

En el muestreo de abril realizado después de la aplicación de la segunda dosis del fertilizante, la concentración de nitratos en el perfil volvió a aumentar y fue mayor en los tratamientos N_2 y N_1 a los 30 y 60 cm de profundidad en comparación con N_0 , situación semejante a lo ocurrido en las primeras fechas de muestreos. El N aplicado en otoño asegura el nuevo crecimiento de la planta frutal durante la siguiente temporada, dependiendo en gran medida de los niveles de N almacenado. La fertilización de otoño es aplicada cuando las hojas aún mantienen su actividad fotosintética y parte del nitrógeno absorbido se dirige a los órganos de reserva (9) o es consumido por la microfauna del suelo. En septiembre de la segunda temporada la concentración de NO_3^{-1} fue mayor en superficie respecto de la temporada anterior, producto del N residual proveniente de la fertilización de otoño (figura 2, pág. 30).

De acuerdo con lo analizado, es importante destacar que la disponibilidad de los nitratos después de cada fertilización es muy efímera ya que, prácticamente al mes de aplicada, la concentración disminuye notablemente. De esta manera, la primera dosis de fertilizante en el tratamiento N_1 llegó a cubrir el inicio del período de activa división celular del fruto y el comienzo del desarrollo vegetativo. Por el contrario, en el tratamiento N_2 los nitratos permanecieron en el suelo en una concentración más o menos elevada hasta diciembre, cubriendo parcialmente las necesidades del cultivo durante el período de elongación celular del fruto.

El análisis de raíces (figura 1, pág. 28) demostró una distribución homogénea al no presentar impedimento para su desarrollo y se expandieron a mayor profundidad, concentrando alrededor del 85% de 2 a 10 mm de diámetro, en los 60 cm. Esta distribución fue observada en otros montes implantados con manzanos en condiciones semejantes de manejo (2). La concentración de nitratos hasta los 60 cm en las parcelas fertilizadas y principalmente para la dosis más alta asegura la disponibilidad de los mismos para la mayor parte de la masa radical.

En la figura 3 se detalla la lámina de agua aplicada en cada riego y la precipitación correspondiente en el período considerado. La lámina bruta aplicada en la temporada 2004-2005 se mantuvo alrededor de 310-380 mm por riego y en la segunda temporada la lámina se redujo en un 25% oscilando entre 250-300 mm.

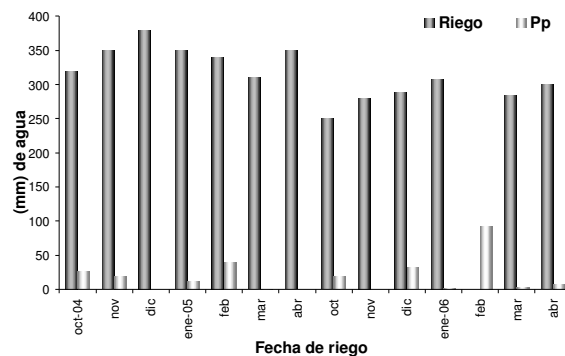


Figura 3. Milímetros de agua aplicados en cada riego y precipitaciones durante la temporada 2004-2005 y 2005-2006.

La estimación de la eficiencia del riego que se aplicó fue del 30%. En febrero 2006 no se regó ya que la precipitación caída fue prácticamente la lámina de reposición. En general, la eficiencia de riego en los montes comerciales del Alto Valle con texturas semejantes a la parcela de ensayo y el mismo sistema es del 20% (3) en el período octubre-diciembre. Se sabe que el balance hídrico es un factor primordial en la lixiviación de los nitratos y de acuerdo con la lámina de agua empleada, es evidente que el agregado excesivo de agua justificaría en parte la pérdida de los nitratos del perfil al poco tiempo de ser aplicados. Cabe señalar que también ha contribuido a la disminución de los nitratos la demanda primaveral de los frutales y de la vegetación en el espacio de aplicación.

