

# Presencia de nitratos en la zona no saturada del suelo y acuífero en el área cañera de la llanura deprimida tucumana no salina

Rocío Portocarrero<sup>1</sup>, Martín Acreche<sup>2,3</sup> y Jorge García<sup>4</sup>

1Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Famaillá. 2Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Salta. 3CONICET. 4Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales.

e-mail: portocarrero.rocio@inta.gob.ar

## INTRODUCCIÓN

El fertilizante nitrogenado adicionado al suelo, por acción de las bacterias, es transformado en nitrato. Este compuesto tiene carga negativa, al igual que los componentes del suelo, por lo que no se adsorbe y queda disponible en la solución. Ante la presencia de un flujo de agua descendente, presenta riesgo de lixiviación. La cantidad de fertilizante lixiviado depende de la dosis aplicada, capacidad de extracción del cultivo, prácticas agronómicas y cantidad de agua percolada, que depende tanto de las propiedades físicas del suelo, como de la cantidad y distribución de las lluvias (3, 5, 12).

Además de la disminución en la rentabilidad del productor, estas pérdidas tienen implicancias sobre la salud humana (concentraciones de nitrato superior a 10 mg N-nitrato/L en el agua de bebida sería causante de metahemoglobinemia en población vulnerable) y la eutrofización de los cursos de agua superficial.

Sin embargo, en el sistema natural, no sólo los fertilizantes son fuente de nitratos, también lo son la materia orgánica del suelo y las excretas de animales y humanos, una vez que el amonio se ha nitrificado (9).

Las prácticas frecuentes de fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar en Tucumán, significan una aplicación anual de 80 a 110 kg N/ha en forma de urea, a inicios del ciclo anual de lluvias (octubre-diciembre).

Durante los meses de diciembre a marzo, la región presenta un balance hídrico positivo,

lo que significa que los excedentes de fertilización nitrogenada u otros orígenes, podrían lixiviar.

En la llanura deprimida tucumana, el primer acuífero es libre y somero, por lo que tiene una relativamente alta potencialidad de ser contaminado. Si bien los acuíferos libres no son la principal fuente de aprovisionamiento de agua en la provincia de Tucumán, la conexión que pueden presentar con los acuíferos semiconfinados, que sí son altamente utilizados, podría causar deterioro de calidad de estos. Además, pueden recargar al sistema hídrico superficial, acelerando los procesos de eutrofización.

El objetivo de este trabajo, es avanzar en la comprensión integral de los procesos de lixiviación del fertilizante nitrogenado aplicado en el cultivo de caña de azúcar en la llanura deprimida no salina de Tucumán y su impacto en la calidad del agua. Para ello se integrarán los resultados de dos trabajos realizados a diferente escala. El primero, es a nivel experimental a campo, y su objetivo es cuantificar la lixiviación de nitratos desde la zona radicular del cultivo de caña de azúcar. Este estudio se basa en que los nitratos, que han alcanzado profundidades mayores a 80 cm en el perfil de un suelo cañero, no están disponibles para ser tomados por el sistema radicular, y por ello se los califica como lixiviados. El segundo estudio, se lleva a cabo a escala de cuenca, y su objetivo es monitorear en el acuífero libre, los compuestos nitrogenados a lo largo de un ciclo anual de lluvias.

- **LIXIVIACIÓN DE NITRATOS DESDE LA ZONA RADICULAR DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR**

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2010/11, se instaló un ensayo de campo en un suelo Argiudol acuíco, cultivado con la variedad LCP 85-384 de caña de azúcar. El ensayo se condujo durante la segunda y tercer soca del cultivo. El suelo seleccionado se clasifica como de bajo potencial de contaminación para el sistema acuífero.

Los tratamientos consistieron en una fertilización nitrogenada anual con urea de 0 y 81 ó 88 kg N/ha en el primer y segundo año respectivamente. Las parcelas consistían en cinco surcos por 10 m de longitud. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las fertilizaciones se realizaron de acuerdo a las prácticas usuales en Tucumán, en las fechas 26 de octubre de 2010 y 16 de noviembre de 2011. El fertilizante se aplicó antes del período lluvioso.

