

# INDICE VOL. XII - Nº 2. Año 2008

## PRODUCCIÓN VEGETAL

página

### Mejora de la productividad de la mandarina 'Nova': aspectos fisiológicos y medidas de manejo

Gambetta, G.; Borges, A.; Espino, M.; da Cunha Barros, M.; Rivas, F.; Arbiza, H.; Gravina, A. .... 1

### Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot

González-Neves, G.; Ferrer, M. .... 10

## PROTECCIÓN VEGETAL

### Botryosphaeriaceae from Eucalyptus and Native Myrtaceae in Uruguay

Pérez, C. A.; Altier, N.; Simeto, S.; Wingfield, M. J.; Slippers, B.; Blanchette, R. A. .... 19

### Efeito de produtos químicos e naturais sobre o controle de *Pratylenchus* spp. e meloidogyne javanica em cana de açúcar

Silva de Oliveira, F.; Rúbia da Rocha, M.; Batista Duarte, J.; Andrade Teixeira, R.; Oliveira Faleiro, V. .... 31

### Tecnología de aplicación para el control de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en invernaderos de tomate

Olivet J. J.; Val L. .... 40

### Caracterización de las poblaciones de enemigos naturales de *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae)

Ribeiro, A.; Castiglioni, E. .... 48

## SUELOS Y AGUAS

### Incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo en el modelo USLE/RUSLE para estimar erosión en Uruguay

Hill, M.; García Prechac, F.; Terra, J.; Sawchik, J. .... 57

## PRODUCCIÓN ANIMAL Y PASTURAS

### Degradación de tejidos foliares en *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *E. scabriglumis* (Gramineae)

Nuciari, M.C. .... 68

## CIENCIAS SOCIALES

### NOTA TÉCNICA

### Capacidades de investigación en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales en Uruguay

Bianco M.; Cajarville C.; Castro, A.; Dalla Rizza M.; Ungerfeld R. .... 78

### Población rural y forestación: estudio de la dinámica poblacional en los territorios forestales del Uruguay

Riella, A.; Ramírez, J. .... 85

## Mejora de la productividad de la mandarina ‘Nova’: aspectos fisiológicos y medidas de manejo

Gambetta, G.<sup>1</sup>; Borges, A.<sup>2</sup>; Espino, M.<sup>1</sup>; da Cunha Barros, M.<sup>1</sup>; Rivas, F.<sup>3</sup>; Arbiza, H.<sup>1</sup>; Gravina, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, C.P. 12900. Montevideo, Uruguay. gambetta@fagro.edu.uy

<sup>2</sup>Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, C.P. 12900. Montevideo, Uruguay.

<sup>3</sup>Mejoramiento Genético de Cítricos, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Salto, Uruguay. C. Correo 68033.

Recibido:6/5/08 Aceptado: 15/12/08

### Resumen

En las condiciones del sur de Uruguay la mandarina híbrida ‘Nova’ presenta un comportamiento agronómico de tipo improductivo. Su brotación y floración es abundante, especialmente en los primeros años de producción, presentando baja relación hoja:flor y un muy bajo porcentaje de cuajado de frutos. Con el objetivo de mejorar su productividad se realizaron dos experimentos donde se evaluó el impacto de diferentes medidas de manejo sobre la intensidad de brotación y floración, dinámica de abscisión, cuajado final de frutos y componentes del rendimiento. El ácido giberélico ( $GA_3$ , 40 mg L<sup>-1</sup>) aplicado durante la ecodormición invernal (junio), redujo la intensidad de floración, a través de la disminución de la brotación e incremento en el porcentaje de brotes con hojas. Si bien esta modificación incrementó el porcentaje de cuajado, no produjo una mejora significativa del rendimiento. Aplicado en plena floración, el  $GA_3$  (50 mg L<sup>-1</sup>) retrasó la abscisión de frutitos, pero no mejoró el cuajado final y provocó disminución del tamaño de los frutos. El anillado de tronco 30 días post-antesis, tampoco incrementó el cuajado en el experimento que se realizó. Sin embargo, la combinación del  $GA_3$  invernal con anillado aumentó el cuajado resultando en una mejora consistente del rendimiento y se presenta como una alternativa promisoriosa de manejo productivo.

**Palabras clave:** abscisión, ácido giberélico, anillado, *Citrus*

### Summary

## Improvement of ‘Nova’ mandarin productivity: physiological aspects and agricultural practices

Under Uruguayan southern conditions ‘Nova’ mandarin behaves as a low yielding cultivar. During the first years after planting, it shows high flowering intensity, low leaf:flower ratio and extremely low fruit set. To improve its productivity, different cultural practices were evaluated over two experiments. Flowering intensity, pattern of fruitlet abscission, final fruit set and yield were measured. Gibberellic acid ( $GA_3$ , 40 mg L<sup>-1</sup>) sprayed during winter period (June), significantly reduced flowering intensity due to a reduction in the sprouting intensity accompanied by an increase in the proportion of leafy shoots. Although  $GA_3$  applied at this stage increased final fruit set, it did not significantly improve yield.  $GA_3$  applied at full bloom (50 mg L<sup>-1</sup>), delayed fruitlet abscission, but had no effect on final fruit set, and reduced fruit size. Girdling carried out 30 days after full bloom did not improve fruit set in the performed experiment. However, when combined with a winter  $GA_3$  application, increased final fruit set and yield. Therefore, we conclude that this combined practice is the most suitable to enhance ‘Nova’ mandarin productivity.

**Key words:** abscission, *Citrus*, gibberellic acid, girdling

## Introducción

La mandarina ‘Nova’, híbrido de mandarina ‘Dancy’ por tangelo ‘Orlando’, ha sido uno de los cultivares cítricos de mayor incremento en superficie plantada y producción en las dos últimas décadas en el Uruguay, ocupando el segundo lugar en número de plantas y el tercero en producción dentro del grupo de mandarinas e híbridos (MGAP-DIEA, 2009). Sus frutos se caracterizan por una excelente calidad externa, así como buen sabor, alto porcentaje de jugo y prolongada vida post-cosecha (Saunt, 2000). Su comportamiento agronómico en las condiciones agroecológicas de nuestro país, en ausencia de polinización cruzada, no es satisfactorio. Arias *et al.* (1996) reportan para plantas jóvenes en la zona de Paysandú (Uruguay, 31° LS), altos niveles de floración y bajos porcentajes de cuajado, no logrando alcanzar buenos rendimientos. Un exhaustivo estudio realizado por Rivas *et al.* (2004) en la zona de Kiyú (Uruguay, 35° LS), confirma la existencia de problemas de cuajado tanto en la fase inicial como final del período de caída fisiológica, pudiendo clasificarla como un cultivar de tipo improductivo.

En cultivares con este tipo de comportamiento se han evaluado medidas de manejo para incrementar y regularizar la producción. La aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ) en el período de inducción floral ha sido citado como eficaz en la disminución de la floración y en forma indirecta en la mejora del cuajado en tangor ‘Ellendale’ de similar hábito productivo, a través de un incremento en la relación hoja:flor (Gravina *et al.*, 1996).

La aplicación de  $GA_3$  en plena floración ha demostrado incrementar significativamente el cuajado en cultivares autoincompatibles como Clementina ‘Fina’ (El-Otmani *et al.*, 1992), naranja ‘Navelate’ (Agustí *et al.*, 1982a) o en los híbridos ‘Minneola’, ‘Nova’, ‘Orlando’, ‘Osceola’ y ‘Robinson’ (Krezdorn y Jernberg, 1977; Goren, *et al.*, 1992). Sin embargo, ha sido poco consistente o ineficiente en cultivares de bajo índice de partenocarpia natural como ‘Ellendale’ (Gravina *et al.*, 1994; Rabe y van Rensburg, 1996). El efecto de la aplicación de  $GA_3$  en esta etapa se asocia a los contenidos endógenos de giberelinas y por tanto, en aquellas variedades con niveles deficitarios, se hace evidente el estímulo sobre el cuajado (Talón *et al.*, 1992).

