

# Noticias de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Julio 2015

Año 14 N° 27

ISSN 2422-7447

## Equipo Editorial

### *Editores*

Dr. Juan Galantini

Dra. Mónica Poverene

Dr. Roberto Distel

Dra. Viviana Echenique

### *Secretaria Editorial*

Lic. Olga Vita

### Contribuciones:

El boletín electrónico del CERZOS - CCT CONICET Bahía Blanca da la bienvenida a contribuciones de su personal para sus diferentes secciones.

Los artículos y notas que aparecen en el boletín representan la opinión de los autores y no necesariamente la política del CERZOS (CONICET-UNS). En cuanto al derecho de autor, los artículos en su totalidad o parcialmente no podrán ser reproducidos por terceros sin previa autorización del autor/ autores.

### *Versión on line*

Alejandra Olazabal

Adrián Zunini

Área Cómputos y Comunicaciones de la UAT,  
CONICET-BB

Su opinión, sugerencias o colaboraciones serán bien recibidas.

Para suscribirse, enviar información o comunicarse con la redacción, envíe su correo a:

[boletín\\_cerzos@criba.edu.ar](mailto:boletín_cerzos@criba.edu.ar)

## **Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS)**

Edificio E-1, Centro Científico Tecnológico (CCT CONICET Bahía Blanca)

Camino La Carrindanga, Km 7.

B8000FWB - Bahía Blanca. ARGENTINA

Tel: 54 (0291) 4861124, Fax: 54 (0291) 4862882

**Contenido**

EDITORIAL .....	3
Juan Galantini*.....	3
Variación genética y epigenética asociada al modo reproductivo en <i>Eragrostis curvula</i> .....	4
Juan M. Rodrigo, Diego C. Zappacosta, Ana C. Ochogavía, Silvina C. Pessino, José R. Romero, Ingrid Garbus, Viviana C. Echenique.....	4
Influencia de las leñosas sobre las condiciones microedáficas para el crecimiento de las gramíneas forrajeras del Sur del Caldenal.....	11
Francisco R. Blázquez, Daniel V. Peláez, Romina J. Andrioli y Omar R. Elia .....	11
Cambios en la aptitud biológica de una población de <i>Brassica rapa</i> creciendo en cercanías de un cultivo de colza resistente a imidazolinonas .....	21
Ureta María Soledad*.....	21
Efecto de la textura sobre los contenidos y distribución del fósforo en suelos de la región Semiárida Pampeana.....	26
Liliana Suñer y Juan Alberto Galantini .....	26
Descomposición y dinámica de nutrientes en el suelo debajo de especies de diferente preferencia animal en pastizales naturales del sudoeste bonaerense .....	40
Mariela Lis Ambrosino .....	40
¿Sabía Ud.? .....	47
Leonela Schwerdt.....	47

## EDITORIAL

Juan Galantini\*

La rotación de cultivos es alternancia de diferentes especies a lo largo del tiempo y es uno de los pilares de una agricultura sustentable. Sus efectos positivos en el sistema productivo son de lo más variados (mayor fertilidad, menores problemas sanitarios, mejor uso de los recursos, etc.) y generalmente de largo plazo. Para conocer estos efectos es necesario realizar experimentos destinados a perdurar en el tiempo, con todo el esfuerzo, compromiso y dedicación que conlleva.

La Estación Experimental Agropecuaria Bordenave del INTA es un ejemplo, en donde el “Ensayo de Rotaciones” implantado por el Ing. Agr. Adolfo Glave está cumpliendo 40 años. Durante la reunión para festejar este cumpleaños tan particular, se realizó un reconocimiento especial a los que colaboraron de alguna manera para que las enseñanzas de este esfuerzo sean máximas, en particular al grupo del CERZOS. Desde el Dr. Rosell, quien en vida fue uno de los pioneros de la colaboración del CERZOS y Departamento de Agronomía con el INTA Bordenave, hasta el grupo de profesionales y estudiantes actualmente vinculados al Laboratorio de Suelos, Plantas y Ambiente se han canalizado proyectos y planes de estudio a desentrañar algunos efectos de largo plazo difícilmente observables en otros sitios.

Junto con María Rosa Landriscini (CERZOS-CONICET), Liliana Suñer (CERZOS-CIC y Dpto. Agronomía), Julio Iglesias (UNS) y Gabriela Minoldo (UNS) estuvimos compartiendo la historia de estas parcelas, mezcla de resultados productivos e historias de vida.

Los resultados demuestran que la rotación de cultivos tiene impacto positivo sobre el balance de nutrientes, sobre la biología del sistema, sobre la dinámica del agua, entre otros aspectos.

En relación al agua, que tanta actualidad tiene en estos días, es importante mencionar que la rotación mejora la captación del agua, siempre que se favorezca la cobertura del suelo, el balance y la eficiencia en el uso. No toda el agua de las lluvias escurre por los cursos de agua, una parte importante es captada y almacenada en el suelo para ser posteriormente utilizada por los cultivos. Esto depende del cultivo que esté presente, la cantidad y actividad de la biomasa, así como de la humedad del suelo. Una pastura generalmente tiene el suelo más seco que un cereal de invierno, mientras que un barbecho para soja podrá captar el mínimo de agua.

El reemplazo de las pasturas por el desplazamiento de la ganadería a áreas marginales y de los cereales de invierno por desventajas desde el punto de vista económico, han transformado la clásica **Rotación** agrícola-ganadera de la región pampeana en un **Monocultivo** de soja. En estos casos, la capacidad del suelo para captar agua es mínima y se acentúan los problemas de excesos hídricos. Como consecuencia de este cambio en el sistema productivo son esperables inundaciones frecuentes, pero también aumento del nivel de las napas e incremento de los procesos erosivos.

Es importante que todo el esfuerzo que se hace para obtener información sobre los efectos de largo plazo de las rotaciones sea utilizada para generar políticas que estimulen las mejores prácticas agronómicas y las secuencias de cultivos más adecuadas para cada región.

**\*Dr. Juan Galantini, Investigador Comisión Investigaciones Científicas (BA), CERZOS (UNS-CONICET).**

## Variación genética y epigenética asociada al modo reproductivo en *Eragrostis curvula*

Juan M. Rodrigo, Diego C. Zappacosta, Ana C. Ochogavía, Silvina C. Pessino, José R. Romero, Ingrid Garbus, Viviana C. Echenique



En pasto llorón (*Eragrostis curvula*) ante situaciones de estrés, un aumento en la expresión de la apomixis es concurrente con modificaciones genéticas y epigenéticas, involucrando elementos transponibles.

### Introducción

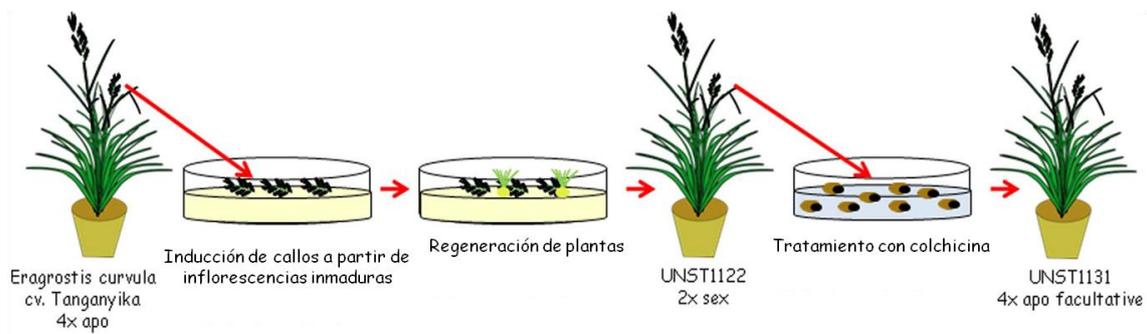
La apomixis en plantas se refiere a la reproducción clonal a través de semillas, que conduce a la generación de progenies genéticamente idénticas a la planta madre. Son pocos los genotipos apomícticos que excluyen totalmente la reproducción sexual, a estos individuos se los denomina "apomícticos facultativos", porque son capaces de producir semillas a través de ambos medios reproductivos. La línea entre la apomixis y la reproducción sexual no es del todo clara, por lo que se consideró que el carácter podría haber surgido de la desregulación de la sexualidad en lugar de ser un carácter evolutivo completamente nuevo.

Dada la relación que existe entre las vías moleculares asociadas a la sexualidad y apomixis, se han propuesto diferentes modelos para explicar, a este nivel, la ocurrencia de este peculiar modo reproductivo. Estos involucran mecanismos genéticos y epigenéticos. La presencia de un componente epigenético en el control de la apomixis se desprende del hecho de que la variación en las tasas de reproducción apomícticavarían en respuesta a influencias ambientales diversas.

Con el objetivo de dilucidar las vías moleculares involucradas en la expresión de la apomixis utilizando como modelo el pasto llorón, el Lab. De Biotecnología del CERZOS ha encarado diferentes estudios que involucran secuenciación del transcriptoma floral, estudios de expresión diferencial utilizando distintas estrategias y, más recientemente, secuenciación del genoma.

Estos estudios comenzaron en el año 2003 cuando se construyó una serie euploide de plantas que presenta diferentes niveles de ploidía y modos reproductivos (T 4x - D 2x -

C 4x), pero que comparten un fondo genético común (Fig. 1). Para construir la serie se generó, a partir de una planta tetraploide apomíctica (T) una planta diploide totalmente sexual (D) utilizando cultivo *in vitro* de inflorescencias. Las semillas de D fueron tratadas con colchicina (que induce la duplicación cromosómica) obteniendo un individuo tetraploide colchipoide (C). Este genotipo C inicialmente (2003) produjo progenie variable catalogándola como altamente sexual aunque no se descartó la posibilidad de un bajo nivel de expresión de la apomixis. Cuatro años más tarde (2007), se volvió a analizar el modo reproductivo de C y, sorprendentemente, la planta exhibió una alta proporción de eventos apomícticos (alrededor de 85-90%). Basándose en estos resultados se propuso que la expresión temporal de altos niveles de reproducción sexual observada en el genotipo C se podría deber al estrés genómico causado por el cultivo *in vitro* y la duplicación cromosómica.



**Figura 1.** Representación esquemática de la generación de la serie euploide.

Para comprender estos sucesos se decidió re-analizar los niveles de apomixis en la planta C y caracterizar el alcance y la naturaleza de los cambios genéticos y epigenéticos que ocurrieron durante el período 2003-2007, cuando se produjo el cambio en la expresión de la apomixis y luego, durante el período 2007-2013 donde el modo reproductivo se mantuvo estable.

## Resultados

### Análisis de modo reproductivo

En 2009 se realizó un nuevo análisis citoembriológico en la planta C. Este estudio mostró que esta planta poseía un nivel de sexualidad del 10% es decir que, la tasa de apomixis en la planta colchipoide C pasó de cerca de 0% en 2003 a 85-90% en 2007, y se mantuvo en valores similares en 2009 (89,7%).

## Estructura genética y epigenética de las plantas T y C

A fin de buscar posibles causas de estos cambios se analizó la estructura genética con marcadores AFLP (que detectan polimorfismos en el largo de la amplificación de los fragmentos) y el nivel de metilación con marcadores MSAP (sensibles a metilaciones de citosinas) de la planta C en 2003 y 2007, periodo en que cambio la tasa de apomixis. Como control se utilizaron plantas del cv. Tanganyika (T) del cual deriva la serie de plantas. Las comparaciones se realizaron entre las plantas para el mismo año y entre años para las mismas plantas. Además, se realizó un nuevo análisis MSAP de ambas plantas durante los años 2007, 2011 y 2013.

En el estudio con marcadores AFLP para las plantas T y C en los años 2003 y 2007 se analizaron un total de 135 marcadores (74% monomórficos y 26% polimórficos). Para examinar la evolución del genoma de (T y C) cada planta en particular durante el período considerado, los perfiles genéticos fueron analizados individualmente para cada planta (Tabla 1). El total de variaciones en el tiempo fue similar entre las plantas (15-17%), con una tendencia mayor hacia la aparición de bandas en el tiempo que a la desaparición.

Con la información de estas bandas se realizó un análisis de similitud entre las dos plantas (T y C) y una misma planta en el tiempo (2003 – 2007). Los resultados mostraron mayor similitud en el 2003 (90%) en comparación con 2007 (83%) (Fig. 2a). Esta observación indica que las plantas divergieron durante este período de cuatro años, en su mayoría, de forma independiente. Este análisis de agrupamiento también mostró que T y C divergieron de manera similar a partir de sus estructuras genéticas originales (81% vs. 83% de similitud).

**Tabla 1.** Variación en los perfiles de AFLP en cada planta (T y C) en el periodo 2003-2007.

Perfil	Planta T		Planta C	
Ausencia de cambios en el tiempo	104	83%	107	85%
Presencia de cambios en el tiempo	22	17%	19	15%
<b>Bandas totales</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>

Los mismos genotipos fueron sometidos a análisis con marcadores MSAP, que muestran variaciones en la metilación de citosinas. En la primera comparación (2003-2007), se obtuvo un total de 266 marcadores epigenéticos. De estos, 201 (76%) resultaron invariables (monomórficos) y 65 (24%) fueron variables en el tiempo (polimórficos). Los polimorfismos observados en este periodo se analizaron individualmente en las plantas T y C (Tabla 2). En la planta T, las bandas polimórficas correspondientes a desmetilaciones fueron tan frecuentes como los correspondientes a metilaciones (8% contra 7%). En la planta C, por el contrario, las bandas polimórficas variables en el tiempo correspondían principalmente a metilaciones (15% contra 5%). Además, este estudio mostró que la tasa de metilaciones observada en C fue mayor que la observada en T (15% contra 7%).