La extracción de la solución del suelo se realizó a 85 cm de profundidad, utilizando lisímetros de succión de cápsula de cerámica porosa.

La cuantificación de los nitratos en la solución de suelo se realizó por un método colorimétrico (Nitrachek reflectometer, Merckoquant nitrate strips, Merck KGaA, Germany). El volumen de agua drenada se estimó por medio del modelo de simulación determinístico LEACH-W, que calcula el flujo de agua resolviendo la ecuación de Richard. El nitrato lixiviado se calculó semanalmente según la Ecuación 1. (Ec.1), a los 85 cm de profundidad, desde la fertilización hasta el fin de la temporada lluviosa.

### Ecuación 1 (Ec. 1)

$$NL = D \times C / 100$$

Donde NL es nitratos lixiviados (kg/ha), D es volumen de agua drenada (mm) y C es concentración de nitratos en la solución del suelo (mg/L).

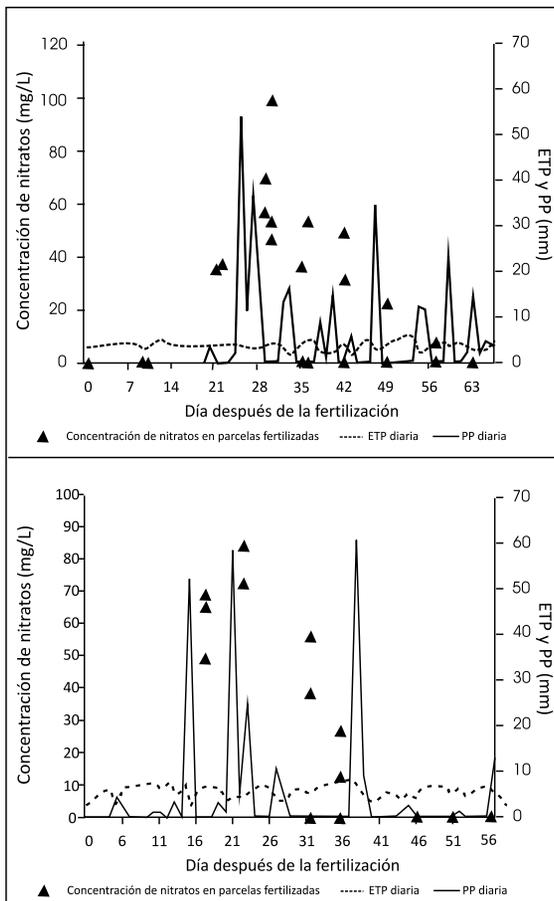
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer año del ensayo (segunda soca, campaña 2010/2011), no se observó lixiviación de nitratos en el tratamiento sin fertilizar. En las parcelas fertilizadas, la lixiviación de nitratos se inició a los 29 días después de la fertilización (DF), cuando ocurrió la primera precipitación efectiva, y continuó hasta el día 57 DF (mediados de diciembre). Luego de esta fecha y hasta el final del ciclo lluvioso, no se observaron nitratos en la solución del suelo a los 85 cm de profundidad. El tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lixiviación se denominó período de lixiviación, o curva de paso del soluto (Figura 1).

En el segundo año del ensayo (tercer soca, campaña 2011-2012), las parcelas no fertilizadas lixiviaron sólo entre los días 16 y 21 DF (al inicio del ciclo de lluvias), pero significativamente menos que las parcelas fertilizadas. Por su parte, en las parcelas fertilizadas, el período de lixiviación se inició el día 16 DF y continuó hasta el día 34 (mediados de diciembre). Tampoco se observaron nitratos luego de este período.

Las pérdidas acumuladas de nitrato en ambos períodos de lixiviación, en las parcelas fertilizadas, fueron de 0.5 y 0.4 kg de N-nitratos/ha.