El anillado de tronco o ramas realizado desde 15 días pre-antesis (Rivas *et al.*, 2006b) hasta 30 días post-caída de pétalos (Agustí *et al.*, 1992; Duarte y Guardiola, 1996; Rabe y van Rensburg, 1996; Rivas *et al.*, 2006b)

ha sido citado como una medida eficiente en la mejora del cuajado en cultivares improductivos. El modo de acción del anillado se ha relacionado con cambios en el contenido hormonal en la planta (Wallerstein *et al.*, 1973), pero la hipótesis general hace relación a cambios en el transporte y acumulación de carbohidratos en la parte aérea (Wallerstein *et al.*, 1974; Rivas *et al.*, 2006b, 2007).

En el presente trabajo se estudia el efecto de estas medidas de manejo aplicadas en forma individual o combinadas sobre la floración, el cuajado de frutos y el rendimiento de la mandarina ‘Nova’ en las condiciones agroecológicas del sur del Uruguay.

## Materiales y métodos

Se realizaron dos experimentos en un establecimiento comercial en el departamento de San José (35° LS). Se utilizaron plantas jóvenes en producción (7-8 años de edad) de mandarina ‘Nova’ [*Citrus reticulata* Hort.ex Tan. × (*C.paradisi* McF. × *C.tangerina* Hort.ex Tan)], injertadas sobre *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., con una distancia de plantación de 5.5 × 3 m y bajo las condiciones de fertirriego realizadas en el establecimiento. La fertilización aplicada por hectárea en cada ciclo productivo fue de 110 unidades de N, 60 de P, 25 de K, 10 de Ca, 15 de Mg y 2 de Zn. El riego se realizó en función de la evapotranspiración del cultivo, calculada a partir de la siguiente ecuación:  $ET_c = ET_o \times K_c$ , donde  $ET_o$  es la evapotranspiración de referencia (Allen *et al.*, 1998), estimada con datos de una estación meteorológica de la quinta y  $K_c$  es el coeficiente de cultivo para cítricos en Uruguay (García y Castel, 2007).

*Experimento 1.* Se realizaron seis tratamientos, en un diseño de parcelas al azar, con seis repeticiones y un árbol como unidad experimental (Cuadro 1). Se seleccionaron plantas con bajo rendimiento (promedio de 19 kg planta<sup>-1</sup>) en la cosecha del año anterior.

Se aplicó  $GA_3$  en invierno, durante el período de mayor sensibilidad registrado en Uruguay por Gravina *et al.* (1996). La concentración fue de  $GA_3$  40 mg L<sup>-1</sup> y se acidificó la solución a pH 4.5 con  $H_3PO_4$ . Se agregó un adherente no iónico (Dusilan SP) a razón de 0.25 ml L<sup>-1</sup> de agua. Las aplicaciones se realizaron a punto de goteo con pulverizadora y el gasto fue de 3.5 L planta<sup>-1</sup>. La aplicación de  $GA_3$  en primavera se hizo en antesis (aproximadamente 50 % de flores abiertas) a una concentración de 50 mg L<sup>-1</sup> y en las mismas condiciones que la aplicación invernal. El anillado se realizó 30 días post-antesis (DPA) y consistió en un corte de 1 mm de an-

**Cuadro 1.** Tratamientos realizados en los dos experimentos en mandarina 'Nova', Kiyú, 35°LS, Uruguay.

Tratamientos	Experimento 1	Experimento 2
T1	Control Alta Flor (AF) <sup>z</sup>	Control Alta Flor (AF)
T2	GA <sub>3</sub> (I) <sup>y</sup> + GA <sub>3</sub> (P) <sup>x</sup>	AF-GA <sub>3</sub> (I)
T3	GA <sub>3</sub> (I) + Anillado <sup>w</sup>	AF-GA <sub>3</sub> (I) + Anillado
T4	Anillado	Control Media Flor (MF)
T5	GA <sub>3</sub> (P)	MF-GA <sub>3</sub> (I) + Anillado
T6	GA <sub>3</sub> (I)	Control Baja Flor (BF)

<sup>z</sup>AF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

<sup>y</sup>GA<sub>3</sub> (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg L<sup>-1</sup>).

<sup>x</sup>GA<sub>3</sub> (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg L<sup>-1</sup>).

<sup>w</sup>Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

cho, rodeando completamente el tronco (10-20 cm por debajo de la inserción de las ramas principales), con navajas de filo circular, sin llegar a dañar el xilema.

*Experimento 2.* Se utilizaron plantas con tres niveles de rendimiento, alto (54 kg planta<sup>-1</sup>), medio (37 kg planta<sup>-1</sup>) y bajo (10 kg planta<sup>-1</sup>), con baja floración esperada (menos de 20 flores cada 100 nudos), media (entre 20 y 70) y alta (más de 70 flores cada 100 nudos) en la siguiente primavera (BF, MF, AF respectivamente). Se consideró un control para cada situación. En AF se aplicó GA<sub>3</sub> invernal sólo (40 mg L<sup>-1</sup>) o combinado con anillado (30 DPA) y en MF se realizó el tratamiento combinado. El diseño y número de repeticiones fue el mismo que en el experimento 1 (Cuadro 1).

En todos los experimentos se seleccionaron cuatro ramas por árbol conteniendo al menos 300 nudos cada una, en madera de menos de un año. En antesis (50 % flores abiertas) se contabilizó el número de nudos totales, número y tipo de brote y número total de flores y hojas por brote. Con esta información se determinó la intensidad de floración y brotación y su distribución porcentual por tipo de brote. A partir de los siete días de la antesis y con una frecuencia de aproximadamente 20 días hasta el fin de la caída fisiológica, se contabilizó el número de frutitos presentes en las ramas seleccionadas, para el estudio de la dinámica de abscisión. Al final de la caída fisiológica, se contabilizó el número de frutos en las mismas ramas para establecer el porcentaje de cuajado final por tratamiento.

La cosecha se realizó de acuerdo a criterios comerciales y se cuantificó el número de frutos y el rendimiento (kg por árbol) y con estos datos se determinó el peso medio de los frutos.

*Análisis estadísticos.* Las variables continuas se analizaron por el Modelo Lineal General (procedimiento GLM del Programa SAS/STAT®, 1997) y la separación de medias por prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las proporciones se analizaron por razón de verosimilitud, utilizando el Modelo Lineal Generalizado (procedimiento GENMOD del Programa SAS/STAT®, 1997), asumiendo distribución binomial con función de enlace logit ( $\log [p/(1-p)]$ ). Para poder comparar la dinámica de abscisión de cada tratamiento se ajustaron curvas logísticas y se compararon los parámetros de las curvas a través de una prueba de Chi cuadrado. Adicionalmente, se construyeron intervalos fiduciales de confianza ( $1-\alpha = 0.95$ ) para determinar los días en que cayó el 50 y el 75 % de los frutos en cada tratamiento.

## Resultados y discusión

### Efecto de la aplicación de GA<sub>3</sub> invernal sobre la brotación y floración

La floración en el experimento 1 y en la situación de alta floración del experimento 2, se ubicó en intensidades altas, mayores a 100 flores/100 nudos (Cuadro 2).