**Tabla 2.** Variación en los perfiles de MSAP en cada planta (T y C) en el periodo 2003-2007.

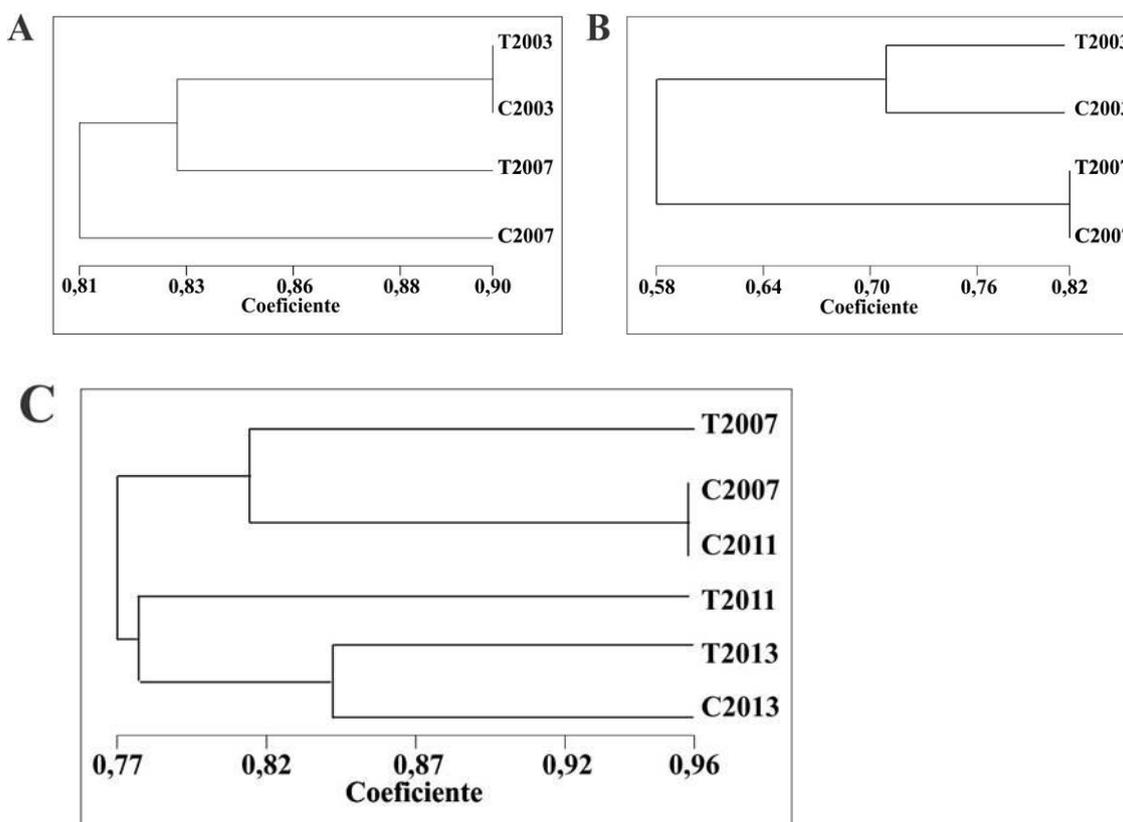
<b>Perfil</b>	<b>T</b>		<b>C</b>	
Ausencia de cambios en el tiempo	227	85%	213	80%
Metilaciones ocurridas en el tiempo	18	7%	39	15%
Desmetilaciones ocurridas en el tiempo	21	8%	14	5%
<b>Bandastotales</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

El análisis de agrupamientos de los perfiles MSAP mostró que después del período de cuatro años, las plantas sufrieron cambios en la metilación de citosinas que las hicieron epigenéticamente más similares (Fig. 2b). Ambas plantas mostraron patrones de metilación con una similitud del 58% con respecto al patrón observado en 2003. Sin embargo, la similitud entre las plantas aumentó de 71% a 82%. Estas observaciones indican que los patrones de metilación de citosina en ambas plantas cambiaron con el tiempo, con una tendencia a adquirir la misma estructura epigenética al menos en algunos loci.

Una nueva comparación entre las plantas a este nivel se realizó entre los años 2007-2011 y 2011-2013. Con estos datos se construyó una nueva matriz de similitud (Fig 2c.), que mostró que el nivel de variación entre las plantas a lo largo de los años fue

menor que antes (2003 - 2007). Al parecer, con el tiempo ambas plantas tienden a estabilizar sus epigenomas y llegan a un estado de metilación similar.

Para completar el análisis se realizó un ensayo con marcadores MSAP de tres individuos del cv. Tanganyika en las mismas condiciones ambientales y éstas no mostraron cambios detectables en sus perfiles epigenéticos.



**Figura 2.** Dendrogramas de marcadores genéticos y epigenéticos en los genotipos T y C. Dendrogramas obtenidos con marcadores AFLP (A) y MSAPs (B) de los genotipos Tanganyika (T) y colchíploide (C) de las muestras recogidas en 2003 y 2007 y MSAPs (C) de los genotipos Tanganyika (T) y colchíploide (C) de las muestras recogidas en 2007, 2011 y 2013.

### Clonación y secuenciación de bandas polimórficas

Algunas de las bandas polimórficas obtenidos con AFLP o MSAP fueron clonadas y secuenciadas y se compararon con las secuencias depositadas en las bases de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) como base de datos general y del Munich Information Center for Protein Sequences (MIPS) para elementos móviles. La mayor parte de las secuencias de AFLP mostraron similitud con genes codificantes

de proteínas, pero no se encontraron similitudes significativas para las secuencias de AFLP en la búsqueda contra la base de datos MIPS. Por el contrario, casi la mitad de las secuencias de MSAP mostraron similitud con retrotransposones del tipo Gypsy o Copia. Basándose en estos resultados, se puede concluir que algunas de las variaciones detectadas usando marcadores MSAP ocurrieron en regiones genómicas que muestran similitud con elementos móviles.



**Figura 3.** Gineceo y androceo de *E. curvula*

### **Búsqueda de retrotransposones en bibliotecas de ADNc**

Para analizar la presencia de transcritos relacionados con retrotransposones, se examinaron bibliotecas de ADNc derivadas de T y C construidas poco después de la formación de la planta colchíploide C (2003). El porcentaje de secuencias que mostraron similitud con retrotransposones (valor  $E \leq 1 \times 10^{-8}$ ) nos indica que tales elementos fueron más abundantes en la planta C en ese momento. De los retrotransposones encontrados, la subfamilia Gypsy compone la clase más común y fueron especialmente abundantes en la planta C.

### **Conclusiones**

Durante el período 2003 -2007 la tasa de reproducción asexual en la planta C (colchíploide) pasó de casi 0% a casi 90%. Esta modificación del nivel de apomixis fue acompañado por la aparición de modificaciones genéticas y epigenéticas. Sin embargo, también se detectaron polimorfismos genómicos en el mismo período en la planta

apomíctica T (tetraploide natural), que no presentó ninguna variación en la tasa de la apomixis.

Además, se observó que el número de metilaciones detectadas por marcadores MSAP para este periodo fue mayor en la planta C con respecto al control. Las modificaciones epigenéticas que ocurrieron durante este intervalo fueron mayormente específicas, tendiendo a plantas con perfiles más similares. La comparación entre los años 2007, 2011 y 2013 mostró una clara tendencia a aumentar la similitud de ambas plantas en este nivel. Durante estos años las plantas aún estaban cambiando, pero eran más similares que en 2003.

La modificación de la tasa de apomixis en la planta C se produjo junto con modificaciones genéticas y epigenéticas, estas últimas resultaron en una mayor tasa de metilaciones en comparación con T (planta control). La clonación y secuenciación de fragmentos polimórficos detectó retrotransposones y secuencias codificantes. Por otra parte, la búsqueda de elementos transponibles en librerías de ADNc de la planta C y T obtenidas en el año 2003 encontró más retrotransposones en la planta C. Nuestros resultados coinciden con lo señalado por otros autores que detectaron altas tasas de expresión de retrotransposones Gypsy en genotipos tetraploides sexuales de *Paspalum notatum* en comparación con los genotipos apomícticos de la misma ploidía.

Nuestros resultados estarían sugiriendo que un aumento en la tasa de apomixis se produjo junto con un aumento en la metilación global del genoma.

**\*Juan M. Rodrigo<sup>1</sup>, Diego C. Zappacosta<sup>1,2</sup>, Ana C. Ochogavía<sup>3</sup>, Silvina C. Pessino<sup>3</sup>, José R. Romero<sup>1</sup>, Ingrid Garbus<sup>1</sup>, Viviana C. Echenique<sup>1,2</sup>, <sup>1</sup>investigadores del CERZOS (CONICET-UNS), <sup>2</sup>docentes del Depto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. 8000 Bahía Blanca, Argentina y <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, 2000 Rosario, Argentina.**

## **Influencia de las leñosas sobre las condiciones microedáficas para el crecimiento de las gramíneas forrajeras del Sur del Caldenal**

**Francisco R. Blázquez, Daniel V. Peláez, Romina J. Andrioli y Omar R. Elia**

Las interacciones complejas entre especies vecinas se consideran como procesos fundamentales del ecosistema, y estos procesos interactúan dinámicamente con el ambiente abiótico para determinar la estructura de la comunidad

Las sabanas, bosques, matorrales, pastizales y tierras áridas ocupan entre el 45% y el 52% de la superficie terrestre (Matthews 1983). En las comunidades vegetales constituidas por un estrato continuo de gramíneas y uno discontinuo de leñosas, la influencia de los herbívoros, el fuego, el tipo de suelo y el clima en ambos componentes de la vegetación han sido estudiados en detalle (Sala 1988; Mc Naughton 1991). Sin embargo, poco se sabe sobre las interacciones entre leñosas y gramíneas perennes que coexisten en estos ecosistemas.

Las interacciones complejas entre especies vecinas se consideran como procesos fundamentales del ecosistema, y estos procesos interactúan dinámicamente con el ambiente abiótico para determinar la estructura de la comunidad (Bruno *et al.* 2003). Según Werner (1990), en estos ambientes existen cuatro factores que han sido reconocidos como los principales determinantes que crean y mantienen la coexistencia entre especies leñosas y gramíneas perennes: el agua, los nutrientes, la herbivoría y el fuego.

El aumento de la abundancia de leñosas en los pastizales naturales es un fenómeno común en todo el mundo (Van Auken, 2000). Estas especies contribuyen significativamente con el aumento de la biodiversidad, la complejidad estructural y la heterogeneidad espacial de los pastizales (Belsky y Canham 1994). Tradicionalmente, se pensaba que las especies leñosas reducían la producción de las especies herbáceas a través de la competencia por luz, agua y nutrientes (Walter 1971; Walker y Noy-Meir 1982; McMurtrie y Wolf, 1983). Más tarde, diversos estudios hallaron que una baja densidad de leñosas en el pastizal lograba mejorar la productividad del estrato herbáceo (Belsky *et al.* 1989, 1993; Weltzen y Coughenour 1990).

Básicamente las diferencias de productividad del estrato herbáceo entre los sitios ubicados debajo de la canopia de las leñosas y los espacios abiertos del pastizal se han atribuido principalmente a tres factores: 1) la mejora de la fertilidad y estructura del suelo debajo de la canopia de las leñosas, 2) la mejora de las relaciones hídricas de las plantas bajo la sombra, y 3) la competencia entre las especies leñosas y herbáceas por la humedad y los nutrientes del suelo.

Las gramíneas perennes y los arbustos pueden tener sistemas radicales que exploran y obtienen agua de diferentes profundidades del perfil del suelo de modo tal que pueden convivir (Knoop, *et al.*, 1985). Sin embargo, las especies leñosas pueden limitar el crecimiento de las gramíneas que crecen debajo de su canopia debido a competencia directa por agua, luz y nutrientes (Scholes y Archer 1997) o por el contrario pueden facilitar el crecimiento de las gramíneas a través de una mayor disponibilidad de agua en el suelo, relacionada con el levantamiento hidráulico (Callaway y Walker 1997) o mediante la reducción de la radiación solar al disminuir la evapotranspiración y las temperaturas del suelo y el estrés hídrico de las plantas que crecen a su sombra (Ludwig *et al.* 2004). También puede mejorar la disponibilidad de nutrientes relacionada con los aportes de hojarasca de las leñosas. Por lo tanto, la influencia de las especies leñosas sobre las gramíneas perennes puede ser positiva, neutra o negativa. Ello dependerá de las características de las especies leñosas y de las gramíneas tales como: a) forma de crecimiento, b) ecofisiología, c) vía fotosintética ( $C_3$  vs.  $C_4$ ), d) hábito de crecimiento (caduca vs. perenne) y e) requerimientos de agua y nutrientes. El tamaño, la edad y la densidad de los individuos determinan la magnitud de la influencia de las especies leñosas sobre las especies herbáceas, no siendo evidente hasta que las mismas no alcanzan una determinada edad y masa crítica (Scholes y Archer 1997).

El Distrito Fitogeográfico del Caldén (Cabrera 1976), conocido comúnmente como el Caldenal, es una región semiárida templada que abarca una superficie de 85.000 km<sup>2</sup> aproximadamente. Se extiende desde el centro de San Luis, abarcando el centro de La Pampa, hasta el SO de la provincia de Buenos Aires. La principal actividad económica desarrollada en el Caldenal es la cría de ganado bovino (Distel y Peláez 1985). El sobrepastoreo al que han estado expuestos los pastizales naturales desde la introducción del ganado doméstico (fines del S XIX), la disminución en la frecuencia con que ocurren los fuegos naturales y/o accidentales, y las fluctuaciones climáticas propias de la región han transformado extensas superficies ocupadas por gramíneas perennes

nativas forrajeras en arbustales impenetrables de escasa producción forrajera (Bóo et al., 1991). Sin embargo, no existen estudios relacionados con el efecto de las especies leñosas sobre el crecimiento de las gramíneas perennes forrajeras en la región.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos especies leñosas, morfológica y fisiológicamente diferentes, *Prosopis caldenia* y *Larrea divaricata* sobre diversos parámetros edáficas que influyen en el crecimiento de especies gramíneas forrajeras perennes, útiles para el ganado vacuno, en el sur del Caldenal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitio de Estudio*

El estudio se llevó a cabo en un sitio representativo del sur del Caldenal localizado en el sudeste de la provincia de La Pampa (38° 45'S; 63° 45'O). Departamento de Caleu-Caleu, 20 km al norte de la localidad de Anzoategui.

El área de estudio se encuentra topográficamente localizada en una planicie. La misma tiene una superficie de casi 20 ha, se encuentra clausurado al pastoreo con animales domésticos desde 1982 y no se ha quemado durante los últimos 25 años.

Las características generales de la vegetación, del clima y del suelo de la región han sido descritas por INTA *et al.* (1980). El estrato herbáceo está dominado por gramíneas forrajeras perennes tales como *Poa ligularis*, *P. napostaense*, *N. clarazii* y *Nassella tenuis*. *Prosopis flexuosa*, *Chuquiria gaerinacea*, *Condalia microphylla*, *P. caldenia* y *L. divaricata*, entre otras, son las especies leñosas más abundantes.