Los nitratos lixiviados encontrados en este trabajo son bajos comparados con la cantidad de fertilizante aplicado, y con los estudios anteriores para caña de azúcar. En los sistemas cañeros de Brasil, se encontraron pérdidas entre 1.1 and 34.5 kg N/ha, con aplicaciones de fertilizante entre 100–120 kg N/ha (3, 4, 5). En Australia, encontraron pérdidas entre 0.6 y 9.2 kg N/ha con fertilizaciones entre 136–148 kg N/ha (1). En Tucumán, el único reporte encontrado muestra que el nitrógeno lixiviado fue de 22.4 kg



**Figura 1.** Concentración de nitratos en solución de suelo de parcelas fertilizadas durante el período de lixiviación del primer (a) y segundo (b) año del ensayo. ETP: evapotranspiración potencial, PP: precipitaciones.

N/ha con dosis de fertilizante de 90 kg N/ha (F. Fogliata, com. pers.).

Las bajas pérdidas de nitratos encontradas pueden deberse a que el período de lixiviación ocurre al inicio del ciclo de lluvias, cuando la evapotranspiración es aún mayor que las precipitaciones, por lo que el drenaje no es significativo (las pérdidas están directamente relacionadas con el agua drenada, Ec. 1).

- **NITRATOS EN UNA CUENCA CAÑERA DE LA LLANURA DEPRIMIDA TUCUMANA**

### MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la zona alta y media de la cuenca del arroyo El Tejar, ubicada en el departamento Monteros

de Tucumán (Figura 2). La dirección predominante de flujo superficial y subterráneo es de oeste a este. El caudal es de origen pluvial, con aportes de agua subterránea. El acuífero libre no tiene más de 20 m de espesor, y se encuentra a mediana y escasa profundidad (2). El principal uso del suelo es el cultivo de caña de azúcar, relacionado a sistemas productivos de nivel tecnológico bajo (10). Los suelos son Hapludoles énticos, Udipsamente típicos, Hapludoles taptoárgicos y Argiudoles típicos. En general, son suelos bien drenados, de permeabilidad moderadamente alta o alta y escurrimiento medio. En los sectores de planos bajos y depresiones, que han desarrollado horizonte B, presentan una permeabilidad moderada o moderadamente lenta, con horizontes con rasgos de hidromorfismo (8).

El estudio consistió en muestrear el acuífero libre, en un corte transversal a la dirección de flujo preferencial. Se realizaron en total seis muestreos, distribuidos entre el inicio (12 Nov., 26 Nov. y 18 Dic.), mediados (12 Mar.) y fin (15 Abr. y 20 May.) del ciclo húmedo de noviembre 2008- mayo 2009. Las variables analizadas fueron pH, conductividad eléctrica (CE), potencial redox (ORP), amonio (técnica espectrofotométrica de Nessler con destilación) y nitratos con muestra filtrada (técnica espectrofotométrica del salicilato de sodio). Al mismo tiempo se registraron los niveles del acuífero, y se correlacionaron con las precipitaciones (Figura 3).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo de lluvias en estudio se caracterizó por ser más seco que el promedio anual, con 235 mm menos de precipitación. Durante los meses de octubre y noviembre, las precipitaciones (PP) fueron mayores que las medias de esos meses, mientras que el mes de enero fue particularmente seco (113 mm menor al promedio). Estas variaciones en el balance hídrico se reflejan en el nivel del acuífero libre. En noviembre y diciembre se