La aplicación invernal de GA<sub>3</sub> (40 mg L<sup>-1</sup>) provocó una disminución significativa de la intensidad de floración en el experimento 1 y tendió a hacerlo en el experimento 2, reduciéndola a una intensidad similar al control de floración media en dicho experimento. En la situación de media floración, la aplicación logró un descenso significativo de la misma, alcanzando el nivel del control de baja floración. En todos los casos la reducción se dio a través de la disminución de la intensidad

**Cuadro 2.** Intensidad de floración expresada como flores/100 nudos en árboles control y tratados con GA<sub>3</sub> invernal, mandarina ‘Nova’. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Tratamiento	Experimento 1	Experimento 2
Control AF <sup>z</sup>	167 a <sup>y</sup>	103 a
AF- GA <sub>3</sub> (I) <sup>x</sup>	117 b	71 ab
Control MF	--	55 b
MF- GA <sub>3</sub> (I)	--	22 c
Control BF	--	19 c

<sup>z</sup>AF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

<sup>y</sup>GA<sub>3</sub> (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg L<sup>-1</sup>).

<sup>x</sup>GA<sub>3</sub> (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L<sup>-1</sup>).

<sup>v</sup>Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

de la brotación (brotes/100 nudos) y de cambios en la distribución de los diferentes brotes (Cuadro 3). En este sentido, lo más relevante fue la disminución de los brotes de flor solitaria y el incremento de los tres tipos de brote con hojas (vegetativos, de flor terminal y mixtos).

Resultados similares se han obtenido en nuestras condiciones en tangor ‘Ellendale’ (Gravina *et al.*, 1996). El efecto del GA<sub>3</sub> se traduce en una redistribución de brotes, con incremento de los brotes con hojas y su eficiencia disminuye a medida que la floración natural se incrementa. A su vez la respuesta está asociada a la concentración utilizada y al momento de mayor sensibilidad

**Cuadro 3.** Influencia de la aplicación de GA<sub>3</sub> invernal en la brotación y distribución porcentual por tipo de brote en mandarina ‘Nova’. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Experimento	Tratamiento	Brotes/100 nudos	Tipo de Brote (%)				
			Vegetativo	Terminal	Mixto	Solitario	Inflorescencia
1	Control	100 a <sup>z</sup>	0.2 b	0.6 b	5.9 b	63.2 a	30.2 a
	GA <sub>3</sub> (I) <sup>y</sup>	65 b	3.5 a	4.8 a	16.9 a	46.5 b	33.1 a
2	Control AF <sup>x</sup>	74 a	0.9 d	1.4 d	5.5 c	72.9 a	19.3 b
	AF-GA <sub>3</sub> (I)	38 b	3.6 c	5.1 c	10.9 ab	44.8 b	35.5 a
	Control MF	35 b	11.0 b	12.1 b	11.4 ab	46.6 b	18.9 b
	MF-GA <sub>3</sub> (I)	19 c	39.2 a	24.4 a	15.6 a	13.9 c	7.0 c
	Control BF	20 c	36.0 a	18.2 a	8.1 bc	24.0 c	13.3 bc

<sup>z</sup>Letras diferentes en columnas dentro de cada experimento indican diferencias significativas (p<0.05).

<sup>y</sup>GA<sub>3</sub> (I): 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40mg L<sup>-1</sup>).

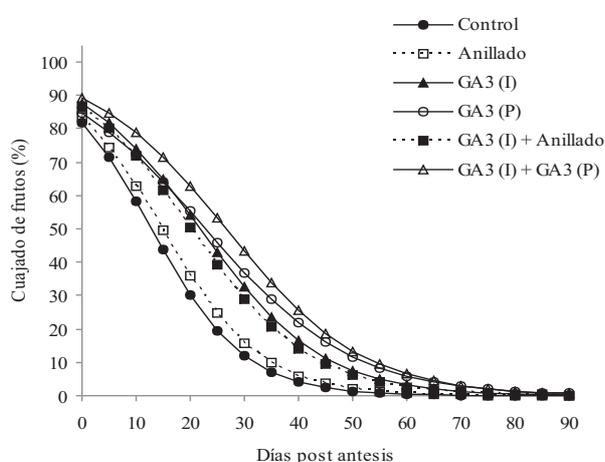
<sup>x</sup>AF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

de las yemas (Iwahori y Oohata, 1981; Lord y Eckard, 1987; El-Otmani *et al.*, 2000).

### Cuajado de frutos

El cuajado final en cítricos está asociado a factores externos como el estado hídrico de las plantas y la temperatura, las cuales fueron comunes a todos los tratamientos. En términos generales un incremento en la intensidad de floración disminuye el cuajado de todos los tipos de brote y por lo tanto del árbol (Agustí *et al.*, 1982b; Guardiola *et al.*, 1984). Dentro de los factores endógenos que regulan el cuajado, los frutos ubicados en brotes con hojas se han reportado como los de mayor probabilidad de supervivencia por la cercanía de la fuente (Jahn, 1973), por su aparición más tardía en la estación lo que les permite un régimen térmico más favorable (Lovatt *et al.*, 1984), por el mayor diámetro de los haces vasculares (Erner y Shomer, 1996) y por presentar un balance endógeno GA<sub>3</sub>:ABA más alto que los brotes sin hojas (Sagee y Erner, 1991). A nivel nacional Da Cunha Barros y Gravina (2006) en Ortanique y Rivas *et al.* (2006a), en ‘Nova’ también encontraron mayor porcentaje de cuajado en brotes con hojas, especialmente en los uniflorales. Adicionalmente, los primeros autores reportan que los brotes con más de cinco hojas presentan mayor porcentaje de cuajado que los brotes con cuatro hojas o menos.

La evolución de la abscisión de estructuras reproductivas a partir de la antesis, evaluada en el experimento 1, evidenció un comportamiento diferencial entre tratamientos (Figura 1). Las pendientes de las curvas ajustadas de los dos tratamientos que incluyeron GA<sub>3</sub> en primavera fueron diferentes al control, lo que representa una dinámica de abscisión distinta.



**Figura 1.** Evolución del cuajado de frutos por tratamiento en mandarina 'Nova', Experimento 1: curvas logísticas ajustadas con datos correspondientes a 24 ramas por tratamiento. GA<sub>3</sub> (I): aplicado 19/6 (40 mg L<sup>-1</sup>), GA<sub>3</sub> (P): aplicado con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg L<sup>-1</sup>) y Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

Adicionalmente, y en relación con los datos cuantificados, las plantas tratadas con GA<sub>3</sub> invernal, primavera o en ambos momentos, significativamente retuvieron por más tiempo el 50 y el 25 % de los frutos que las plantas control (Figura 2). Mientras que en éste la abscisión del 50 y 75 % de los frutos se produjo en solo 13 y 22 días respectivamente, con el tratamiento com-