CONCLUSIONES

- ❖ El enriquecimiento de nitratos en el perfil del suelo, en las parcelas fertilizadas, se obtuvo en las fechas de muestreo inmediatamente posteriores a la fertilización. La mayor dosis de nitrógeno agregado aseguró la disponibilidad de nitratos en la zona de mayor concentración de raíces hasta comienzos del verano.
- ❖ Resulta necesario mejorar la eficiencia de riego, principalmente durante la primavera, para asegurar mayor absorción de los nitratos por parte de los frutales y para evitar las pérdidas de nitratos por lixiviación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aruani, M. C.; Sánchez, E. E. 2001. Micronutrientes disponibles en suelos del Alto Valle de Río Negro en Argentina. *Agro-Ciencia*. 17(1): 23-28, Chile.
2. Aruani, M. C.; Behmer, S. 2004. Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 33(2): 55-66. INTA. Argentina.
3. Consorcio Inconas Latinoconsult S.A (C.I.L.) 1987. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro, Argentina. Diagnóstico de la eficiencia de riego predial. Sector riego agrícola. Buenos Aires, Argentina. 349 p.
4. _____ 1991. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro, Argentina. Etapa II. Informe Edafológico. Buenos Aires, Argentina. 243 p.
5. Cordon, V. H.; Forquera, J. C.; Gastiazoro, J. 1996. Estadísticas meteorológicas 1972-1992 y relación de las variables climáticas con la fenología de frutales de pepita en Cinco Saltos, Río Negro. Plan de Investigación A/016 - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Argentina. 50 p.
6. Littell, R. C.; Milliken, G. A.; Stroup, W. W.; Wolfinger, R. D. 1996. SAS System for Mixed Models. Cary, NC: SAS Institute Inc. 633 p.
7. Nolan, B. T. 1999. Nitrate behavior in ground waters of the southeastern USA, Reston. *J. Environ. Qual.* 28: 1518-1527.
8. Sánchez, E. E. 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo INTA Alto Valle de Río Negro, Argentina. 195 p.
9. _____; Righetti, T. L.; Sugar, D.; Lombard, P. B. 1990. Seasonal differences, soil texture and uptake of newly absorbed nitrogen in field grown pear trees. *J. Hort. Sci.* 65(4):395-400.

Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso

10. Silva, E.; Rodríguez, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Ed. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 519 p.
11. Soil Survey Staff, 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th ed. USDA. Natural Resources Conservation Service. Washington, D C, USA. 326 p.
12. Williams, L. E.; Smith, R. J. 1991. The effect of rootstock on the partitioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of Cabernet sauvignon grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 42(2): 118-122.

110 años de la fundación
Escuela Nacional de Vitivinicultura de Mendoza
(1897-2007)

El martes 3 de agosto de 1897 se inauguró en los terrenos de la antigua Quinta Agronómica (hoy Centro Cívico) la Escuela Nacional de Vitivinicultura, dando continuidad a la vieja Escuela Nacional de Agricultura fundada por Domingo F. Sarmiento. Esta vez el objetivo principal sería impartir todos los conocimientos relacionados con la industria madre de Mendoza, la vitivinicultura.

Su primer director, el Ing. Agr. Domingo Lino Simois, organizó la ceremonia de inauguración programada para las catorce horas, la cual se llevó a cabo frente a la dirección del establecimiento (actual explanada de acceso al Palacio Policial, sobre calle Belgrano) y contó con la presencia del Sr. Gobernador Francisco J. Moyano, representantes del Ministerio de Instrucción Pública, profesores fundadores, padres y alumnos. Los diarios locales resaltaron la importancia del hecho, por cuanto era imperiosa la necesidad de contar con un instituto de este tipo frente al gran incremento de la superficie cultivada de vid y la construcción de nuevas bodegas, lo que demandaba profesionales en esa especialidad.

El establecimiento perduró cuarenta y dos años y de él egresaron cuarenta generaciones de enólogos, muchos de ellos verdaderos pioneros de la industria: Luis Filippini, Luis Pincolini y Pacífico Tittarelli, entre otros.

En 1939 el predio, con todas sus instalaciones, fue ocupado por la Facultad de Ciencias Agrarias, hasta 1953, cuando fue trasladada hasta su actual emplazamiento en Chacras de Coria. Culminaban de esta manera muchos y fructíferos años de enseñanza agronómica en aquel histórico predio.



Laboratorio



Escuela: sector sur