El clima de la región es templado semiárido. El promedio anual de temperatura es de 15 °C. La temperatura media del mes más frío (junio) es de 7 °C y la del mes más cálido (enero) es de 24 °C. El promedio anual de precipitaciones es de aproximadamente 400 mm. La evapotranspiración potencial es de 800 mm. El mayor déficit hídrico ocurre en el verano.

Los suelos se distribuyen en ambientes de planicies, pendientes y bajos. Predominan los Calciustoles de textura media a gruesa. En las planicies los suelos presentan una capa de tosca (horizonte petrocálcico) a los 50-60 cm de profundidad.

### ***Variables edáficas.***

Se registraron la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad (n=6) y el contenido hídrico del suelo entre 0-20 cm de profundidad (n=6) en los sitios localizados bajo y entre la canopia de los individuos seleccionados de *P. caldenia* y *L. divaricata*. Las mediciones se realizaron respetando el ciclo de crecimiento de las especies herbáceas, principalmente las gramíneas perennes forrajeras, desde marzo a diciembre cada 20-30 días. Para registrar la temperatura del suelo se usaron termocuplas de cromel/constantan conectadas a un microvoltímetro Wescor HR-33T. El contenido hídrico del suelo se determinó por gravimetría, en estufas a 110°C hasta peso constante

Asimismo, al final del ciclo de crecimiento 2011-2012 de las especies leñosas, en cada sitio se tomaron muestras de suelo (n=6 / sitio) para determinar el contenido de materia orgánica (MO), el pH, y el contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P). El contenido de N total se determinará usando el método semimicro Kjeldhal (Bremner y Mulvaney, 1982) y el P extractable empleando el método de Bray y Kurtz (1945).

### ***Diseño Experimental y Análisis Estadísticos.***

Los datos obtenidos fueron analizados con un ANOVA siguiendo un diseño experimental de parcela dividida, en el que cada planta de leñosa fue una parcela y cada sitio de influencia de la canopia (debajo y fuera) constituyeron la sub-parcela. Las comparaciones entre medias se realizaron mediante la utilización del test de LSD Fisher (Snedecor y Cochran, 1980).

## **RESULTADOS.**

### ***Precipitaciones.***

El promedio anual de lluvias en la región es 400 mm. Las lluvias en el área de estudio durante 2011 y 2012 fueron 369 y 510 mm, respectivamente (Fig. 1).

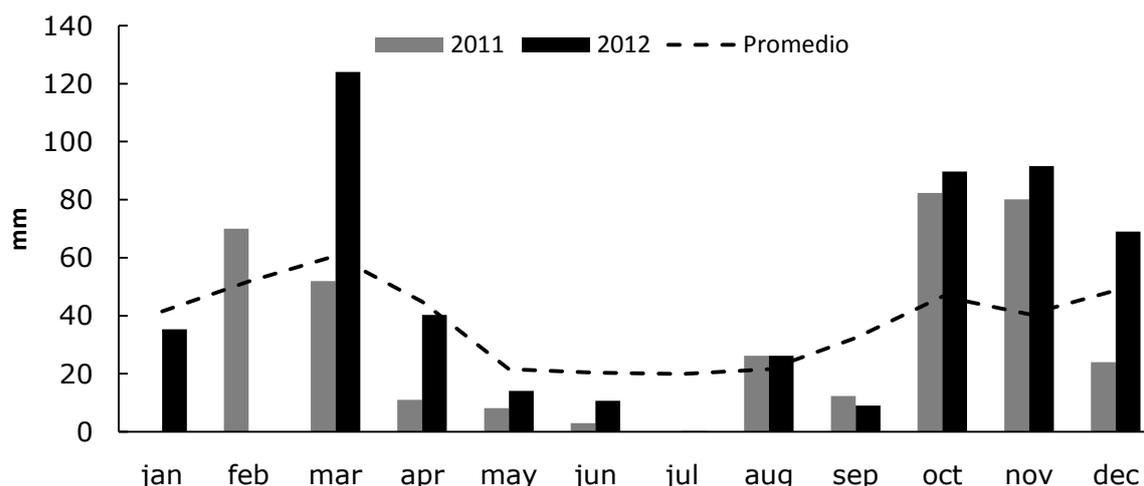


Figura 1: Precipitaciones ocurridas durante el periodo de estudio 2011 y 2012. Datos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional

### *Variables edáficas.*

En general, en ambos períodos de estudio, el contenido hídrico del suelo no mostró diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los sitios localizados debajo de las canopias de *P. caldenia* y *L. divaricata* y en los espacios abiertos entre la canopia de ambas especies leñosas (Tabla 1).

Tabla 1: Humedad del suelo a 20 cm de profundidad debajo y entre la canopia de *P. caldenia* y *L. divaricata*. En cada fecha de muestreo, letras iguales no son diferentes significativamente ( $p > 0,05$ ). Cada celda, es la media de  $n=6$ .

2011	20-may	27-jun	29-jul	01-sep	04-oct	01-nov	15-nov	30-nov	16-dic
Caldén debajo	7,65 a	7,1 a	7,65 a	9,28 ab	6,72 a	9,8 a	9,67 a	11,24 a	7,06 a
Jarilla debajo	7,52 a	7,34 a	7,76 a	9,22 a	5,78 a	8,67 a	10,87 a	11,2 a	10,12 b
Fuera	7,87 a	7,65 a	7,97 a	9,73 b	5,3 a	7,46 a	8,45 a	11,89 a	8,41 ab

2012	29-mar	27-abr	08-jun	16-jul	19-sep	18-oct	06-nov	21-nov	07-dic
Caldén debajo	12,54 ab	11,18 a	12,55 a	9,96 a	10,15 a	22,18 b	9,23 b	7,62 a	14,28 a
Jarilla debajo	13,92 b	10,02 a	11,99 a	8,29 a	10,22 a	20,83 ab	7,17 ab	6,69 a	16,7 a
Fuera	11,7 a	10,02 a	12,02 a	8,56 a	10,04 a	19,59 a	7 a	5,45 a	14,45 a

A partir de los muestreos de octubre, en ambos períodos de estudio, la temperatura del suelo debajo de la canopia de *P. caldenia* y *L. divaricata* fue menor ( $p \leq 0,05$ ) que en los espacios abiertos entre las canopias de esas mismas especies leñosas. Esta tendencia se mantuvo hasta el final del ciclo de crecimiento (diciembre) de las gramíneas perennes estudiadas (Tabla 2).

Tabla 2: Temperatura del suelo a 5 cm de profundidad debajo y entre la canopia de *P. caldenia* y *L. divaricata*. En cada fecha de muestreo, letras iguales no son diferentes significativamente ( $p > 0,05$ ). Cada celda, es la media de  $n=6$

2011	20-may	27-jun	29-jul	01-sep	04-oct	01-nov	15-nov	30-nov	16-dic
Caldén debajo	13,12 a	3,28 b	8,92 a	9,52 a	14,05 a	17,77 a	17,77 a	17,03 a	21,38 a
Jarilla debajo	13,05 a	3,2 b	9,27 a	9,98 a	15,63 b	19,45 a	19,45 a	18,63 a	23,87 ab
Fuera	12,73 a	2,54 a	8,73 a	9,52 a	14,8 ab	19,96 a	19,96 a	21,31 b	26,86 b
2012	29-mar	27-abr	08-jun	16-jul	19-sep	18-oct	06-nov	21-nov	07-dic
Caldén debajo	14,07 a	9,67 a	0,77 a	4,37 a	11,58 a	15,55 a	19,28 a	21,38 a	17,82 a
Jarilla debajo	14,45 a	9,77 a	0,88 a	5,02 a	13,2 ab	15,73 a	20,47 a	23,08 a	19,42 a
Fuera	16,14 a	9,98 a	0,85 a	4,63 a	15,67 b	16,29 a	22,85 b	26,16 b	22,23 b

El pH del suelo debajo de la canopia de *L. divaricata* fue menor ( $p \leq 0,05$ ) que en los espacios abiertos; mientras que, no se detectaron diferencias ( $p \geq 0,05$ ) entre sitios en el caso de *P. caldenia* (Fig. 2). No se hallaron diferencias ( $p \geq 0,05$ ) entre sitios, independientemente de la especie leñosa, en el contenido de P en el suelo (Fig.).

El contenido de MO en el suelo debajo de la canopia de ambas especies leñosas fue mayor ( $p \leq 0,05$ ) que en los espacios abiertos (Fig. 2). El contenido de MO en el suelo fue mayor debajo de la canopia de *P. caldenia* que debajo de la canopia de *L. divaricata*. Sin embargo, no se hallaron diferencias estadísticas significativas (Fig. 2).

El contenido de N del suelo, en los sitios debajo de la canopia de las leñosas fue mayor ( $p \leq 0,05$ ) que en los espacios abiertos (Fig. 2). El contenido de N del suelo debajo de la canopia de *P. caldenia* fue mayor ( $p \leq 0,05$ ) que debajo de la canopia de *L. divaricata* (Fig. 2).

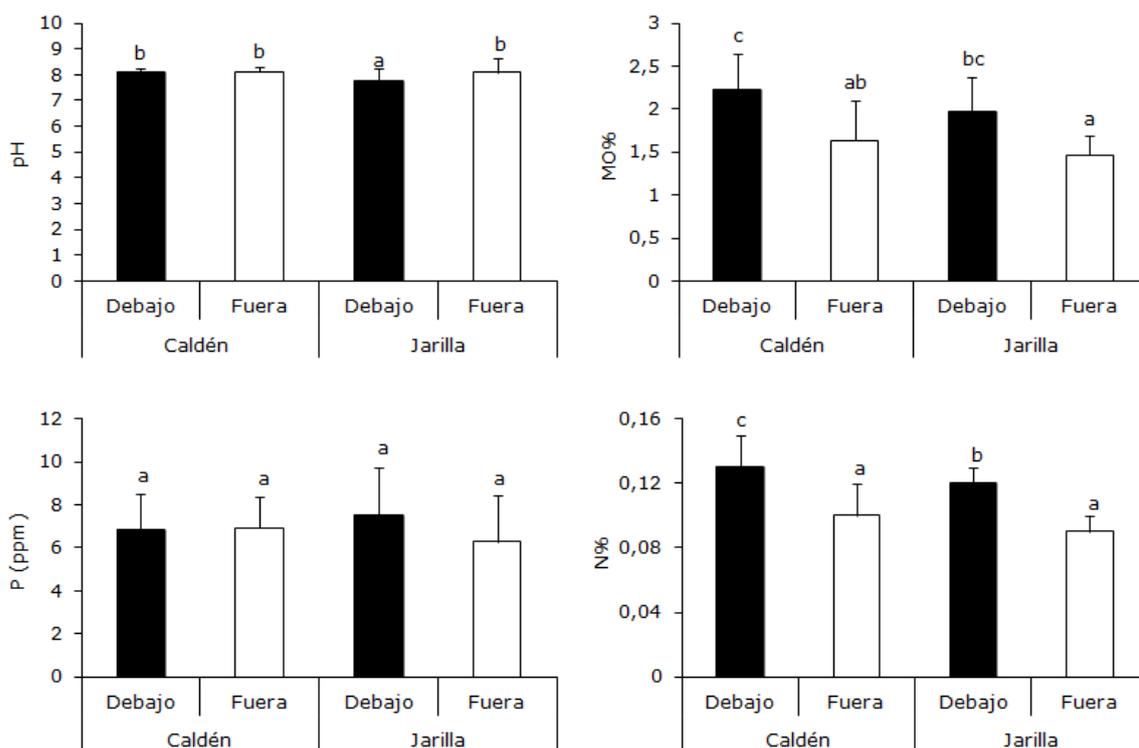


Figura 2: Contenido de materia orgánica (%), de P (ppm), de N (%) y pH del suelo debajo y entre la canopia de *P. caldenia* y *L. divaricata*. Las columnas con letras iguales no son diferentes significativamente ( $p > 0,05$ ). Cada columna, es la media de  $n=6$ .

## DISCUSIÓN

La gran variabilidad interanual de las precipitaciones (Fig. 1), e inclusive en el mismo año, que se registró durante el periodo de estudio (2011/2012), es una característica común de muchas regiones áridas y semiáridas del mundo. Según Fernández García (1996), la variabilidad es el rasgo que mejor define a este elemento climático y adquiere especial relevancia en los climas de transición. La variabilidad es tanto espacial como temporal y está relacionada con la dinámica general de la atmósfera, con la topografía y el relieve.

La cobertura de las leñosas genera un micro-ambiente que influye sobre la temperatura y la humedad del suelo (Tabla 1 y 2) ya que reducen la radiación solar que dejan pasar sus canopias. Las principales diferencias en las temperaturas de suelo se registraron durante la estación cálida (Tabla 2). Los sitios debajo del follaje de las especies leñosas presentaron menores temperaturas que los sitios asociados a los espacios abiertos entre leñosas. Similares resultados obtuvieron Belsky *et al.* (1989) en sabanas africanas. Según Llorens y Frank (1999), en el Caldenal la temperatura del aire y el contenido de agua del suelo es menos variable debajo de la canopia de las leñosas que en los espacios abiertos. Buschiazzo *et al.* (2004), en la misma región fitogeográfica, durante el verano registraron temperaturas de hasta 65 °C en los espacios abiertos; mientras que, debajo de la canopia de las especies leñosas las temperaturas no superaron los 35 °C. En el invierno se registraron temperaturas que oscilaron entre 2 y 8 °C en los espacios abierto y entre 2 y 5 °C debajo de la canopia de las especies leñosas.

Cuando mayor es la cantidad de radiación solar que llega al suelo la evaporación aumenta y el contenido de agua en el suelo disminuye más rápidamente. Sin embargo, las escasas diferencias encontradas en el contenido hídrico del suelo entre micrositios (Tabla 1) durante los meses de mayor radiación solar coinciden con los momentos de mayor crecimiento aéreo de las gramíneas perennes y por lo tanto mayor tasa de transpiración y extracción de agua del suelo por parte de éstas plantas. Mordelet y Manaut (1995) encontraron que en sabanas africanas debajo de los árboles el contenido de agua en el suelo fue menor durante la estación de mayor tasa de crecimiento de los pastos; y al final de su periodo de crecimiento los pastos habían consumido toda el agua disponible tanto fuera como debajo de la canopia de las especies leñosas. Según los autores la gran cantidad de biomasa aérea que desarrollan los pastos bajo la canopia de los árboles da como resultado una mayor evapotranspiración total.