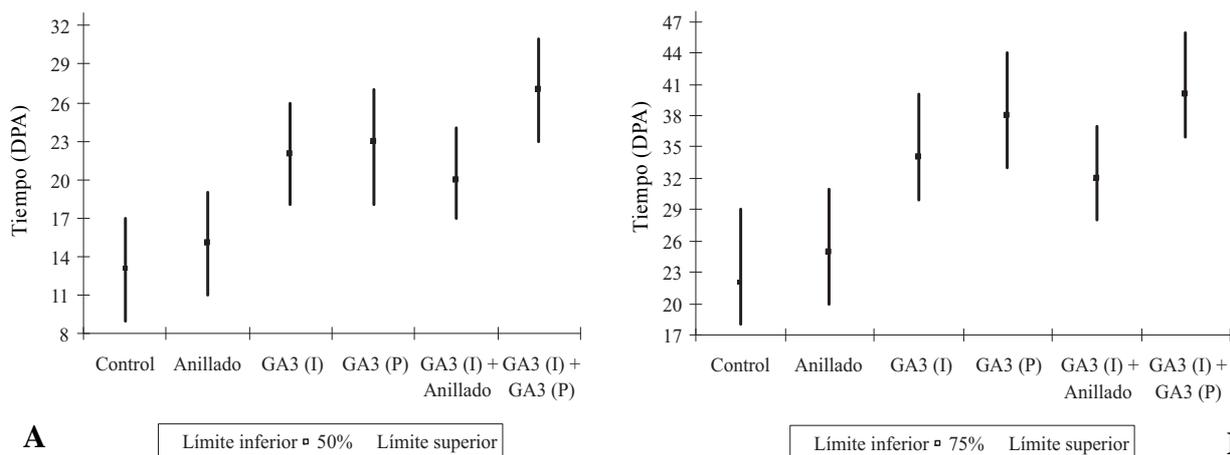
binado dichos porcentajes de caída se completaron en 27 y 40 días.

El cuajado final en las plantas tratadas con GA<sub>3</sub> invernal (aplicación individual, o combinada con GA<sub>3</sub> en primavera, o anillado) fue significativamente mayor al control (Cuadro 4), confirmando reportes previos de Gravina *et al.* (1996) en 'Ellendale'. El mismo resultado se encontró en la situación de floración media del experimento 2.

Esto puede explicarse por la disminución de la intensidad de floración y por el cambio en la brotación causado por el GA<sub>3</sub> invernal, verificándose un mayor porcentaje de brotes vegetativos, de flor terminal y mixtos en relación al control (Cuadro 3).

El anillado como medida de manejo individual no modificó el cuajado de frutos en el experimento que se realizó (Cuadro 4). Esta práctica, sin embargo, ha demostrado ser efectiva en la mayoría de las especies y variedades de frutales (Agustí *et al.*, 1992; Goren *et al.*, 2003; Gravina *et al.*, 1998).

Los resultados obtenidos con aplicación de GA<sub>3</sub> en primavera son similares a los encontrados por Talón *et al.* (2001) en mandarina 'Nova', por Gravina *et al.* (1994) en 'Ellendale' y Espino *et al.* (2005) en 'Ortanique', no confirmando datos previos de Krezdorn y Jernberg (1977) y Goren *et al.* (1992) en varios híbridos. Considerando globalmente las medidas de manejo asociadas al comportamiento fisiológico, se sugiere que en las variedades que no responden a la apli-



**Figura 2.** Tiempo (días post floración) en que se alcanzó el 50 % (A) y el 75 % (B) de abscisión de estructuras reproductivas [intervalos fiduciales de confianza ( $1 - \alpha = 0.95$ )], por tratamiento en mandarina 'Nova'. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones. GA<sub>3</sub> (I): aplicado 19/6 (40 mg.L<sup>-1</sup>), GA<sub>3</sub> (P): aplicado con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L<sup>-1</sup>) y Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

**Cuadro 4.** Porcentaje final de cuajado por tratamiento en condiciones de alta floración, mandarina 'Nova'. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Tratamiento	Cuajado de frutos (%)	
	Experimento 1	Experimento 2
Control AF <sup>z</sup>	0.57 c <sup>y</sup>	1.57 b
GA <sub>3</sub> (I) <sup>x</sup>	1.26 a	2.63 a
GA <sub>3</sub> (P) <sup>w</sup>	0.79 bc	--
Anillado <sup>v</sup>	0.51 c	--
GA <sub>3</sub> (I) + GA <sub>3</sub> (P)	1.65 a	--
GA <sub>3</sub> (I) + Anillado	1.17 ab	2.81 a

<sup>z</sup>AF: alta floración.

<sup>y</sup>Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>x</sup>GA<sub>3</sub> (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg.L<sup>-1</sup>).

<sup>w</sup>GA<sub>3</sub> (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L<sup>-1</sup>).

<sup>v</sup>Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

cación de GA<sub>3</sub> en floración, el factor limitante para la producción no es el cuajado inicial sino la alta tasa de abscisión posterior, relacionada más a la competencia por carbohidratos que a una restricción del aporte de giberelinas.

La abscisión de estructuras reproductivas inmediatamente después de la antesis, se atribuye básicamente a factores de tipo hormonal, y la aplicación de un estímulo exógeno como el GA<sub>3</sub> detiene la caída transitoria. El cambio encontrado en la dinámica de abscisión, indica un estímulo inicial del cuajado en respuesta al aporte hormonal exógeno que se evidencia en

variedades con bajos niveles endógenos de giberelinas, tal como lo reporta Talón *et al.* (1992) y que sería también válido para 'Nova'. En la segunda etapa, cuando los aportes de carbohidratos se vuelven más limitantes dada la intensidad de la competencia, la abscisión aumenta (Mehouachi *et al.*, 1995; Rivas *et al.*, 2006b).

Nuestros resultados indican que los tratamientos combinados de GA<sub>3</sub> en invierno con anillado post-antesis, o la doble aplicación de GA<sub>3</sub> en invierno y primavera, resultaron consistentes en la mejora del cuajado final. Aunque la aplicación individual de GA<sub>3</sub> en floración no mejoró el cuajado final, se sugiere que potencia los resultados obtenidos con la aplicación invernal.

### Rendimiento y tamaño de fruto

En correspondencia con los resultados en floración y cuajado, el rendimiento por árbol se incrementó en varios de los tratamientos, siendo significativo en la combinación de GA<sub>3</sub> invernal con anillado en las dos situaciones de alta floración. El mayor rendimiento obtenido con esta combinación, se explica por el incremento en el número de frutos cosechados que solo alcanzó significancia estadística en el experimento 2 (Cuadros 5 y 6).

En dicho experimento los controles de intensidad de floración media y baja, alcanzaron rendimientos superiores al control de alta floración y muy similares entre sí, vinculado al porcentaje de cuajado alcanzado en ambos casos. En relación a los tratamientos, es relevante el resultado obtenido en alta floración con el tratamiento combinado de GA<sub>3</sub> invernal y anillado, ya que además de superar significativamente al control de dicha intensidad, iguala en el rendimiento y sus componentes a los controles de floración media y baja (Cuadro 6). Estos dos, en los que se obtuvieron altos rendi-

**Cuadro 5.** Rendimiento, número de frutos por planta y peso medio de frutos por tratamiento, mandarina 'Nova'. Experimento 1. Cada valor corresponde al promedio de 6 árboles.

Tratamientos	Rendimiento (kg/planta)	Número de frutos/planta	Peso medio de fruto (g)
Control	38.3 b <sup>z</sup>	475 ab	84.5 a
GA <sub>3</sub> (I) <sup>y</sup>	46.5 ab	579 ab	82.0 ab
GA <sub>3</sub> (P) <sup>x</sup>	38.1 b	563 ab	68.5 b
Anillado <sup>w</sup>	39.5 ab	418 b	92.9 a
GA <sub>3</sub> (I) + GA <sub>3</sub> (P)	42.1 ab	616 ab	68.4 b
GA <sub>3</sub> (I) + Anillado	56.1 a	694 a	81.8 ab

<sup>z</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>y</sup>GA<sub>3</sub> (I): aplicado en invierno: 19/6, (40 mg.L<sup>-1</sup>).

<sup>x</sup>GA<sub>3</sub> (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L<sup>-1</sup>).