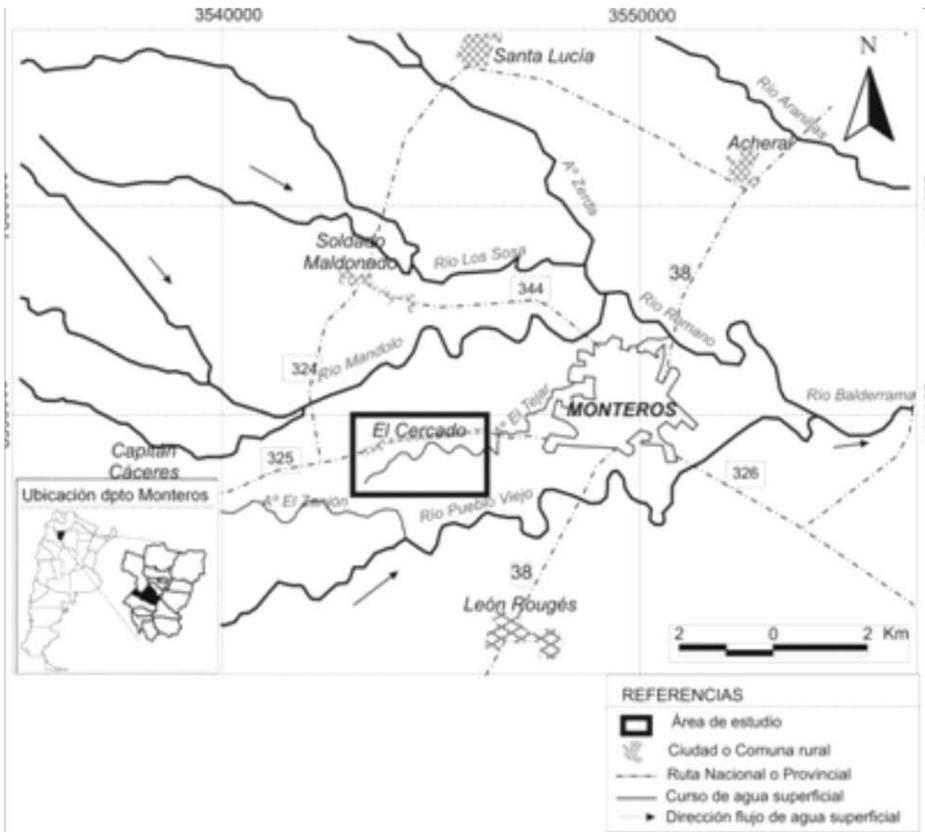


Figura 2. Área de monitoreo de nitratos y medición de nivel, en el acuífero libre de un sector cañero del departamento Monteros, provincia de Tucumán.

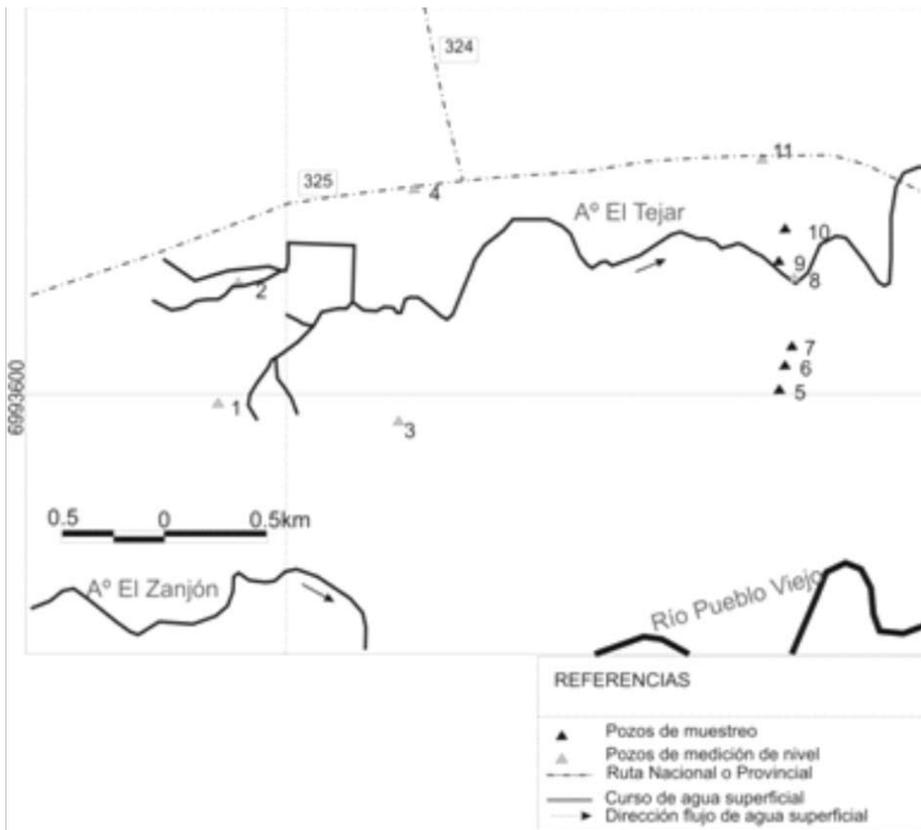


Figura 3. Identificación en el terreno de los sitios de muestreo y de medición de nivel, en el acuífero libre de un sector cañero de la provincia de Tucumán.