Los suelos debajo de la canopia de las leñosas en los ambientes semiáridos con frecuencia son más fértiles que los suelos de los espacios abiertos del pastizal (Lopez-Pintor *et al.*, 2006). El contenido de materia orgánica y de nitrógeno fue mayor debajo de la canopia de *P. caldenia* y *L. divaricata* en comparación con los espacios abiertos entre individuos de esas especies leñosas (Fig. 2). El contenido de materia orgánica fue sustancialmente mayor debajo de *P. caldenia*. Según Buschiazzo *et al.* (2004), el mayor contenido de materia orgánica debajo de los individuos de *P. caldenia* se debe a las menores temperaturas que ocurren debajo de la canopia de las especies leñosas que

retardan su mineralización. Los mayores contenidos de nitrógeno en el suelo debajo de la canopia de *P. caldenia* en comparación con los hallados debajo de la canopia de *L. divaricata* podrían ser resultado que la primera de las especies mencionadas es caducifolia y el aporte anual de su follaje contribuiría con el aumento de este nutriente. En nuestro estudio, no se evaluó la capacidad de *P. caldenia* de incrementar la cantidad de nitrógeno en el suelo mediante fijación biológica. East *et al.* (1993) encontraron bajo la canopia de *P. glandulosa* aumentos significativos en el contenido de nitrógeno total en comparación con los espacios abiertos, lo que atribuyeron a la acumulación de hojarasca y a que generalmente esta leñosa suele brindar sitios de reposo a muchos animales que depositan sus deyecciones en el lugar, pero no a la fijación biológica. Así mismo, Belsky *et al.* (1989) no atribuyen el aumento del contenido de nitrógeno debajo de la canopia de *Acacia tortilis* a la fijación biológica.

El contenido de fósforo en el suelo fue similar en todos los micrositios evaluados (Fig. 2). Resultados similares fueron reportados para *A. tortilis* y *Adansonia digitata* en sabanas africanas (Belsky *et al.*, 1989) y para *Retama sphaerocarpa* en praderas mediterráneas (López-Pintor *et al.*, 2006). El menor pH hallado debajo de la canopia de *L. divaricata* (Fig. 2) sería consecuencia que en esta especie leñosa según Barbour (1969) su crecimiento inicial y posterior desarrollo ocurre en sitios donde el pH del suelo es menor a 8; por lo tanto, esta diferencia en el pH del suelo encontrada podría no necesariamente ser atribuida a la composición química de la hojarasca de *L. divaricata*.

La mejora de las condiciones microedáficas debajo de la canopia de las especies leñosas favorecería, principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos, el crecimiento del estrato herbáceo que se encuentra bajo su influencia. Dicha mejora se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes para el estrato herbáceo (Pugnaire *et al.*, 1996), en un aumento del agua disponible en el suelo (Dawson, 1993) y en una mayor eficiencia en el uso del agua por parte de las plantas que crecen debajo de la canopia de las especies leñosas (Belsky *et al.*, 1993).

Los resultados del presente estudio, sumados a aquellos que tiendan a dilucidar los aspectos que determinan la producción del estrato herbáceo y a comprender los mecanismos asociados al aumento de las especies leñosas, contribuirán a diseñar

estrategias de manejo tendientes a mejorar y sostener la producción primaria en los pastizales naturales de la región.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional del Sur, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Los autores desean agradecer a la familia Cepeda quien proporcionó el sitio de estudio, donde se llevó a cabo esta investigación.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Los interesados por las citas bibliográficas del presente trabajo pueden comunicarse con Francisco Blázquez vía correo electrónico: [franciscoblazquez@uns.edu.ar](mailto:franciscoblazquez@uns.edu.ar)

**\* Francisco R. Blázquez<sup>A,B,C,E</sup>, Daniel V. Peláez<sup>A,C,D</sup>, Romina J. Andrioli<sup>A</sup> and Omar R. Elia<sup>A,B,C</sup>, A Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (8000) Bahía Blanca, Argentina; B Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); C Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) (8000) Bahía Blanca, Argentina; D Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Email: [francisco.blazquez@uns.edu.ar](mailto:francisco.blazquez@uns.edu.ar)**

## Cambios en la aptitud biológica de una población de *Brassica rapa* creciendo en cercanías de un cultivo de colza resistente a imidazolinonas

Ureta María Soledad\*

El cultivo de variedades de colza, *Brassica napus*, tolerantes a herbicida en nuestro país presenta el riesgo de transferencia de esa característica a diversas especies silvestres emparentadas que constituyen importantes malezas de la región pampeana

### Introducción

La biotecnología agrícola ha vuelto la atención hacia las relaciones entre los cultivos y sus parientes silvestres debido a que la hibridación y el flujo génico pueden representar vías de escape de transgenes y de modificación del ecosistema. El cultivo de variedades de colza, *Brassica napus*, tolerantes a herbicida en nuestro país presenta el riesgo de transferencia de esa característica a diversas especies silvestres emparentadas que constituyen importantes malezas de la región pampeana. El efecto de la transferencia sobre las poblaciones silvestres sería similar en el caso de variedades cultivadas transgénicas o no transgénicas. Estudios realizados en otros países han comprobado la hibridación entre el cultivo y crucíferas silvestres, pero el tema no se ha investigado sistemáticamente en Argentina. El resurgimiento del cultivo ha renovado el interés por evaluar la posible transferencia de la resistencia a herbicidas hacia las poblaciones silvestres, en este caso, el impacto ambiental de la tolerancia a herbicidas de la familia de las imidazolinonas sobre las especies emparentadas. Para que se verifique una hibridación exitosa, las plantas cultivadas y sus parientes silvestres deben coexistir, tener periodos de floración coincidentes, ser sexualmente compatibles, producir semilla viable y progenie fértil. De esta manera los genes del cultivo persistirán en las poblaciones silvestres naturales luego de la hibridación (Devos *et al.*, 2008).

Si bien la colza tiene numerosos parientes silvestres, se ha comprobado que la mayor frecuencia de hibridación sucede con el nabo, *Brassica rapa*, especie con la que comparte parte de su genoma (Jenkins *et al.*, 2005). Su distribución se superpone con el área de cultivo en la región central de la provincia de Buenos Aires. En estudios previos

estimamos el flujo génico entre *B. napus* y *B. rapa* en una localidad de Balcarce, utilizando caracteres morfológicos y de resistencia a herbicida como indicadores de flujo de genes entre el cultivo y la especie silvestre. Un total de 5,9% de los individuos analizados presentaron caracteres morfológicos intermedios y se los consideró fuera de tipo (FT). Por otro lado, al analizar la transferencia de resistencia a herbicida el porcentaje de individuos híbridos que toleraron la aplicación de herbicida fue de 2,8%, y se consideraron fuera de tipo resistentes (FTR). Para observar algún tipo de efecto ecológico no es suficiente con que se produjera esta hibridación, sino que además la nueva planta híbrida debería tener una mayor aptitud biológica. La aptitud biológica o valor adaptativo es una medida relativa de la eficacia reproductiva de un genotipo cuando se lo compara con otro genotipo. Sus componentes son la supervivencia y la fecundidad, que pueden resultar afectados en distintas fases del ciclo vital: germinación, establecimiento de plántula, floración, formación de polen y semilla. Las plantas híbridas cultivo-silvestre, fuera de los campos de cultivo suelen tener una menor capacidad de supervivencia que las silvestres, debido a que las características del parental cultivado son desfavorables considerando los requerimientos para sobrevivir en un medio natural. En suelos agrícolas las plantas silvestres con genes del cultivo podrían expandirse en el ambiente en mayor medida que las plantas normales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud biológica de los híbridos cultivo-silvestre obtenidos en estudios anteriores, determinando si la adquisición de genes de tolerancia por parte de las malezas determina biotipos más agresivos en regiones agrícolas

## **Materiales y Métodos**

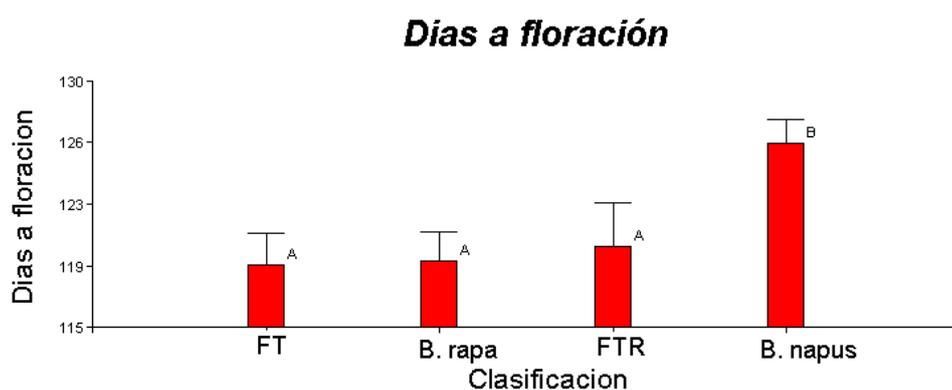
En 2014 se sembraron en el campo experimental del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, descendientes de una población de *Brassica rapa*, lindante a un cultivo de colza resistente a herbicidas imidazolinonas ubicada en el partido de Balcarce. Para el estudio de la aptitud biológica se sembraron 30 plantas decada genotipo: Plantas Fuera de tipo basadas en caracteres morfológicos intermedios (FT), plantas fuera de tipo supervivientes a la aplicación de herbicida (FTR) y plantas típicas de *B. rapa* y *B. napus*. Durante la campaña se tomaron los siguientes datos: días a floración, altura de la planta, número de hojas, días a floración, número de

inflorescencias, semillas por silicua, peso de 1000 semillas. Los datos fueron analizados utilizando el programa Infostat (2011).

## Resultados y Discusión

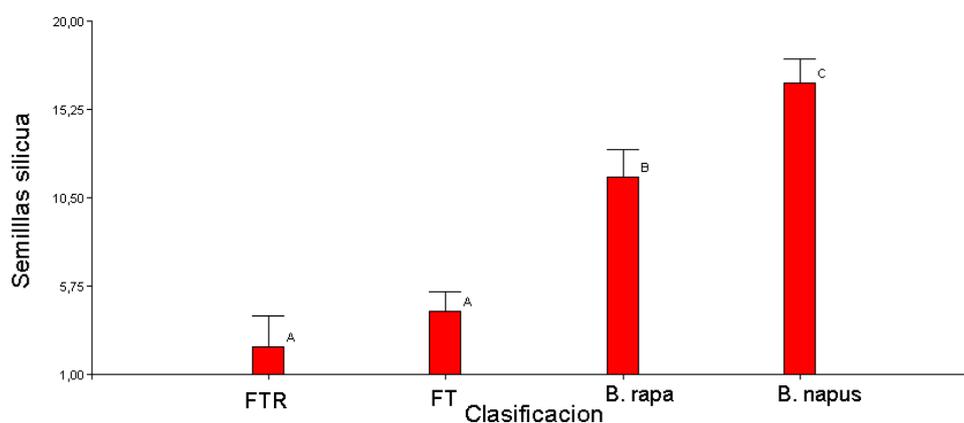
No se observaron diferencias significativas en los días a floración entre los individuos FT y *B. rapa* pero fueron mayores para el genotipo cultivado (Figura 1). Esto podría indicar una tendencia al retrocruzamiento de las FT con el parental silvestre debido a la coincidencia en los periodos de floración. Cabe destacar que el periodo de floración de las especies silvestres o retrocruzadas es más amplio que el de los genotipos cultivados. Es decir un inicio temprano de etapa de floración no significaría un desfase o una pérdida de posibilidad de cruzamiento con el cultivo de colza.

Los resultados mostraron una disminución en el número de semillas tanto para las FTR como FT, asimismo se encontraron diferencias entre las FTR y FT. Las semillas de las plantas cruzadas con *B. napus* fueron de mayor tamaño comparadas con su progenitor *B. rapa*. (Tabla 1, Figura 2). Los individuos FT tuvieron una mayor tasa de supervivencia en el campo experimental comparado con sus progenitores. No se observaron diferencias significativas en el número de inflorescencias.



**Figura 1.** Días transcurridos desde la siembra a floración para los cuatro genotipos estudiados FTR., FT, *B. rapa* y *B. napus*

### Semillas por silicua



**Figura 2.** Número de semillas viables por silicua en los cuatro tipos de plantas estudiados

**Tabla 1.** Medias ( $\pm$ DE) de características de crecimiento asociadas a la aptitud biológica, de los cuatro grupos de plantas estudiados.

	<i>B napus</i>	<i>B rapa</i>	FTR	FTS
<b>Porcentaje de supervivencia</b>	70%	69%	52%	52%
<b>Días a floración</b>	126,18 $\pm$ 10,79a	119 $\pm$ 7,48b	119 $\pm$ 7,5b	118 $\pm$ 4,08b
<b>Numero de inflorescencias</b>	7,44 $\pm$ 6,51a	7,62 $\pm$ 5,22a	6,75 $\pm$ 5,87 a	9,8 $\pm$ 11,3a
<b>Numero de semillas/silicua</b>	16,66 $\pm$ 6,06a	11,64 $\pm$ 6,00 b	6,46 $\pm$ 3,72 c	7,74 $\pm$ 6,9bc
<b>Peso de mil semillas</b>	3,81 $\pm$ 1,03a	1,57 $\pm$ 0,40c	3,9 $\pm$ 0,3a	2,7 $\pm$ 1,23b

## Conclusiones

Una vez comprobada la posibilidad de hibridación y la presencia de rasgos provenientes del cultivo en las plantas silvestres, se evaluó la posibilidad de incremento de la frecuencia esos rasgos dentro de las poblaciones silvestres. Los resultados aquí obtenidos demuestran que los individuos híbridos provenientes de la cruce entre *B. rapa* y *B. napus* conservan un periodo de floración amplio, similar al de su pariente silvestre y producen un menor número de semillas viables. El número de semillas viables sería menor en aquellas poblaciones que hayan sido sometidas a la aplicación de herbicida. No obstante ese número reducido de semillas puede incrementar el banco de semillas de la población silvestre y convertirse en puentes para el flujo génico o reservorios de resistencia a herbicidas para futuras generaciones de *B. rapa*. Además, los caracteres que determinan supervivencia y fecundidad pueden ser afectados por las condiciones ambientales, por lo que es necesario estimarlos en otros ambientes y a lo largo de varias estaciones de crecimiento.