<sup>w</sup>Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

**Cuadro 6.** Rendimiento, número de frutos por planta y peso medio de frutos por tratamiento, mandarina 'Nova'. Experimento 2. Cada valor corresponde al promedio de 6 árboles.

Tratamientos	Rendimiento (kg/planta)	Número de frutos/planta	Peso medio de fruto (g)
Control AF <sup>z</sup>	64.8 b <sup>y</sup>	772 b	84.2 ns
AF-GA <sub>3</sub> (I) <sup>x</sup>	59.1 b	892 ab	67.2 ns
AF-GA <sub>3</sub> (I) + Anillado <sup>w</sup>	81.9 a	1096 a	74.7 ns
Control MF	78.7 ab	1141 a	69.5 ns
MF-GA <sub>3</sub> (I) + Anillado	84.1 a	1144 a	73.8 ns
Control BF	80.4 ab	1020 ab	82.5 ns

<sup>z</sup>AF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

<sup>y</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>x</sup>GA<sub>3</sub>(I): aplicado en invierno: 27/6, (40 mg L<sup>-1</sup>).

<sup>w</sup>Anillado: realizado 30 días post antesis, 4/11.

mientos (superiores a 80 kg y 1000 frutos por planta), indican que la mandarina 'Nova' en situaciones de floraciones ubicadas entre 20-50 flores cada 100 nudos, no presenta problemas de cuajado y logra alta producción sin necesidad de un manejo específico.

En ambos experimentos, ninguna de las medidas individuales aplicadas presentó resultados consistentes. El GA<sub>3</sub> aplicado en invierno, aunque incrementó ligeramente el número de frutos cosechados, no fue suficiente para mejorar significativamente el rendimiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Duarte *et al.* (2006) en satsuma 'Clausellina', Espino *et al.* (2005) en 'Ortanique' y Gravina *et al.* (1996) en 'Ellendale', los que reportan que como medida individual en general es insuficiente para mejorar la productividad. El anillado, en las condiciones del experimento, no mejoró el cuajado ni los componentes del rendimiento, a diferencia de lo reportado anteriormente (Goren *et al.*, 2003; Gravina *et al.*, 1998; Rivas *et al.*, 2006b). El GA<sub>3</sub> en primavera no mejoró el rendimiento y, adicionalmente, provocó disminución significativa en el peso promedio de frutos.

La mayor efectividad se logra al combinar el tratamiento de GA<sub>3</sub> invernal con el anillado 30 días post-antesis, lo que se puede explicar a través de lo publicado por Rivas *et al.* (2007), donde se demuestra que el anillado de ramas o tronco, incrementa el cuajado final exclusivamente en brotes con hojas, debido a un aumento de la eficiencia fotosintética de las hojas nuevas que acompañan a los frutitos en desarrollo. En las condiciones de nuestros experimentos, la aplicación de GA<sub>3</sub> invernal, aumentó el porcentaje de brotes con hojas, y con el anillado el cuajado final y el rendimiento.

En general, el rendimiento final en cítricos presenta una correlación positiva con el número de frutos cosechados (Guardiola, 1988). Nuestros resultados, indican

valores de correlación de  $r = 0.97$  y  $0.72$  en ambos experimentos, respectivamente. En algunos casos, el aumento en el número de frutos por planta, se tradujo en una tendencia a disminuir el peso promedio de los mismos, efecto citado previamente por Goldschmidt y Monselise (1977) y Guardiola (1988). El menor peso promedio de frutos con aplicación de GA<sub>3</sub> en primavera no puede ser atribuido al número de frutos, ya que presenta valores similares a los demás tratamientos (Cuadro 5). La disminución del peso promedio de frutos puede ser debida al estímulo del cuajado inicial (Figura 1), lo cual mantiene durante más tiempo la competencia por metabolitos entre los frutos. En esta fase el crecimiento se reduce (Guardiola *et al.*, 1984) y de mantenerse los frutos en el árbol, el tamaño final se ve afectado negativamente. Este efecto fue reportado para el híbrido 'Fortune' por Rivas *et al.* (2006b) y es sustentado por otros trabajos que sostienen que el tamaño del ovario en las fases del desarrollo de la flor y frutito es determinante del tamaño final (Guardiola, 1988).

Con estos resultados se verifica que la redistribución por tipo de brote como consecuencia de la aplicación exógena de GA<sub>3</sub> (40 mg L<sup>-1</sup>) durante el período inductivo, tiene un efecto indirecto en la mejora del cuajado. Por otra parte, el tratamiento de GA<sub>3</sub> (50 mg L<sup>-1</sup>) aplicado en antesis, retrasa la abscisión, sin lograr un incremento significativo del cuajado final de frutos.

Desde el punto de vista agronómico, se puede concluir que la aplicación de GA<sub>3</sub> invernal combinada con anillado de tronco 30 días post-antesis, incrementa en forma consistente la productividad de mandarina 'Nova' en situaciones de alta floración. Con floraciones de menor intensidad y mayor porcentaje de brotes con hojas, el cuajado y la producción de 'Nova' alcanza niveles satisfactorios sin medidas específicas de manejo. Estos resultados señalan la necesidad de un manejo

diferencial de las plantas, tendiente a regularizar la floración y consecuentemente la producción en una misma parcela.

### Agradecimientos

Trabajo financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República, Uruguay. Se agradece a los Ingenieros Agrónomos Alegre Sasson y Federico Montes, y al Sr. Roberto Marrero por la cesión del establecimiento para la realización del trabajo y la colaboración en las tareas de aplicación de tratamientos y cosecha.