observaron variaciones en el nivel freático, como respuesta a las precipitaciones de los meses de octubre y noviembre. A diferencia del ciclo promedio, el ascenso de diciembre no fue sostenido, y durante enero, el nivel freático descendió. Las precipitaciones de principios de febrero, provocaron un ascenso en el nivel freático, que se observó en mediados de ese mismo mes. El ascenso se sostuvo hasta mediados de marzo, donde se observó un máximo, para iniciar un lento descenso. Los niveles del acuífero libre, variaron entre 0,5-2,7 m de profundidad, dependiendo de la ubicación.

Las primeras tres fechas de muestreo coincidieron con los períodos de lixiviación del fertilizante, de acuerdo al primer trabajo, y a los ciclos de ascenso y descenso observados en noviembre y diciembre. Las concentraciones de nitratos en el acuífero variaron entre 1,7 y 13,6 mg N-nitratos/L. Sólo una de las muestras presentó concentraciones altas de nitratos, el resto fueron medias o bajas (11). La relación N-nitrato: N-amonio descendió desde la primera fecha de muestreo hasta la tercera, alcanzando valores menores a 1.

Las siguientes fechas de muestreo estuvieron fuera de los períodos de lixiviación del fertilizante, y corresponden al ciclo de ascenso y descenso del acuífero libre que inicia en febrero, y al momento de mayor gradiente hidráulico desde la parte alta de la cuenca. Los nitratos variaron entre por debajo de los límites de detección y 10 mg N-nitratos/L. La relación de N-nitratos: N-amonio presentó valores menores a 1,2 hasta próximos a 0.

La prevalencia de amonio respecto a nitrato en el 65% de las muestras se puede explicar por la recarga vertical de amonio desde la zona no saturada, descomposición de materia orgánica y acumulación del mismo en condiciones reductoras, donde además el nitrato es denitrificado (6,7). Entre los principales orígenes alóctonos del amonio está la lixiviación de (i) los fertilizantes orgánicos e inorgánicos sin nitrificar, (ii) de las excre-

tas de animales y (iii) de la disposición de las excretas humanas, siendo uno de los principales indicadores de los puntos (ii) y (iii) (9). Un análisis de componentes principales (Figura 4) muestra que la presencia de amonio tiene una relación directa con la conductividad eléctrica e inversa al potencial redox. Los aumentos de la conductividad están relacionados con compuestos reductores, tales como el amonio o metabolitos reductores producto de la degradación de la materia orgánica. Mientras que en condiciones reductoras (ORP<0), el amonio se acumula, sin nitrificarse. El segundo eje, relaciona a los nitratos de manera directa con las precipitaciones. Esto se asocia a los procesos que desencadenan las precipitaciones, tales como la lixiviación desde la zona no saturada del suelo.

## CONCLUSIONES

En un sistema de cultivo cañero de Tucumán, caracterizado por un suelo Argiudol acuíco, existe una baja pérdida por lixiviación del fertilizante nitrogenado. Las pérdidas se observan al inicio del ciclo de lluvias, momento en que coincide la presencia del fertilizante con el drenaje profundo. Este período se caracteriza por un bajo flujo de drenaje, y por lo tanto incide en la cantidad total de pérdidas por lixiviación del fertilizante. Durante el período de lixiviación, el acuífero recibe recarga vertical de nitratos, pero también de amonio, compuesto indicador