## Referencias

- Devos, Y., De Schrijver, A., Reheul, D. 2008. Quantifying the introgressive hybridisation propensity between transgenic oilseed rape and its wild/weedy relatives. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1-20.
- InfoStat (2011) Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Jenkins, T.E., Frampton, C.M., Conner, A.J. 2005. Population variability in wild turnip (*Brassica rapa* var. *oleifera*) for interspecific hybridisation with herbicide-resistant rape (*Brassica napus*) pollen. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 33: 9-16.

Estos y otros estudios relacionados se llevan a cabo por un grupo de investigadores constituido por el Dr. Miguel Angel Cantamutto, Dra. Mónica Poverene, Dr. Alejandro Presotto y el Ing. Claudio Pandolfo y alumnos realizando su trabajo final de carrera: Francisco Torres Carbonell y Mario Hernández, en el Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur y CERZOS- CONICET, Bahía Blanca.

**\*María Soledad Ureta, investigadora del CERZOS (CONICET-UNS) y docente del Depto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur.**

## Efecto de la textura sobre los contenidos y distribución del fósforo en suelos de la región Semiárida Pampeana

Liliana Suñer y Juan Alberto Galantini

La textura del suelo influye en el microambiente del suelo (estructura, porosidad, retención de agua, dinámica del aire) por lo que modifica la estabilización y mineralización de los materiales orgánicos y el equilibrio de las diferentes formas de fósforo.

La textura del suelo influye en el microambiente del suelo (estructura, porosidad, retención de agua, dinámica del aire) por lo que modifica la estabilización y mineralización materia orgánica (MO) de diferentes maneras. A mayor contenido de arcilla, mayor es la estabilización de la materia orgánica (Balesdent *et al.*, 2000; Galantini *et al.*, 2004).

La textura del suelo afecta la disponibilidad N y P influyendo sobre la acumulación MO, la actividad microbiana del suelo y equilibrios físico-químicos. No solo afecta la cantidad, sino que también el ciclado de la MO a través de mecanismos directos e indirectos. Por ello, la MO total no puede ser un predictor universal de la calidad del suelo.

La naturaleza exacta de los efectos de la textura del suelo sobre la dinámica y la disponibilidad de P aún es desconocida.

La textura del suelo puede modificar el equilibrio y la disponibilidad de P como consecuencia de sus propiedades minerales y fisicoquímicas, su influencia en los procesos de adsorción-desorción-difusión de fosfato, y por medio de MO mineralización-inmovilización por la actividad microbiana.

La cantidad y la labilidad de P inorgánico ( $P_i$ ) dependen de la distribución de los diferentes tamaños de las partículas del suelo, su material parental y el grado de meteorización. Aunque P es mucho menos móvil que los otros nutrientes en el suelo, como nitratos o sulfatos, el impacto directo de la textura del suelo sobre la disponibilidad de P es muy relevante para la producción de cultivos. En suelos arenosos, la difusión de fosfato hacia las raíces del cultivo es menor; en suelos arcillosos, la fijación puede ser mayor, disminuyendo así la provisión de P. Diferentes texturas de suelo, por tanto, generan una amplia gama de comportamiento de P en el suelo.

El efecto de la textura del suelo en la estabilización de las fracciones de materia orgánica en los suelos de la región semiárida pampeana ha sido estudiado por varios autores. Hay información sobre la dinámica de las formas P y sobre la disponibilidad de P para los cultivos, pero se conoce menos acerca de la influencia del tamaño de las partículas del suelo sobre la dinámica de las diferentes formas de fósforo.

Para evaluar la cantidad, la disponibilidad y la dinámica de las principales formas de P en el suelo se han desarrollado diferentes procedimientos de fraccionamiento químico, de complejidad variable.

Estos procedimientos arrojan luz sobre las diferencias en la resistencia química y la susceptibilidad a la degradación biológica, dando lugar a modelos descriptivos extremadamente detallados que en algunos casos exceden posibilidades de validación a campo.

Sin embargo, más recientemente, los métodos de fraccionamiento físico basado por tamaño de partícula separan fracciones orgánicas con muy diferentes características y dinámicas. Por tanto, es ahora posible distinguir entre MO asociado a las fracciones finas o gruesas del suelo, que muestran su diferente estructura y función. La fracción fina del suelo (arcilla, limo) corresponde a minerales asociados a la materia orgánica (MOM), y la fracción gruesa menos transformada (diferentes tamaños de arena) lábil, joven o liviana o materia orgánica particulada (residuos de cultivos orgánicos en diferentes etapas de transformación) (MOP). La MOM es el principal responsable de la unión con minerales en el suelo, la generación de los complejos órgano-minerales básicos para la formación de microagregados que determinan la estructura del suelo. El MOP por el contrario es el componente más dinámico, jugando un papel activo en los flujos de nutrientes y, por tanto, estrechamente relacionada con la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

Dado que ambas fracciones son relevantes para la fertilidad del suelo, es importante para establecer el contenido de fósforo orgánico (Po) e inorgánico (Pi) y relacionarlas con la textura del suelo.

Podría esperarse diferencias entre el contenido de P en ambas fracciones de tamaño de partícula: en la fracción fina es esperable que Po (Po-MOM) sea la más estable y el Pi más disponible (Pi-arcilla y limo tamaños); en la fracción gruesa es esperable que sea lábil o no Po lábil (Po-POM) y menos disponibles Pi (tamaño Pi-arena) en el corto plazo. P en la fracción fina es esperable que el Po sea más estable y más disponible el Pi; en la fracción gruesa Po es probable que sea lábil o moderadamente lábil, con la presencia de Pi en los minerales más grandes, presumiblemente con menos posibilidad de transformarse en fosfatos en el corto plazo.

El objetivo del estudio fue determinar el contenido y la distribución de las formas principales de P en suelos de textura diferentes y relacionar con la disponibilidad de P. El segundo objetivo fue proponer un modelo conceptual para identificar los cambios de P debido a las características de textura del suelo.

Los sitios de muestreo se encuentran en Bordenave, Argentina ( $63^{\circ} 01'20''$  W;  $37^{\circ} 51'55''$  S), y son representativos de la región pampeana semiárida centro-sur. El clima es semiárido templado continental (Csb). La temperatura media anual y las precipitaciones son de  $15,2^{\circ}$  C y 667 mm (1928-2005), respectivamente.

Los suelos predominantes en esta región son Haplustolls y Entisoles (Soil Taxonomy) que tiene una textura mixta, limosos a arenosos, con una secuencia de horizonte A-AC-C-CCA, y con una capa de tosca a una profundidad media de 0,6 a 1,5 m. En las especies de pastos nativos tiempo de muestreo (*Stipa* spp, *Bromus* spp, y *Medicago polymorfa* L.) fueron la vegetación dominante en estos suelos, que anteriormente estaban cubiertas por pastos mixtos (*Medicago sativa* L., *Phalaris* spp L. y *Festuca arundinacea* Schreb .) durante más de dos décadas.

La zona de muestreo fue un sector relativamente pequeño (alrededor de 12 ha) que se caracteriza por un micro-heterogeneidad natural de la textura. Esta elección se hizo con el fin de evaluar la influencia de la textura de MO y distribución de nutrientes en fracciones de tamaño de partículas del suelo evitando otros efectos debido a la mineralogía, pH, las condiciones climáticas, las poblaciones microbianas y los regímenes de gestión de los últimos.

Se contaba con un muestreo realizado en diciembre de 1992, en el cual muestras compuestas de suelo (horizonte A, 0-15 cm de profundidad) se recogieron al azar de 27 sitios que ofrecían una textura diferente en el área de estudio (Tabla 1).

Carbono (SOC) por combustión seca (LECO Analizador de carbono), y se determinaron las siguientes formas de P:

- extraíble (Pe) por Bray-Kurtz 1: extracción con ácido clorhídrico (HCl) 0,025 M y fluoruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) 0,03 M (pH 2,9) ratio, suelo / solución 1: 7, agitando tiempo 1 min, este método está indicado para suelos con pH neutro a ligeramente ácido. Pe no se determinó en las fracciones debido a la separación física de partículas podría lavar algunas formas de P disponible.
- Total extraíble (Pte), con una digestión con ácido perclórico a 270°C;
- Total (Pt) con carbonato de sodio [39], 0,1-1 g de muestra se agitaba en carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a 900 °C seguido de la desintegración de la masa fundida en ácido clorhídrico (HCl)
- orgánico (Po) e inorgánico (Pi) por el Método de Saunders y Williams: extracción con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1 N, tiempo de agitación 16 horas; Po se determina por diferencia entre una muestra calcinada suelo (en mufla a 550 °C) y otro sin calcinar.
- El P ocluido (Pocl) se calculó como la diferencia entre Pt - (Po + Pi). Algunos autores consideran que Pocl está fuertemente adsorbido o precipitado y tiene una disponibilidad para la planta muy lenta. En este trabajo, consideramos que la Pocl es el P químicamente no extraído por el método de Saunders y Williams.

En todos los extractos el P inorgánico se determinó por el método colorimétrico de amonio vanadato. Todos estos métodos se describen completamente por Sparks et al. (1996).

El pH del suelo fue determinado con un electrodo de vidrio en una relación suelo : agua 1: 2,5.

**Tabla 1. Fósforo disponible (Pe), textura y pH de los suelos estudiados**

Suelo	Pe $\mu\text{g g}^{-1}$	arcilla+limo %	arena	pH
1	16.4	14.5	85.1	6.5
2	16.1	14.1	85.8	6.6
3	14.1	31.7	68.3	6.8
4	38.9	65.6	24.4	6.8
5	10.8	26.6	73.4	6.8
6	23.1	38.0	62.0	6.8
7	34.4	38.2	61.8	7.7
8	22.6	39.5	60.5	7.1
9	30.8	57.3	42.7	7.2
10	16.8	14.8	85.2	6.8
11	25.0	14.3	85.7	6.7
12	19.4	29.2	70.8	6.9
13	53.9	59.9	40.1	6.8
14	12.3	29.4	70.6	6.8
15	35.2	35.2	64.8	6.6
16	20.9	36.8	63.2	7.6
17	21.5	45.7	54.3	7.0
18	30.1	55.5	44.5	7.2
19	18.7	13.9	86.1	6.7
20	12.3	14.9	85.1	6.7
21	22.8	31.7	68.3	6.8
22	62.9	62.6	37.4	6.6
23	12.7	27.3	72.7	6.7
24	34.4	34.3	65.7	6.7
25	36.5	37.1	62.9	7.1
26	15.5	45.2	54.8	7.0
27	30.4	54.0	46.0	7.2
LSD	13	15	20	0.2

## 2.2 Determinaciones físicas del Suelo

Para el fraccionamiento por tamaño de partícula, se utilizó el tamizado en húmedo del suelo. Para el cual, 50 g de suelo, previamente secado al aire y tamizado (2 mm), se dispersó en recipientes de vidrio de 120 ml, y se mezcló con 100 ml de agua destilada. Se añadieron perlas de vidrio (5 mm de diámetro) para aumentar la destrucción total y reducir los potenciales problemas creadas por diferentes contenidos de arena. Las muestras fueron sometidas a dispersión mecánica a través de un agitador rotatorio durante aproximadamente 16 h (durante la noche a 40 rpm) para desintegrar los agregados. El cribado se realizó con un tamiz de 100 micras, haciendo movimientos de

ida y vuelta hasta que el agua que salía por el tamiz estaba límpida. Se obtuvieron dos fracciones de tamaño de partículas: la fracción fina (0-100 micras) y el grueso (100-2000 m) ambas fracciones se secaron horno a 65°C. La fracción fina contenía arcilla, limo, muy finas arenas y humificados o mineral asociado materia orgánica (MOM). La fracción gruesa tenía arena y materia orgánica menos transformada también llamada joven o materia orgánica particulada (MOP). Los mismos métodos químicos anteriores también se aplican para determinar Pte, Po y Pi en ambas fracciones

### 2.3 Análisis estadístico

Análisis estadístico se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA) y las diferencias mínimas significativas (LSD), el análisis de regresión, y los principales procedimientos de componentes con el software InfoStat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 El fósforo en el suelo

Hubo una correlación positiva entre el contenido de formas de P y el contenido de limo P y arcilla del suelo (Figura 1). La reserva total P (Pt), que fue desde 300 hasta 600 mg g<sup>-1</sup>, dependiendo de los minerales del suelo y el contenido de arcilla ( $R^2 = 0.70$ ,  $p < 0,001$ ). Mayor contenido de arena provoca dilución del contenido de P, lo que disminuye la reserva total de P en suelos arenosos. Un comportamiento similar se observó para el resto de las formas de P estudiadas. Sin embargo, cuando se analizaron las formas más disponibles, las correlaciones decrecientes siguiendo el orden Pi ( $R^2 = 0,65$ ,  $p < 0,01$ ) > Po ( $R^2 = 0,61$ ,  $p < 0,05$ ) > Pe ( $R^2 = 0.50$ ,  $p < 0.05$ ) muestran que otros factores intervienen en la modificación de los equilibrios. Teniendo en cuenta el hecho de que las condiciones del clima y la vegetación fueron similares, se infiere que de la textura del suelo explica más del 50% de la variabilidad de los contenidos de P.

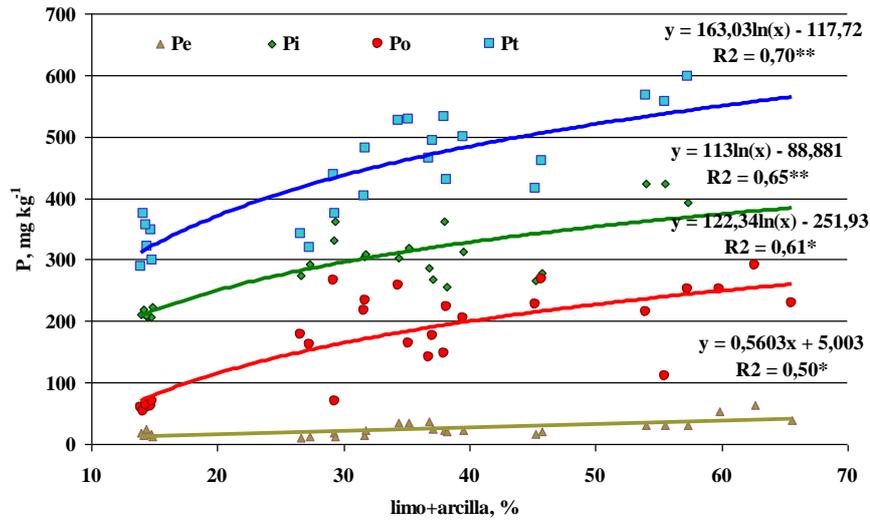


Figura 1. Contenido de fósforo extraíble (Pe, amarillo) Orgánico (Po, rojo), inorgánico (Pi, verde) y total (Pt, azul) en función del contenido de arcilla+ limo (n=27)

### 3.2 El fósforo en la fracción fina del suelo

En la fracción fina, se observó una correlación positiva entre las formas de fósforo y el contenido de arcilla y limo del suelo (Figura 2). Pt y Pi tenían las pendientes más marcadas y los coeficientes más altos, mientras que Po mostró mayor variabilidad. La diferencia entre Pt y (Po + Pi), o P ocluido, fue mayor en los suelos de textura más fina, lo que sugiere que en estos suelos de tamaño partícula más fino proporciona una mayor protección.