### Bibliografía

- Agustí, M.; García-Marí, F. and Guardiola, J. L.** 1982a. Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. *Sci. Hort.* 17:257-264.
- Agustí, M.; García-Marí, F. and Guardiola, J. L.** 1982b. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Sci.Hortic.* 17:343-352.
- Agustí, M.; Almela, V. and Pons, J.** 1992. Effects of girdling on alternate bearing in Citrus. *J. Hort. Sci.* 67:203-210.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. and Smith, M.** 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56, FAO, Rome.
- Arias, M.; Ronca, F.; Arbiza, H. and Gravina, A.** 1996. Reproductive Phenological Behaviour of 'Nova' and 'Clementina de Nules' mandarins in Uruguay. *Proc.Int.Soc.Citriculture.* 2:1052-1056.
- Da Cunha Barros, M. y Gravina, A.** 2006. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tanger Ortanique. *Agrociencia X* (1):37-46.
- Duarte, A. M. and Guardiola, J. L.** 1996. Flowering and fruit set of 'Fortune' hybrid mandarin. Effect of girdling and growth regulators. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):1069-1071.
- Duarte, A. M.; García-Luis, A.; Molina, R. V.; Monerri, C.; Navarro, V.; Nebauer, S. G.; Sánchez-Perales, M. and Guardiola, J. L.** 2006. Long-term effect of winter gibberellic acid sprays and auxin applications on crop value of 'Clausellina' Satsuma. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(5):586-592.
- El-Otmani, M.; Ben Ismail, M.; Ait Oubahou, M. and Achouri, M.** 1992. Growth regulators use on 'Clementine' mandarin to improve fruit set. *Proc.Int.Soc.Citriculture* (1):500-508.
- El-Otmani, M.; Coggins, Ch.; Agustí, M. and Lovatt, C.** 2000. Plant growth regulators in Citriculture: World current uses. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 19(5):395-447.
- Erner, Y. and Shomer, I.** 1996. Morphology and anatomy of stems and pedicels of spring flush shoots associated with Citrus fruit set. *Ann. Bot.* 77:537-545.
- Espino, M.; Borges, A.; da Cunha Barros, M.; Gambetta, G. y Gravina, A.** 2005. Manejo de la floración y cuajado en tanger 'Ortanique'. *Memorias 2º Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus.* Facultad de Agronomía Montevideo, Uruguay: CD, N° 16: 4p.
- García Petillo, M. and Castel, J.R.** 2007. Water balance and crop coefficient (Kc) estimation of a citrus orchard in Uruguay. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 5(2): 232-243.
- Goldschmidt, E. E. and Monselise, S. P.** 1977. Physiological assumptions toward the development of Citrus fruiting model. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1):668-672.
- Goren, R.; Huberman, M. and Goldschmidt, E. E.** 2003. Girdling: physiological and horticultural aspects. *Hort.Rev.* 30:1-36.
- Goren, R.; Huberman, M. and Riov, J.** 1992. Effects of gibberellins and girdling on the yield of 'Nova' (Clementin' x 'Orlando' tangelo) and 'Niva' ('Valencia' x Wilking'). *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1): 493-499.
- Gravina, A.; Arbiza, H. y Balbi, V.** 1994. Efecto de aplicaciones de ácido giberélico y anillado sobre la producción de tanger 'Ellendale' (*C.sinensis* L.Osb. X *C.reticulata* Bl.) en Uruguay. *Fruticultura Profesional.* 61:17-22.
- Gravina, A.; Arbiza, H.; Juan, M.; Almela, V. and Agustí, M.** 1996. Flowering-fruiting interrelationships in 'Ellendale' tanger under the growing conditions of Spain and Uruguay. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):1081-1085.
- Gravina, A.; Juan, M.; Arbiza, H.; Almela, V.; Coelli, V. y Agustí, M.** 1998. Respuesta productiva de tanger 'Ellendale' (*C.sinensis* L.Osb. X *C.reticulata* Bl.) a diferentes fechas de anillado. *Agrociencia II* (1):112-116.
- Guardiola, J. L.** 1988. Factors limiting productivity in Citrus. A physiological approach. *Proc. 6th Int. Citrus Congress* (1):381-394.
- Guardiola, J. L.; García-Marí, F. and Agustí, M.** 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiol. Plant.* 62:297-302.
- Iwahori, S. and Oohata, J.** 1981. Control of flowering of 'Satsuma' mandarins (*Citrus unshiu* Marc.) with gibberellin. *Proc.Imt.Soc. Citriculture* (1): 247-249.
- Jahn, O.L.** 1973. Inflorescence types and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruits. *Amer. J. Bot.* 60(7):663-670.
- Krezdorn, A. H. and Jernberg, D.C.** 1977. Field evaluation of growth regulators for fruit set. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):660-663.
- Lord, E. M. and Eckard, K. J.** 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). II. Alterations of developmental fate of flowering shoots after GA treatment. *Bot.Gaz.* 148:17-22.

- Lovatt, C.; Streeter, S.; Minter, T.; O'Connell, N.; Flaherty, D.; Freeman, M. and Goodell, P.** 1984. Phenology of flowering of *Citrus sinensis* L.Osbeck cv. 'Washington' navel orange. Proc. Int. Soc. Citriculture (1):186-190.
- Mehouachi, J.; Serna, D.; Zaragoza, S.; Agustí, M.; Talón, M. and Primo-Millo, E.** 1995. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. Plant Science. 107:189-197.
- MGAP-DIEA.** 2009. Encuesta Citrícola Primavera 2008. Serie Encuestas N° 271, 16p.
- Rabe, E. and van Reensburg, P.** 1996. Gibberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium applications affect fruit splitting and yield in the 'Ellendale' tangor. J. Hort. Sci. 71(2):195-203.
- Rivas, F.; Arbiza, H. y Gravina, A.** 2004. Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina 'Nova' en el sur del Uruguay. Agrociencia IV (2): 79-88.
- Rivas, F.; Arbiza, H.; Borges, A.; Gambetta, G. y Gravina, A.** 2006a. Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina Nova en el sur del Uruguay. TodoCitrus. 32: 22-31.
- Rivas, F.; Erner, Y.; Alós, E.; Juan, M.; Almela, V. and Agustí, M.** 2006b. Girdling increases carbohydrates availability and fruit set in *Citrus* irrespective of cultivar parthenocarpic ability. J. Hort. Sci. & Biotech. 81(2):289-295.
- Rivas, F.; Gravina, A. and Agustí, M.** 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two *Citrus* cultivars. Tree Physiol. 27:527-535.
- Sagee, O. and Erner, Y.** 1991. Gibberellic and abscisic acid contents during flowering and fruit set of 'Shamouti' orange. Sci. Hort. 48:29-39.
- SAS/STAT®.** 1997. Software: Changes and enhancements through release 6.12, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1167p.
- Saunt, J.** 2000. Citrus Varieties of the World. Sinclair Int.Lim., England. 156p.
- Talón, M.; Zacarías, L. and Primo-Millo, E.** 1992. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. Plant Physiol. 99:1575-1581.
- Talón, M.; Tadeo, F.R.; Juan, M.; Soler, J.; Agustí, M. y Primo, E.** 2001. Mejora del cuajado del fruto de los Cítricos mediante aplicaciones de ácido giberélico. Fruticultura Profesional 116:31-45.
- Wallerstein, I.; Goren, R. and Monselise, S. P.** 1973. Seasonal changes in gibberellin-like substances of Shamouti orange (*Citrus sinensis* (L) Osb) trees in relation to ringing. J. Hort. Sci. 48:75-82.
- Wallerstein I.; Goren, R. and Monselise, S. P.** 1974. The effect of girdling on starch accumulation in sour orange seedlings. Can. J. Bot. 52:935-937.

## Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot

González-Neves, G.<sup>1,2</sup>; Ferrer, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis y de Investigaciones. Instituto Nacional de Vitivinicultura. Dr. Pouey 463. Las Piedras. Uruguay. Correo electrónico: laboratorio@inavi.com.uy

<sup>2</sup>Unidad de Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay.

<sup>3</sup>Dpto. de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay

Recibido: 2/4/08 Aceptado: 30/12/08

### Resumen

La conducción del viñedo y el raleo de racimos pueden emplearse para controlar el equilibrio entre hojas y frutos, de manera de obtener uvas con una composición adecuada para elaborar vinos de buena calidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos sobre la composición de uvas de la variedad Merlot. Los ensayos fueron realizados entre 2002 y 2004, en viñedos del Sur de Uruguay conducidos en lira y en espaldera. En ambos casos se hizo raleo de racimos en envero, dejando 50 % de los racimos que tenían las plantas testigo. En la vendimia se pesaron los racimos de cada planta y se realizaron muestreos de uvas, determinando sus contenidos de sólidos solubles, acidez total y pH, el peso de la baya, y las proporciones de hollejos, semillas y pulpa. El potencial polifenólico se estimó según Glories y Augustin (1993) y González Neves (2005). La producción fue significativamente superior en la lira, incluso con raleo de racimos. Sin embargo, esta conducción permitió obtener uvas con contenidos similares o superiores de componentes de calidad (azúcares, antocianos, taninos de hollejos) a los obtenidos en la espaldera. El raleo de racimos determinó una mejora de la calidad enológica de las uvas, si bien este efecto fue diverso según los viñedos y el año considerado. Esta práctica determinó mayores contenidos fenólicos en la mayoría de los casos, con incrementos en las concentraciones de antocianos y taninos en las uvas.