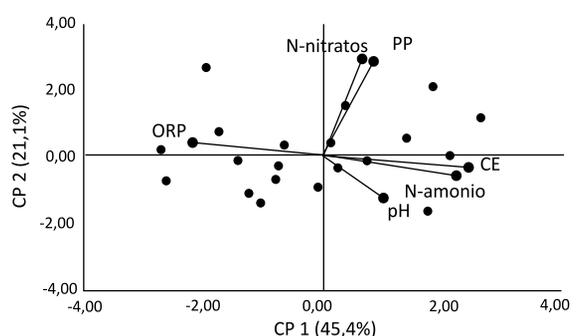


Figura 4. Análisis multivariado de las muestras del acuífero libre, correspondiente al ciclo de lluvias noviembre 2008- mayo 2009.

de contaminación por sistemas de eliminación de excretas. La recarga de amonio está asociada a ambientes reductores, que tienden a desnitrificar el nitrato. Solo una de las muestras presentó concentraciones superiores a 10mg N-nitratos/L.

Posterior al ciclo de lixiviación, los nitratos encontrados se relacionan a la recarga horizontal del acuífero, desde la zona alta de la cuenca.

En numerosos informes, la actividad agrícola ha sido mencionada como una fuente de contaminación de recursos hídricos, superficiales y subterráneos, de la provincia de Tucumán. Sin embargo, hay muy pocos antecedentes que cuantifican esta afirmación. En este trabajo, se presentan resultados cuantificados, del impacto de la fertilización nitrogenada de un cultivo determinado.

En la línea de evaluación del impacto de la producción de caña de azúcar sobre los recursos hídricos, se recomienda orientar las investigaciones hacia cuencas cañeras de mayor nivel tecnológico, cuantificar las pérdidas bajo diferentes tipos de manejos y avanzar hacia otros contaminantes, tales como plaguicidas.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- 1 Armour J.D., Nelson P.N., Daniells J.W., Rasiyah V. y Inman-Bamber N.G. 2012. Nitrogen leaching from the root zone of sugarcane and bananas in the humid tropics of Australia. *Agriculture, Ecosystem, and Environment* 180: 103-110.
- 2 De la Vega E. 1982. Geología e hidrogeología del faldeo oriental de la sierra de Aconquija entre Famaillá y Monteros. Departamentos Famaillá y Monteros, Provincia de Tucumán. Seminario final, Geología. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán.
- 3 Ghiberto P. J. 2009. Lixiviação de nutrientes em um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. Tesis doctoral, Doctor en Ciencias. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 158 pp.
- 4 Ghiberto P. J., Libardi P. L., Brito, A. S. y Trivelin P. C. O. 2009. Leaching of nutrients from a sugarcane crop growing on an Ultisol in Brazil. *Agricultural Water Management* 96: 1443-1448.
- 5 Ghiberto P. J., Libardi P. L., dos Santos Brito A. y Trivelin P. C. O. 2011. Nitrogen fertilizer leaching in an Oxisol cultivated with sugarcane. *Scientia Agricola* 68: 86-93.
- 6 Lamontagne S., Herczeg A. L., Dighton J. C., Pritchard J. L., Jiwan J. S. y Ullman, W. J. 2003. Groundwater-surface water interactions between streams and alluvial aquifers: Results from the Wollombi Brook (NSW) study (Part II: Biogeochemical processes). CSIRO Land and Water, Informe técnico 42.
- 7 Lamontagne S., Leaney F. y Herczeg A. 2002. Streamwater – groundwater interaction: The river Murray at Hattah- Kulkyne Park, Victoria: Summary of results. CSIRO Land and Water, Informe técnico 27.
- 8 Moscatelli G., Godagnone R. E., Salazar Le Plaza J. C., Nakama V. y Cuenca M. A. 2005. Carta de suelos de la República Argentina. Estudio de suelos para la reconversión del sector agropecuario. Departamento de Famaillá, Monteros, Simoca y Chicligasta, Provincia de Tucumán. 1ª ed. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISBN 987-521-148-6.
- 9 Rivett, M.; Drewes, J.; Barret, M.; Chilton, J.; Appleyard, S.; Dieter, H. H.; Wauchope, D. y Fastner, J. *Chemicals: Health relevance, transport and attenuation* Schmoll, Oliver; Howard, Guy; Chilton, John y Chorus, Ingrid (editores). *Protecting groundwater for health: Managing the quality of drinking water sources*. [en línea]. 1ª ed. Londres-Seattle: World Health Organization-IWA Publishing, 2006. [citado Febrero 22, 2011]. Disponible en: [http://www.who.int/entity/water\\_sanitation\\_health/publications/PGWsection1.pdf](http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/publications/PGWsection1.pdf). ISBN 92 4 154668 9.
- 10 Sopena R. A. y Logarzo J. 2008. Perfil tecnológico de la producción agropecuaria Argentina. Producto: Caña de azúcar. Región Tucumán - Pedemonte Sur. [versión digital]. Famaillá, INTA. Archivo excel.
- 11 Thorburn P. J., Biggs J. S., Weier K. L. y Keating B. A. 2003. Nitrate in groundwaters of

intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94: 49-58.

12 Thorburn P.J., Biggs J.S., Attard S.J., Kemei

J. 2011. Environmental impacts of irrigated sugarcane production: Nitrogen lost through runoff and leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144: 1-12

## Raquitismo de las socas de caña de azúcar en Tucumán. Relevamiento provincial 2014

**Sergio Pérez Gómez<sup>1</sup>, Paola Fontana<sup>1</sup>, Valentina DiPauli<sup>1</sup>, Alejandro Rago<sup>2</sup>**

1- INTA EEA-Famaillá y 2- INTA, IPAVE-CIAP.

Correo-e: perezgomez.sergio@inta.gob.ar

### INTRODUCCIÓN

El raquitismo de las socas o RSD (del inglés: *Ratoon Stunting Disease*), es una de las enfermedades económicamente más importante que afectan al cultivo de caña de azúcar, disminuyendo los rendimientos culturales en los cañaverales distribuidos en el mundo (4).

El agente responsable de esta patología es una bacteria denominada *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. Las plantas de caña de azúcar infectadas con este patógeno, no producen características visibles externamente, más que un declinamiento con síntomas inespecíficos o no visibles (7). La disminución de rendimientos puede llegar a ser de hasta 50% en variedades muy susceptibles (4). En Tucumán, Fernández de Ullivarri registró una disminución del rendimiento cultural de 17 y 34% en las variedades más cultivadas actualmente (3). Estudios indican que los síntomas pueden ser más severos en hospedantes expuestos a déficit hídrico (4), (7).

El efecto de la enfermedad es la obstrucción de los vasos xilemáticos por la colonización producida por la bacteria en los tejidos de conducción del tallo.

La transmisión sucede en forma mecánica por elementos de corte, durante el manejo del cultivo, siendo importante el efecto de la cosechadora (1).

Debido a esto, la principal estrategia para el

control de RSD es el establecimiento de un nuevo lote con caña semilla libre de patógeno y prácticas efectivas de saneamiento para prevenir la dispersión planta a planta, durante el ciclo del cultivo.

El manejo del raquitismo de las socas en el cañaveral comercial de la provincia comenzó desde el inicio de la década del 2000 (6), con la implementación de semilleros saneados y el diagnóstico de la caña semilla previo a plantación.

El objetivo del presente trabajo es mostrar la condición sanitaria actual del cañaveral tucumano respecto a la infección del raquitismo de las socas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el mes de julio del año 2014, se realizó el relevamiento, tomando muestras en lotes de productores de la provincia de Tucumán. Se incluyeron las variedades predominantes, TucCP 77-42, LCP 85-384, RA 87-3 y CP 65-357, en edad de plantas y socas.

Cada muestra estaba constituida por los entrenudos basales de 10 tallos tomados al azar en lotes de 3 a 5 ha.

Para determinar el grado de incidencia (tallos con haces vasculares colonizados, del total de la muestra), se empleó la técnica serológica de ELISA en nitrocelulosa, denominada tissue blot immuno assay (TBIA) de acuerdo a la técnica establecida por Harri-