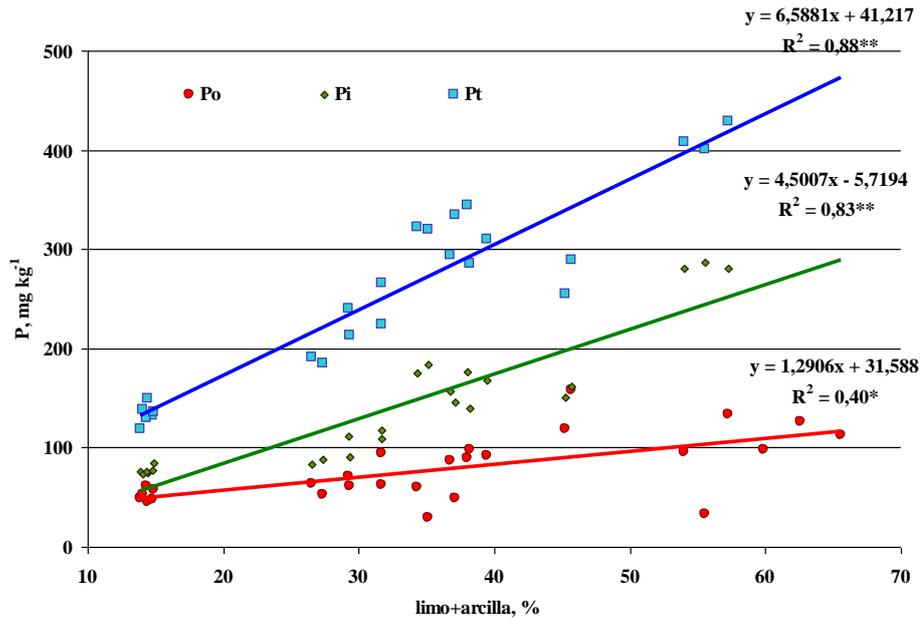


Figura 2. Contenido de fósforo Orgánico (Po, rojo), inorgánico (Pi, verde) y total (Pt, azul) en la fracción fina del suelo (0- 100  $\mu\text{m}$ ) función del contenido de arcilla+ limo (n=27)

Esto demuestra la importancia de la fracción mineral más pequeña para equilibrios P y también podría indicar un mayor nivel de precipitación, la fijación y otros procesos físico-químicos. Además, las diferentes pendientes en las ecuaciones obtenidas de Pi y Po podrían indicar que la relación entre las diferentes formas de P varía con las diferencias en la textura del suelo. Así, la relación de Po: Pi fue menor para los suelos arenosos que en suelos de textura fina, como se observa en las fracciones orgánicas. En suelos predominantemente arenosos Po contribuyó significativamente al total, mientras que en las texturas más finas de la reserva Pi fue la más alta. La influencia en la fertilidad real y potencial es que los suelos arenosos son más dependientes en gran medida de los ciclos de mineralización MOS y que la pérdida excesiva de MOS podría tener un alto impacto en la sostenibilidad. Si la mineralización biológica de P orgánico es el mecanismo principal, el equilibrio P natural en suelos de textura fina se puede restaurar mediante el suministro de fertilizantes inorgánicos, pero en suelos arenosos a través del aporte de residuos orgánicos. Se observó una estrecha correlación entre la fracción fina y la materia orgánica asociada, pero no así en el caso de contenido de Po. Como fue corroborado por los valores de P determinados sin tener en cuenta el contenido de la fracción fina de P (datos no mostrados), estos resultados indicaron que

MOM (asociado con la materia fina <0,1 mm) contiene menos P cuando la textura del suelo era más fina. Otro estudio llevado a cabo en los mismos suelos mostró que el suelo arenoso, a pesar de su contenido inferior de MO, era más rico en contenido de nitrógeno y azufre. Se refería, aunque el contenido de MOM es menor en suelos arenosos, puede ser más rico en N, S y P. La cantidad de estos nutrientes liberados durante la mineralización podría ser proporcionalmente mayor, con lo que para la cantidad más baja de MO.

### 3.3 El fósforo en el suelo fracción gruesa

Las diferencias en la relación entre las diversas formas de P y la textura se observaron en la fracción gruesa.  $P_t$  fue menor en suelos de textura más fina,  $P_o$  fue mayor y  $P_i$  mostró ninguna tendencia definida o gran variabilidad (Figura 3). La mayor cantidad de partículas gruesas (> 0,1 mm) en suelos arenosos correspondió principalmente a minerales con un aporte no significativa P a esta fracción. Por otro lado, se observó una correlación significativa entre la materia orgánica particulada (MOP) y la textura en estudios anteriores, que representan el  $P_o$  mayor en suelos con fracciones más finas.

Estos resultados mostraron que el cambio en la importancia relativa de cada una de estas fracciones en suelos con diferente textura.  $P_i$  contenido en la fracción gruesa era muy variable y no mostró ninguna tendencia definida, variando alrededor de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , mientras que el contenido  $P_o$  aumentó con el aumento de cantidades de materia fina. Dado que mayor fracción fina significa menor fracción gruesa, los presentes hallazgos podrían indicar enriquecimiento en  $P_o$  en la fracción gruesa de los suelos de textura más fina, como posteriormente fue corroborada por el análisis de los resultados no ponderados de las formas de P del suelo. Tal enriquecimiento da lugar a mejorar la retención de humedad y suministro de nutrientes a los cultivos por los minerales más pequeños (limo y arcilla) y su materia orgánica asociada.

### 3.4 Relación entre las diferentes formas de P y la disponibilidad

La contribución de cada una de las fracciones de suelo se correlacionó con  $P_e$ , que es la herramienta de diagnóstico más frecuentemente utilizada en la región de estudio para evaluar la disponibilidad de P (Figura 4). La correlación entre el suelo y el  $P_i$   $P_o$  y  $P_e$  fue baja ( $R^2 = 0,24$  y  $R^2 = 0,19$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ), aunque el contenido de  $P_t$

representó el 60% de la variación en P. Aunque el contenido de Pt es uno de los factores determinantes de la disponibilidad de Pe, no todas las fracciones contribuyen de una manera similar. El Pi en la fracción fina mostró una correlación significativa a Pe ( $R^2 = 0,50$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 5). Estudios anteriores han demostrado que P extraído por el método de Bray y Kurtz podría tener un origen predominantemente inorgánico. Los resultados del presente estudio confirman esta observación e incluso son capaces de identificar el origen preciso: fracción inorgánica  $< 0,1\text{mm}$ .

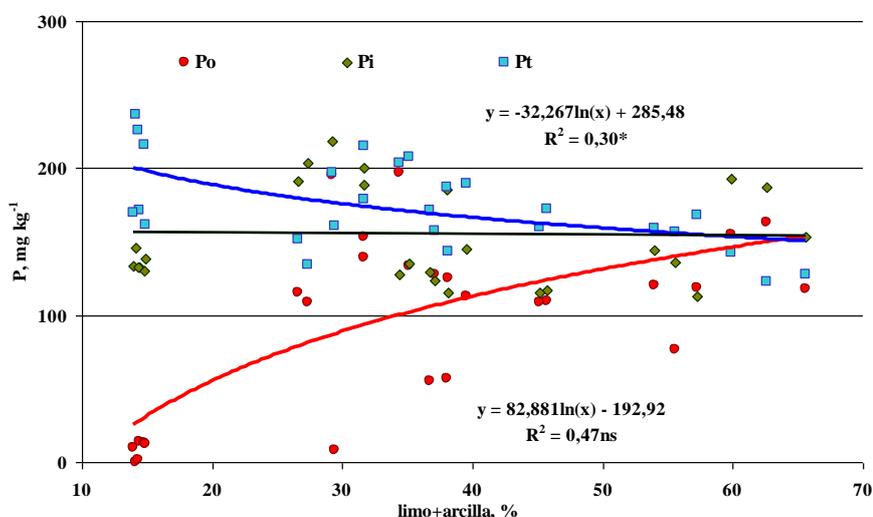


Figura 1: Contenido de fósforo orgánico (Po), inorgánico (Pi) y total (Pt) de la fracción gruesa ( $> 100\ \mu\text{m}$ - 2mm) en función del porcentaje de limo más arcilla

Aumentar de forma concomitante con el aumento de Po, en particular en la fracción gruesa. Las correlaciones fueron bajas debido a la dispersión de los datos (Figura 6), lo que podría ser debido a la variabilidad de las partículas de materia orgánica (residuos en distintas etapas de descomposición), la variabilidad de la determinación de Po, y el efecto de textura en el contenido de P en el MO. El Po del suelo representó el 19% de la variabilidad en Pe, que corresponde principalmente a la fracción gruesa.

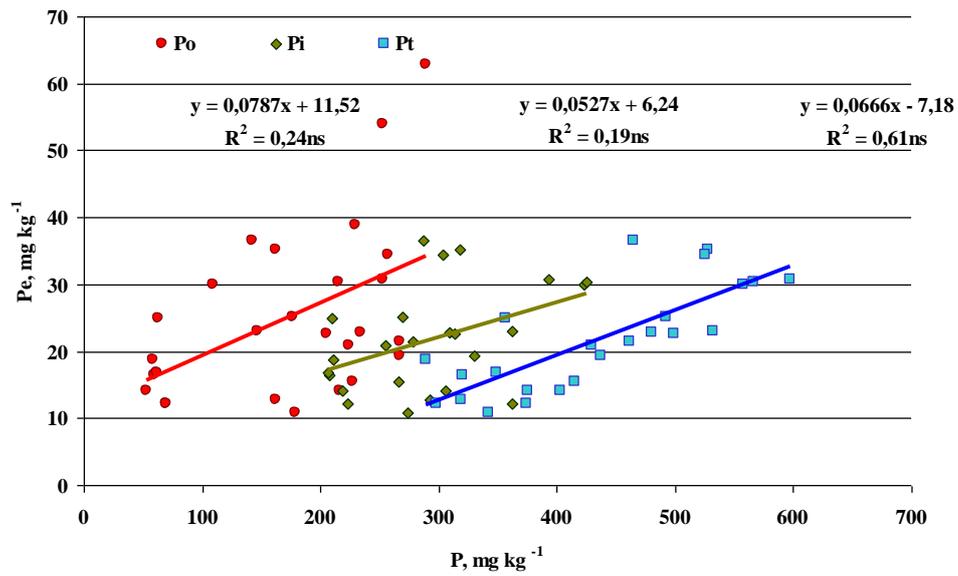


Figura 2: Relación entre el P extraíble (Pe) y los contenidos de P orgánico (Po), inorgánico (Pi) y total (Pt) del suelo

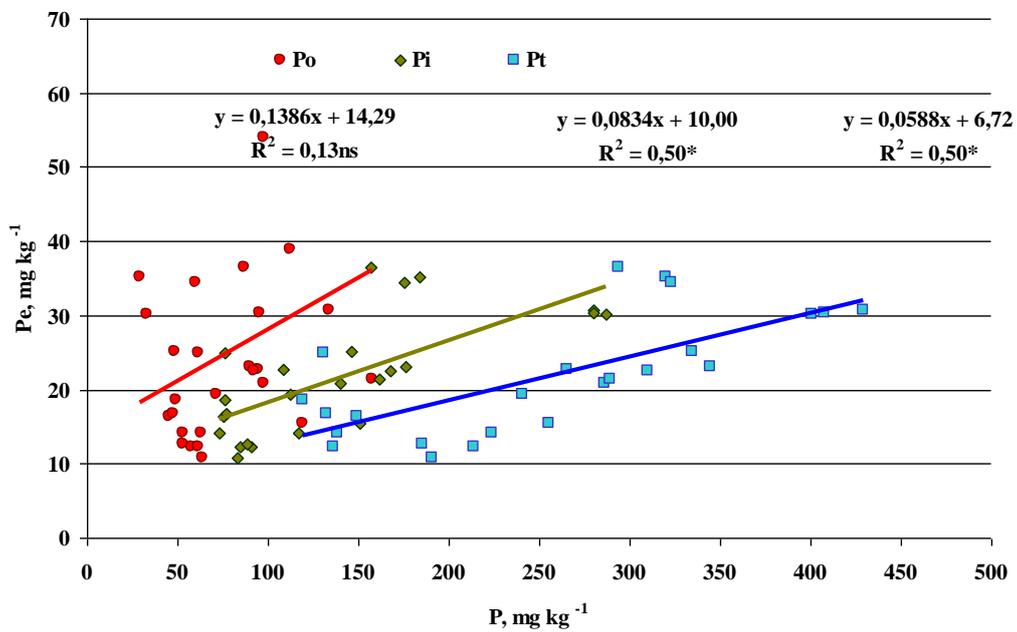


Figura 3: Relación entre el P extraíble (Pe) y los contenidos de P orgánico (Po), inorgánico (Pi) y total (Pt) de la fracción fina

Carbono orgánico del suelo (COS) asociada con MOM y MOP correlaciona más estrechamente con  $P_e$  que en el caso de sus respectivos contenidos de P ( $P_o$  en las fracciones finas y gruesas, respectivamente, Figura 7).

Las diferencias observadas podrían ser la consecuencia de la variabilidad anteriormente mencionado en la determinación de  $P_o$ . Además, no hay paralelismo entre la mineralización de  $P_o$  y SOC como la hay entre CO y N (Salas et al., 2003), y los mecanismos de estabilización de P en MOS son diferentes de las de los otros elementos.