**Palabras clave:** antocianos, calidad enológica, espaldera, lira, taninos

### Summary

## Effects of training system and cluster thinning on the composition of Merlot grapes

The vineyard training and the cluster thinning were employing for the control of the equilibrium between the leaves and the fruits, thus produced grapes with adequate composition for the elaboration of wines with good quality. The aim of this work was to evaluate the effects of training system and cluster thinning on the composition of Merlot grapes. The assays were conducted in commercial vineyards of the south of Uruguay trained in lyre and trellis, in 2002, 2003 and 2004. Cluster thinning was done in veraison, at 50% of bunches relating to the control plants. At the harvest, the grape production was weighted per plant and grapes samples were taken. They were analyzed determining the soluble solids contents, total acidity, pH, berry weight and the proportions of skins, seeds and pulp. Polyphenolic potential was analysed according to Glories and Augustin (1993) and González-Neves (2005). Grape production was significantly higher in lyre, including the cluster thinning treatment. However, the lyre allow to obtain grapes with similar or superior contents in quality components (sugars, anthocyanins, skin tannins) that those obtained with trellis. The cluster thinning determined an improvement in the oenological quality of the grapes, although this effect was diverse according to the vineyards and the vintage. This practice determined total polyphenolic contents significantly higher in the majority of the situations, with increments in the contents in anthocyanins and tannins of the grapes.

**Key words:** anthocyanins, lyre, oenological quality, tannins, trellis

## Introducción

Los compuestos de «calidad enológica» de las uvas son aquellos que tienen mayor incidencia en las características sensoriales y en el valor nutricional de los correspondientes vinos. Estos compuestos son producidos en el metabolismo primario (azúcares) y secundario (antocianos, taninos) de la vid y su concentración en las uvas está condicionada de manera primordial por el clima, con efectos diversos según la variedad y las prácticas culturales aplicadas en el viñedo (Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001; González-Neves *et al.*, 2002; Spayd *et al.*, 2002; González-Neves, 2005).

La síntesis de metabolitos primarios y secundarios y su acumulación en los distintos órganos de la vid está fuertemente influenciada por los equilibrios fisiológicos en la planta, que dependen de las relaciones entre fuentes y destinos y de la expresión vegetativa del viñedo (Carbonneau, 1990; Iacono *et al.*, 1991; Ferrer, 2007).

La arquitectura de las plantas determina la disposición espacial del follaje y de los racimos, modificando el microclima e incidiendo de manera fundamental en la regulación del potencial hídrico, el potencial fotosintético, los rendimientos y la composición de la uva (Carbonneau, 1990; Katerji *et al.*, 1994; Ferrer *et al.*, 2007).

Para un sistema de conducción determinado, la relación entre la vegetación y la fruta puede modificarse efectuando raleo de racimos. Esta práctica puede emplearse como medida correctiva cuando las condiciones medio-ambientales determinan rendimientos excesivos, procurando mejorar el equilibrio de las plantas (Bertamini *et al.*, 1991; Campostrini *et al.*, 1991; Corino *et al.*, 1991; Amati *et al.*, 1995; Bucelli y Gianetti, 1996; González-Neves *et al.*, 2001 y 2002; Ferrer y González-Neves, 2002; Matus *et al.*, 2006).

El raleo determina mayores concentraciones de azúcares en las uvas, como consecuencia de la disminución de la cantidad de frutos en relación a un idéntico follaje, y puede determinar incrementos en las concentraciones de otros componentes de calidad enológica de las uvas, como los antocianos y otros polifenoles. Estos efectos han sido verificados por numerosos autores, pero las respuestas han sido diversas según el momento del raleo, las variedades y las cosechas (Bertamini *et al.*, 1991; Campostrini *et al.*, 1991; Corino *et al.*, 1991; Amati *et al.*, 1995 y 1997; Dokoozlian y Hirschfeld, 1995; Bucelli y Gianetti, 1996; González-Neves *et al.*, 2001 y 2002; Ferrer y González-Neves,

2002; Guidoni *et al.*, 2002 y 2008; Matus *et al.*, 2006; Prajitna *et al.*, 2007).

Sucesivos ensayos realizados en nuestro país permitieron constatar que el raleo de racimos tiene un impacto significativo sobre la composición de las uvas de la variedad Tannat, determinando incrementos en sus contenidos de componentes de calidad enológica y modificaciones significativas de las características de los vinos correspondientes (González-Neves *et al.*, 2001 y 2002; Ferrer y González-Neves, 2002).

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de verificar la respuesta del cv. Merlot al raleo de racimos en dos sistemas de conducción alternativos, predominantes en el Sur de Uruguay.

## Materiales y métodos

Los ensayos fueron realizados en los años 2002, 2003 y 2004 en viñedos comerciales situados en la localidad de Juanicó, en el sur de Uruguay. Se compararon 4 tratamientos, considerando dos sistemas de conducción (lira y espaldera), con y sin raleo de racimos. El dispositivo experimental incluyó 30 plantas por tratamiento, dispuestas al azar en la parcela.

Las características generales de los viñedos se indican en el Cuadro 1.

En cada conducción se evaluó una alternativa de raleo de racimos en enero, dejando en las plantas raleadas el 50 % de los racimos que tenían las plantas testigo.

En la vendimia se cosecharon y pesaron las uvas de cada planta y se calculó la correspondiente producción para cada tratamiento.

Previo a la cosecha se extrajeron muestras de uva, con dos repeticiones por tratamiento. Cada muestra se conformó con fracciones de racimos, con tres a cinco bayas, extraídas de la zona media de los cordones y alternativamente de las mitades inferiores y superiores de los racimos (Carbonneau *et al.*, 1991), hasta totalizar 250 bayas por muestra.

Se analizó la composición general de las uvas (azúcares, acidez total y pH), el peso de las bayas, las proporciones de cada parte de la baya y el potencial polifenólico. Los análisis se realizaron subdividiendo cada muestra de uvas en dos partes iguales.

En una de las submuestras se determinó el peso medio de las bayas, empleando una balanza Ohaus Scout (Ohaus Corp., USA). Luego las uvas se prensaron manualmente en un mortero, para separar los hollejos, las semillas y la pulpa. Los hollejos y las semillas se lavaron con agua, para separarlos completamente de la pul-

Cuadro 1. Características de los viñedos.

Año de plantación de la viña	Porta-injerto	Distancia de plantación (m)	Densidad de plantación (plantas/ha)	Sistema de conducción	Tipo de poda
1996	SO4	2,50 x 1,25	3200	Espaldera	Cordón Royat
1994	SO4	3,00 x 1,00	3333	Lira	Cordón Royat

pa y disolver los azúcares residuales, se secaron con papel de filtro y se pesaron.

El peso de la pulpa fue estimado por diferencia entre el peso de la baya y los pesos de los hollejos y semillas. Las proporciones de cada parte de la baya (hollejos, semillas y pulpa) fueron calculadas a partir de sus pesos y del peso de la baya.

Los análisis de rutina se hicieron empleando los métodos propuestos por O.I.V. (1990), juntando el jugo obtenido a partir del prensado manual de las bayas con el proveniente de la trituración de la pulpa con un extractor de jugo centrifugo Phillips HR2290 (Phillips, Holanda).

La densidad de cada mosto fue calculada a partir de sus contenidos de azúcares, que fueron determinados con un refractómetro Atago N1 (Atago, Japón). El pH fue medido con un equipo Hanna HI8521 (Hanna Inst., Italia).

Las estimaciones del potencial polifenólico se realizaron en la segunda submuestra de uva, mediante la metodología propuesta por Glories y Augustin (1993), calculando los índices de acuerdo con lo propuesto por González-Neves (2005).