Las correlaciones entre el presente  $P_o$  en las fracciones finas y gruesas y  $P_e$  eran bajas, lo que sugiere una contribución baja por el P presente en MOS a la disponibilidad de este elemento, especialmente en suelos de textura más fina. Sin embargo, hubo una correlación significativa entre  $P_e$  y las fracciones orgánicas asociadas con las fracciones finas y gruesas, con relativamente altos coeficientes ( $R^2 = 0,45$  y  $R^2 = 0,56$ , respectivamente  $p < 0,01$ ).

Estos resultados aparentemente contradictorios sugieren que la disponibilidad de P no depende del contenido de P en el SOM, sino en el contenido de las fracciones orgánicas. Estudios anteriores han demostrado el importante papel de la actividad de los microorganismos en el ciclo de los nutrientes, especialmente P. Por tanto, el contenido de MOS puede estar relacionado con la disponibilidad de P en virtud de su importancia como fuente de alimento para los microorganismos, no en virtud de su contenido en este nutriente.

A pesar de que  $P_e$  se utiliza ampliamente como un estimador de la disponibilidad de P en el sistema de producción argentina, su estrecha correlación con fracciones inorgánicas podría subestimar la contribución de las fracciones orgánicas durante la mineralización principalmente en suelos arenosos.

Confirmando los datos utilizando un modelo de componentes principales llega a conclusiones similares (Figura 8). El componente principal 1 (CP1) es el vinculado al componente textura del suelo, lo que explicaría la mayor parte de la variabilidad de las formas de P en el suelo. Por lo tanto la mayor variabilidad entre el contenido de diferentes formas de P se explican por variables arena o arcilla + limo. El contenido de arena, sin P, fue responsable del P edáfico y el equilibrio entre sus diferentes fracciones.

El contenido Pe, Po- y Pi-MOC, del mismo modo que COM está más asociado con el contenido de arcilla y limo. Por otro lado el Pi-POC no está asociado con ninguna variable.

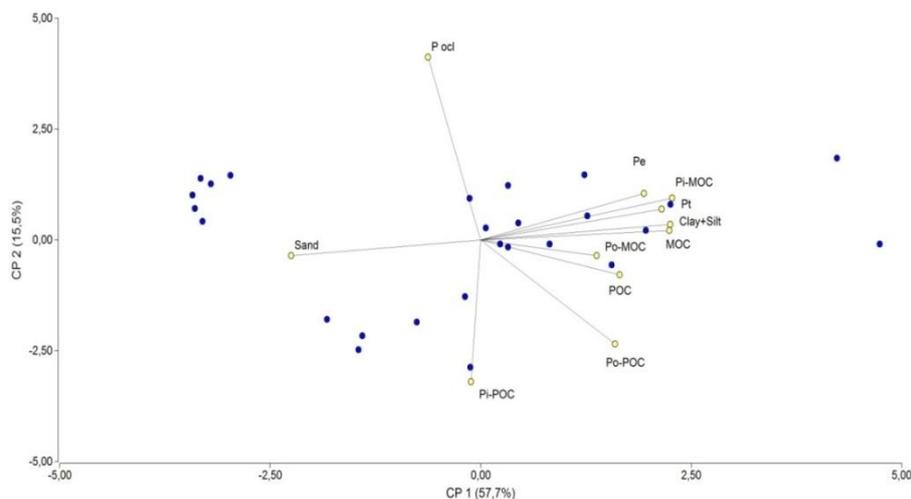


Figura 8. Componentes principales en las que intervienen las variables de fósforo

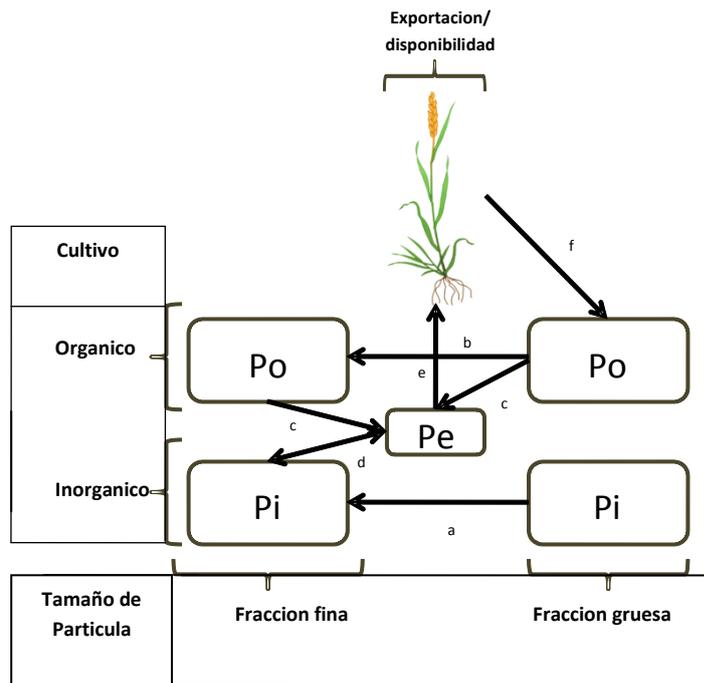
Director sobre 2 (CP2) indica que el Po<sub>cl</sub> tiene comportamiento opuesto de MOP, mayor es el contenido de Po<sub>cl</sub> en el suelo será menor la cantidad de P presente en OM.

### 3.5 Un modelo conceptual

Muchas investigaciones muestran que el fraccionamiento físico por tamaño de partícula es útil para el estudio de la estructura química de la materia orgánica del suelo y su dinámica.

Fracciones orgánicas del suelo y su contenido de P, dentro de la fracción gruesa se asignan a la piscina y suelos lábiles fracciones en fracciones limo y arcilla a las piscinas intermedios y pasivas. Por otro lado, los minerales inorgánicos de la fracción gruesa se pueden considerar una piscina pasiva de P, mientras que el P presente en la fracción fina representa un grupo activo.

De acuerdo con este hallazgo, un modelo conceptual se puede proponer (Figura 9), donde P podría estar relacionado con esquemas de fraccionamiento SOM.



**Figura 9. Modelo conceptual de flujo de las formas de fósforo en el suelo**

Los principales flujos en este modelo son: a) fisicoquímicas y procesos de meteorización, que producen la reducción de tamaño de los minerales secundarios, cuando las partículas minerales alcanzan un tamaño inferior a 50 micras están incluidas en la fracción fina; b) humificación, insumos orgánicos se transforman a moléculas más complejas con un tamaño inferior; c) la mineralización, la descomposición de POM y MOM producir la liberación de nutrientes, materia lábil P orgánico podría ser una fuente importante para las plantas que se detectaría por Bray y Kurtz método d) el equilibrio físico-químico, e) absorción de la planta de la solución del suelo; f) reciclar P, residuos de cultivos regresó a suelo puede mejorar Po por un aumento del POM.

#### 4. CONCLUSION

Textura determina reservas P y el equilibrio de sus diferentes formas en los suelos de la región en estudio.

El P disponible, estimado con contenido Pe, viene predominantemente del compartimento inorgánico de P y que está asociado a la fracción fina del suelo.

El nivel de Po es mayor en la fracción gruesa de suelos con un alto contenido de fracciones finas.

El contenido de fósforo en sus diferentes formas se asocia estrechamente con fracciones de tamaño del suelo. Tamaño de fraccionamiento de la MOS y P determinación formas puede estar en un modelo conceptual para una mejor comprensión de los equilibrios Pen el suelo.

## **Bibliografía**

- Galantini JA, Senesi N, Brunetti G, Rosell R. 2004. Influence of texture on organic matter distribution and quality and nitrogen and sulphur status in semiarid Pampean grassland soils of Argentina. *Geoderma* 123:143-152
- Andriulo A, Galantini JA, Pecorari C, Torioni E. 1990. Materia orgánica del suelo en la región pampeana. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. *Agrochimica (Italia)* 34: 475-489.
- Galantini, JA, Suñer LG. 2008. Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. *Agriscientia* 25 (1): 41-55
- Galantini JA, Suñer L, Kruger H. 2005. Dinámica de las formas de P en un Haplustol de la región semiárida pampeana durante 13 años de trigo continuo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34: 13-31.
- Duval ME, Galantini JA, Iglesias JO, Canelo S, Martinez JM, Wall L. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil and Tillage Research* 131: 11-19.
- Galantini JA, Rosell R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid pampean soils. *Soil & Tillage Research*. 84:75-79.
- Zalba P., Galantini JA. 2007. Modified Soil-Test Methods for Extractable Phosphorus in Acidic, Neutral, and Alkaline Soils', *Comm. in Soil Science and Plant Analysis*. 38:11, 1579 – 1587.
- Suñer L, J. Galantini. 2013. Dinámica de las formas del P en suelos de la región sudoeste pampeana: estudio de la incubación con fertilizante fosfatado. *Ciencia del suelo*. 31:33-44
- Suñer L, Galantini J, Minoldo G. 2014. Dynamics of soil P forms in wheat-based crop sequences in the semiarid region of Argentina. *Applied and Environment Soil Science*. Applied & Env. Soil Science. Volume 2014, ID 532807, 6 pag. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/532807>

**\*Liliana Suñer y Juan Alberto Galantini, Profesional de Apoyo e investigador de la Comisión de Investigaciones Científicas (Pcia. B.A.), desarrollan sus tareas en el CERZOS (CONICET-UNS) y Depto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur.**

**Trabajo adaptado de *International Journal of Plant & Soil Science* 7(2): 109-120, 2015; Article no.IJPSS.2015.136ISSN: 2320-7035**

## Descomposición y dinámica de nutrientes en el suelo debajo de especies de diferente preferencia animal en pastizales naturales del sudoeste bonaerense

Mariela Lis Ambrosino



La descomposición de la broza es importante en el ciclo de nutrientes para mantener la productividad de los ecosistemas terrestres. Esto se debe a que la misma regula la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

La descomposición de la broza, compartimiento en el ciclo de nutrientes es importante para mantener la productividad de los ecosistemas terrestres. Esto se debe a que la misma regula la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

Los principales controles de la liberación de nutrientes desde la broza al suelo son el clima, los organismos del suelo, y la constitución química de la broza. El clima afecta la producción de broza, la calidad de la misma, y la actividad microbiana. En la mayoría de los ambientes áridos y semiáridos la precipitación y la temperatura son importantes en controlar los procesos de descomposición. Algunos sistemas de desierto frío pueden ser especialmente susceptibles a fluctuaciones en la temperatura y precipitaciones, debidas parcialmente a que menores temperaturas del suelo disminuyen el ciclo de los nutrientes. Bajo condiciones climáticas similares, la actividad microbiana, los procesos de descomposición y la liberación de nutrientes se pueden predecir a partir de las características de la broza vegetal, que reflejan complejas adaptaciones bioquímicas y fisiológicas de la planta u órganos al ambiente. Altos niveles de N y P mejoran las tasas de descomposición microbiana de la broza y su mineralización. El contenido de lignina controla la partición de la broza en materiales estructurales y metabólicos.

Las diferencias interespecíficas en la composición de la broza pueden influenciar la abundancia de las comunidades de microorganismos del suelo, las cuales a su vez influenciarán los procesos de descomposición. La biota tiene un rol central en la mineralización de N y en determinar el estado nutricional del ecosistema. La fuente de carbono en el sustrato y su diversidad alteran la estructura de las comunidades microbianas en el suelo. Por lo tanto, la calidad de la broza puede influenciar su tasa de

descomposición en el suelo de dos formas: (a) directamente, a través de su descomposición como sustrato, lo cual depende de su composición, y (b) indirectamente, alterando la estructura y el funcionamiento de las comunidades de los descomponedores.

Trabajos previos informaron que, el contenido de humedad y la temperatura del suelo se incrementaban al reducirse la cobertura del follaje sobre la superficie del suelo. Es de esperar entonces que la defoliación, al reducir la cobertura vegetal, incremente la cantidad de radiación incidente sobre dicha superficie, y el contenido de humedad y la temperatura del suelo. Estos cambios en el microclima entre plantas defoliadas versus plantas no defoliadas afectarán muy probablemente la descomposición de la broza en superficie y subsiguiente liberación de nutrientes al suelo a partir de la misma. La respiración microbiana se incrementa al aumentar la temperatura, y sería comparativamente mayor debajo de plantas defoliadas que de no defoliadas.

Trabajos efectuados en clausuras al pastoreo por el ganado doméstico informaron que la cobertura de *P. ligularis* y *Nassella tenuis* se incrementó en detrimento de *A. ambigua* en áreas que habían sido severamente pastoreadas. Por otra parte, cambios florísticos han determinado cambios en los ciclos biogeoquímicos como resultado del aporte de una broza de diferente calidad. La producción de raíces finas no varió entre sitios pastoreados y no pastoreados. La broza foliar se descompuso más lentamente pero liberó más N durante la descomposición en el sitio no pastoreado que en el pastoreado. Existe una correlación positiva significativa entre la palatabilidad de las hojas y la tasa de descomposición de la hojarasca.

Con un buen manejo del pastoreo en la Provincia Fitogeográfica del Monte, los cambios en la composición específica desde especies no preferidas (ej. *A. ambigua*) por el ganado doméstico a especies preferidas (ej. *P. ligularis*) podrían determinar una mayor productividad primaria neta (entrada de C al sistema) debido a que los tejidos foliares de *P. ligularis* tienen una concentración de N superior a los de *A. ambigua*. Además, existe una relación directa entre la concentración de N de los tejidos y la fotosíntesis neta en especies de gramíneas. Los efectos microclimáticos producidos por el reemplazo de especies podrían interactuar positivamente con la broza de mayor labilidad dando lugar a mayores aumentos en las tasas de descomposición y de mineralización del N. A largo plazo, los aumentos en las entradas de C, y al mismo tiempo los aumentos en la liberación de C a la atmósfera por descomposición de la broza, podrían modificar las reservas de C contenidas en la materia orgánica del suelo. A su vez, los aumentos en la

mineralización de N, provocarían incrementos en el N inorgánico del suelo. Ambos efectos afectarían la sustentabilidad ecológica y económica del sistema, y su función como sumidero global de C.

Hay que considerar que la tasa del ciclo de nutrientes está determinada tanto por la tasa de liberación de nutrientes como la cantidad total de broza (aérea y subterránea) que es producida por unidad de área de suelo. Hay evidencias de una gran entrada de C y nutrientes al suelo desde raíces finas en descomposición. Sin embargo, estudios sobre la medida en que la defoliación puede modificar el microclima debajo de plantas de gramíneas perennes preferidas y no preferidas, y los efectos que esta modificación puede tener en las tasas de descomposición de las brozas aérea y subterránea, la liberación de C, N y otros nutrientes desde las mismas, y los cambios en sus contenidos en el suelo son desconocidos a la fecha.

Desde el grupo de Ecología perteneciente al CERZOS-CONICET y al Departamento de Agronomía (UNS), se llevan a cabo estudios referidos a la conservación y la utilización sustentable de los pastizales naturales, abordando esta temática desde diferentes aspectos para comprender la ecofisiología y dinámica de los mismos.

Bajo la dirección del Dr. Carlos Busso, la codirección de la Dra. Marcela Montecchia (INBA, CONICET y Facultad de Agronomía (UBA)) y la colaboración de la Dra. Marta Cabello (Instituto de Botánica Spegazzini, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) y CIC), se están desarrollando estudios en laboratorio y a campo para evaluar los efectos de la defoliación sobre la descomposición de la broza y subsiguiente dinámica de nutrientes en los suelos asociados a las gramíneas perennes de los pastizales del sudoeste bonaerense. Los mismos se realizan desde 2012, en una clausura de 16 años al acceso de herbívoros domésticos en la Chacra Experimental de Patagones, en el Sur de la Provincia de Buenos Aires (40° 39'S, 62° 54'O; 40 msnm, **Figura 1**), dentro de la Provincia Fitogeográfica del Monte.

*Poa ligularis* (**Figura 2**) es una especie de gramínea C<sub>3</sub> deseable, de etapas sucesionales tardías y dominante en la comunidad en áreas clausuradas al pastoreo por varios años. Esta especie también es abundante en la comunidad en áreas donde el pastoreo con o sin fuego es apropiadamente manejado. Con pastoreo moderado y continuo, esta especie es reemplazada por otras gramíneas C<sub>3</sub> deseables, de etapas sucesionales intermedias, como por ejemplo *N. tenuis* (**Figura 2**). Bajo pastoreo continuo y alta carga animal, las especies deseables son reemplazadas por especies no preferidas (indeseables) por el ganado vacuno, de etapas sucesionales tempranas como por ejemplo *A. ambigua*

(Figura 2). Las dos primeras especies producen brozas de mejor calidad con altos contenidos de N y P y baja lignina en relación a las especies no palatables.

Los objetivos del presente trabajo son determinar el efecto de la defoliación de *P. ligularis* versus *N. tenuis* versus *A. ambigua* sobre la/s: (1) tasa de descomposición, concentración y contenido de C y N de las brozas aérea y subterránea, y su efecto en las relaciones C/N en dichas brozas (2) mineralización *in situ* y potencial del N de suelo asociado a dichas especies, (3) biomasa de raíces, (4) biomasa y respiración microbiana en el suelo, (5) estructura de las comunidades de microorganismos, (6) especies y porcentaje de colonización de las raíces por hongos formadores de micorrizas arbusculares, (7) producción de forraje anual, y (8) la velocidad de reposición del tejido fotosintético luego de la defoliación.

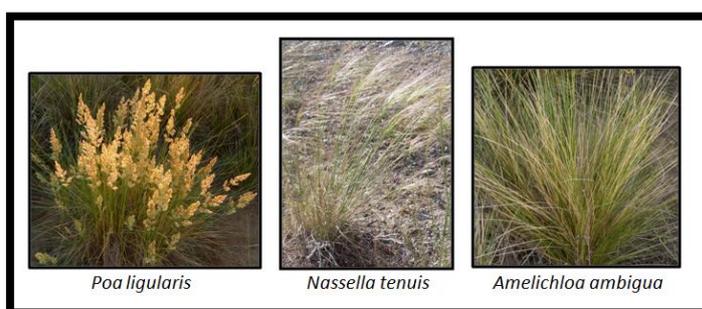


Figura 1. Sitio de Estudio en la Chacra Experimental de Patagones (Bs. As.).



Figura 2. Especies de gramíneas perennes en estudio.

Para estudiar los efectos de la defoliación, se realizaron dos cortes en cada año de estudio: uno en el estadio morfológico de desarrollo vegetativo, y el otro inmediatamente luego de la diferenciación del ápice vegetativo en reproductivo. Se marcaron sitios sin vegetación y plantas correspondientes a las tres especies, de las cuales la mitad fue defoliada en las fechas indicadas anteriormente.

La velocidad de pérdida de materia orgánica y N en el tiempo de las brozas aérea y subterránea de las especies, se estimó mediante la técnica de las bolsas de

descomposición. Las mismas se retiraron luego de 2, 7, 13 y 24 meses de colocadas. Este estudio se realizó de 2012-2014 y se repitió en el período 2013-2015.

La mineralización neta del N *in situ* se estimó utilizando la técnica de incubación de tubos durante los años 2013 y 2014. Además en condiciones de laboratorio, en las mismas muestras de 2012, se estimó la mineralización potencial de N inicial del suelo mediante incubaciones aeróbicas a 25°C y durante 7 ciclos de rehumedecimiento y secado (incubación con humedad del 60% de la capacidad de campo hasta el 30%) para medir efecto de especies y luego de 2 defoliaciones anuales.

El muestreo de suelos para la determinación de biomasa radical, se efectuó empleando un barreno (20x3cm, 141,4 cm<sup>3</sup>). Dichos muestreos se realizaron en los mismos momentos que fueron retiradas las bolsas de descomposición.

Durante 2012 y 2013, en la parte intermedia del área basal de cada una de las plantas se marcó una macolla con un anillo de cable y se determinaron periódicamente parámetros de crecimiento. Se colocaron trampas de broza de (0.5x0.25x0.10 m). Mensualmente, se colectó la broza aérea producida por las especies.

Durante cada año de estudio, luego de las defoliaciones y al final de la estación de crecimiento se realizó la cosecha de la parte aérea de la totalidad de las plantas, para estimar la producción de forraje anual.

Para medir el efecto de las defoliaciones sobre los microorganismos asociados al suelo debajo de las especies, se realizó un muestreo inicial, y luego de cada una de los cortes. En 2012 y 2013, se determinó el porcentaje de colonización del sistema radical por micorrizas. En 2012, se aislaron las esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares usando 100 gr. de suelo seco utilizando el método de decantación y tamizado. Las mismas se extrajeron a partir del sobrenadante centrifugado en un gradiente de sacarosa. Además, en las mismas fechas de muestreo durante 2012 y 2013 se realizó un análisis comparativo de las estructuras de las comunidades microbianas por DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) y de biomasa. Durante 2012, 2013 y 2014 se estudió la respiración basal del suelo *in vitro* incubando el suelo en frascos con trampas de NaOH.

Los resultados obtenidos durante 2012, sugieren que no existieron efectos de la defoliación sobre la actividad de los microorganismos del suelo, y que el mayor tamaño y la calidad de la broza de *P. ligularis* tendría efectos benéficos potenciales sobre el ciclado de los nutrientes en el ecosistema. Además, *P. ligularis* mostró una mayor

diversidad de especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares que *N. tenuis*, aunque no difirió de *A. ambigua*. Cuando se analizó la estructura de las comunidades microbianas en el suelo debajo de las tres especies en estudio, los perfiles genéticos de *A. ambigua* resultaron más homogéneos que los de *P. ligularis* y *N. tenuis*, que poseen broza de mejor calidad. Esto podría estar relacionado con la existencia de un mayor número de nichos ecológicos en el suelo en las especies preferidas. La defoliación afectó la diversidad de las comunidades bacterianas del suelo.

Luego de 2 cortes en 2012, las macollas marcadas de las plantas de *A. ambigua*, de etapas serales tempranas, lograron recuperarse rápidamente respecto a las demás especies, y las plantas que fueron cortadas compensaron las pérdidas de biomasa. En cuanto a la producción aérea, se observó una mayor biomasa en plantas defoliadas que en plantas control. Esto sugiere que las defoliaciones tempranas en estas especies, dejando los meristemas activos en las plantas, son deseables para mejorar su producción forrajera.

*Poa ligularis* fue la especie que produjo mayor biomasa radical durante el período 2012-2013 en relación a las demás especies. El aporte de materia orgánica al suelo, varió según el momento del ciclo de crecimiento de las gramíneas perennes y no fue afectado por la defoliación.

Las plantas de *P. ligularis* presentaron los valores máximos de broza de las especies palatables durante el estudio en 2012. La producción de broza fue menor en el estadio vegetativo que en el reproductivo para las tres especies. Un buen manejo de los pastizales naturales que promueva el reemplazo de especies no palatables a palatables conduciría muy probablemente a la producción de una broza de mayor labilidad, dando lugar a aumentos en las tasas de descomposición y ciclado de nutrientes.

En el estudio de descomposición período 2012-2014, la broza aérea de *A. ambigua* fue la que aportó menos materia orgánica durante las dos primeras fechas de muestreo (2 y 7 meses). Sin embargo, al analizar la broza subterránea, esta especie fue la que mostró mayor descomposición. Luego de un año, si bien la descomposición de las láminas no varió, se registraron diferencias entre las especies en la descomposición de las raíces.

Las tres especies siguieron el mismo patrón de mineralización de N a campo a través del tiempo durante 2013, sin detectarse efectos de la defoliación. *Amelichloa ambigua* presentó, sin embargo, un mayor nivel de N inorgánico respecto de *P. ligularis* y *N. tenuis*, sin diferencias con los sitios sin vegetación. Estos resultados podrían atribuirse a la diferenciación más temprana de los ápices vegetativos en reproductivos en las

especies palatables, lo que podría estar asociado a una mayor absorción del N disponible en el suelo. En el estudio de mineralización potencial, *A. ambigua* presentó el mayor nivel de N-NO<sup>-3</sup> respecto de *P. ligularis* y el sitio sin vegetación, y *P. ligularis* presentó el mayor nivel de N-NH<sup>+4</sup>.

Los estudios a campo y en laboratorio continúan, como así también el análisis de resultados que se van obteniendo en los sucesivos años de estudio. Es muy importante realizar un manejo sustentable de los pastizales naturales debido a que un cambio florístico producido por un sobrepastoreo afectaría la presencia de especies de gramíneas perennes deseables para el ganado, la calidad de la broza que llega al suelo, la estructura de las comunidades microbianas y su relación con las distintas especies de plantas, con efectos potenciales sobre las tasas de descomposición y ciclado de nutrientes en el suelo.

#### **Agradecimientos:**

La autora del presente trabajo quiere agradecer al Dr. Carlos Busso, Dra. Marcela Montecchia, Dra. Marta Cabello, Dra. Yanina Torres, Dra. Leticia Ithurrart, Lic. Daniela Cardillo, Mg. Gabriela Minoldo, Dr. Juan Martinez, Ing. Rosana Palomo, Ing. Oscar Montenegro y Mg. Tomás Montani por el apoyo incondicional en la realización de los estudios del presente trabajo, como así también al Ing. Hugo Georgetti, Tec. Damián Ponce y Tec. Gustavo Rodriguez de la Chacra Experimental Patagones MAA donde se realizaron los estudios a campo.

#### **Bibliografía:**

En caso de interés comunicarse con Mariela Ambrosino ([marielalisambrosino@yahoo.com.ar](mailto:marielalisambrosino@yahoo.com.ar)) para recibir el listado de la bibliografía consultada.

**\*Mariela Lis Ambrosino, Becaria AVG (Área de Vacancia Geográfica) de CERZOS-CONICET y docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.**

## ¿Sabía Ud.?

Sabía usted que recientemente se categorizó bajo el estado de vulnerable la tarántula nativa de nuestras sierras, *Grammostolavachoni*?

Poco se conoce de la ecología y biología de la especie, pero al igual que la mayoría de las tarántulas, *Grammostolavachoni* presenta un ciclo de vida lento y longevo. Los machos en general tardan entre 7 a 8 años en alcanzar la madurez sexual y de 9 a 10 años las hembras, llegando a vivir hasta 30 años. Se sabe, que durante el período reproductivo, que abarca la primavera, los machos se mueven en busca de hembras atravesando pastizales y rutas. Las hembras permanecen en las cuevas durante todo su ciclo de vida y producen un saco de huevos por año. Estas características biológicas promueven el aislamiento geográfico a través de la fragmentación en espacio y tiempo, lo que resulta en poblaciones con distribuciones geográficas reducidas. Las poblaciones registradas se distribuyen desde el oeste del país (La Rioja, Santiago del Estero, San Luis, Córdoba y Mendoza) hacia el este en las provincias de La Pampa, Río Negro, Chubut y Buenos Aires. Parecería de amplia distribución, sin embargo el área real de ocupación es de unos 2000 km<sup>2</sup>, ya que ocupa solamente áreas montañosas o serranas a unos 500-1500 m.s.n.m. En nuestra provincia *Grammostolavachoni* habita en las Sierras Australes o de Ventania y en las Sierras Septentrionales o de Tandilia. Dichas sierras se caracterizan por su gran diversidad de especies y su alto número de endemismos. Además albergan los últimos relictos de pastizal de la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, estos ambientes se encuentran sometidos a diferentes disturbios como urbanización, agricultura y ganadería.

*Grammostolavachoni* ha sido recientemente categorizada e incluida en la **Lista Roja** de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) bajo el estado de vulnerable. Entre las amenazas que sufre, se destacan la pérdida y fragmentación de su hábitat y la captura de ejemplares para el mercado internacional como mascotas. Con respecto al mascotismo, algunas especies del género *Grammostola* se han vuelto populares en varios países, por ejemplo, en Uruguay, más de 600 individuos y 50 sacos de huevos de *Grammostolaanthracina* fueron confiscados por el tráfico ilegal en el 2007.

El aislamiento y el tamaño limitado de la mayoría de las reservas del país determinan que las mismas actúen como “islas continentales”, provocando que las especies endémicas (con distribuciones reducidas y requerimientos específicos) se vuelvan más vulnerables a los disturbios. Por lo tanto, como estrategia de conservación, es importante desarrollar medidas para proteger animales de percepción negativa, como las tarántulas, que se suelen dejar de lado en el diseño de planes de acción de las áreas protegidas. Además resulta relevante generar información que permita optimizar la conservación de los pastizales naturales, áreas valiosas por los numerosos servicios ambientales que brindan y por la fauna y flora que albergan.

## Leonela Schwerdt

Lic. en Ciencias Biológicas, becaria del CERZOS (UNS-CONICET)