Los análisis se realizaron a partir de dos maceraciones de la uva entera triturada, realizadas durante 4 horas, con soluciones de pH 1 y 3,2 respectivamente. Los macerados fueron filtrados y luego centrifugados durante 3 minutos a 3000 r.p.m., empleando una centrífuga MSE Mistral 2000 (Sanyo-Gallenkamp, Gran Bretaña). Las medidas se hicieron con un espectrofotómetro Shimadzu UV-1240 MINI, empleando celdas de cuarzo y de vidrio de un centímetro de recorrido óptico.

Se determinaron la riqueza polifenólica total (A280), el potencial total en antocianos (ApH1) y el potencial en antocianos extraíbles (ApH3,2). La riqueza polifenólica se determinó midiendo la absorbancia, a 280 nm, mientras que los antocianos fueron cuantifica-

dos utilizando el método de Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965).

Los índices fueron calculados considerando las diluciones respectivas, a partir de la densidad del mosto, el peso de la baya y el porcentaje de pulpa (González-Neves, 2005). A esos efectos se consideró:

$$F = (50 + VM) / VM$$

Donde:

F = Factor de dilución;

50 = mL de solución de pH 1 o pH 3,2;

VM = volumen de mosto.

$$VM = (50 \cdot P\%) / D$$

Siendo VM = volumen de mosto en mL;

50 = gramos de uva triturada;

P% = % de pulpa;

D = densidad del mosto.

Los contenidos de taninos de hollejos (dpell) y de semillas (dTpep) fueron calculados de acuerdo con Glories y Augustin (1993):

$$dpell = (ApH3,2 \cdot 40) / 1000$$

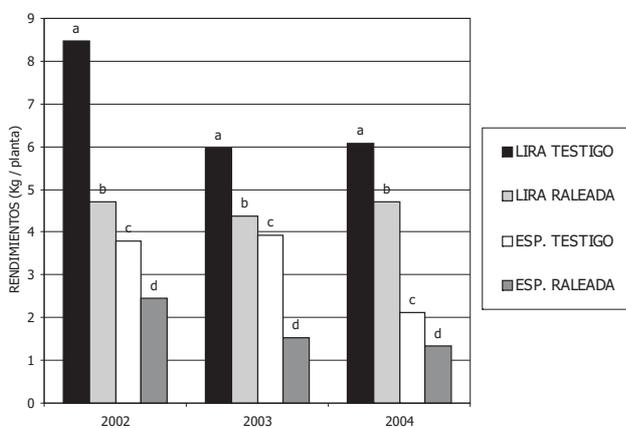
$$dTpep = A280 - dpell$$

Todos los análisis fueron realizados con dos repeticiones por muestra.

Los análisis estadísticos de los datos obtenidos fueron realizados con Statgraphics Plus versión 4.1 (1999). Se hicieron análisis de varianza para todos los parámetros determinados, con separación de medias por Tukey al 5 % en cada año. Se hicieron también análisis multifactoriales de la varianza, a efectos de determinar el peso de cada factor en la variabilidad de los datos.

## Resultados y discusión

La producción de uva fue significativamente diferente en los dos sistemas de conducción estudiados. Los rendimientos obtenidos en la lira, aún con raleo de ra-



**Figura 1.** Producción media de uva por planta en cada año, según sistema de conducción y raleo. Las barras con la misma letra, en cada año, corresponden a valores que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí de acuerdo al test de Tukey al 5 %.

cimos, fueron significativamente superiores a los de la espaldera en todos los años (Fig. 1). Las diferencias estuvieron comprendidas entre un 36,4 % y un 66,3 %, siendo similares a las reportadas por Murisier *et al.* (2004) y superiores a las indicadas por Carbonneau (1990).

Las diferencias de rendimiento entre la lira y la espaldera no tuvieron un impacto relevante sobre la composición de la uva, que en general presentó diferencias menos importantes entre las modalidades de cultivo que entre los distintos años considerados. De todos modos, se constató que la acidez total de las uvas de la espaldera fue significativamente mayor en todos los años. En cambio, los contenidos de azúcares solo presentaron diferencias estadísticas entre los testigos en 2003, año en que fueron significativamente superiores en la lira con respecto a la espaldera. Los valores de pH no presentaron diferencias estadísticas entre la lira y la espaldera testigos en ningún año (Cuadro 2).

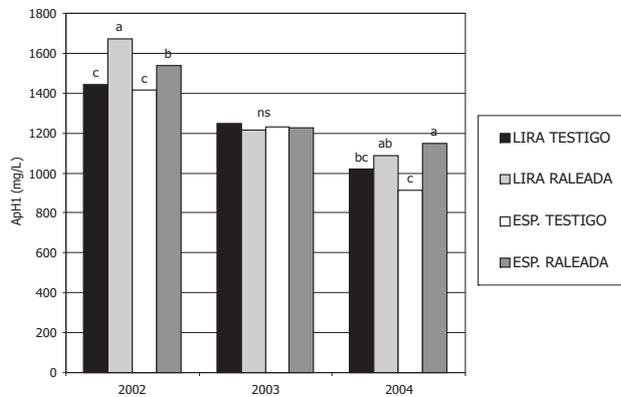
El potencial total en antocianos y los contenidos de taninos de hollejos de las uvas de la lira y la espaldera testigos no tuvieron diferencias estadísticas (Fig. 2 y 3). Los contenidos de taninos de semillas fueron significativamente superiores en las uvas de la espaldera en todos los años (Fig. 4).

La lira, así como otros sistemas de canopia dividida, permite aumentar de manera significativa la superficie foliar, por lo que pueden obtenerse mayores producciones de uva sin detrimento de su calidad (Carbonneau,

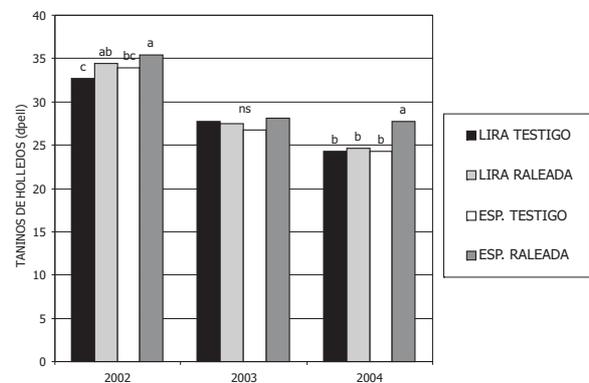
**Cuadro 2.** Valores medios de los pesos de baya, contenidos de azúcares, acidez total, pH y riqueza polifenólica de las uvas de cada tratamiento en cada año.

	2002				2003				2004			
	LIRA		ESPALDERA		LIRA		ESPALDERA		LIRA		ESPALDERA	
	TEST.	RALEO	TEST.	RALEO	TEST.	RALEO	TEST.	RALEO	TEST.	RALEO	TEST.	RALEO
Peso baya	1,61 b	1,66 a	1,50 c	1,60 b	1,93 a	1,86 ab	1,76 ab	1,59 b	1,58 ab	1,45 b	1,63 a	1,53 ab
Azúcares	213 ns	218	215	213	202 a	205 a	186 b	200 a	211,5 ab	215,55 a	206,1 bc	198 c
Ac. total	3,5 b	4,0 b	4,5 a	4,7 a	3,4 b	3,4 b	3,8 a	3,8 a	3,4 b	3,4 b	3,7 a	3,9 a
pH	3,42 ns	3,46	3,47	3,46	3,55 b	3,57 b	3,56 b	3,65 a	3,71 a	3,61 b	3,67 ab	3,68 ab
A280	51,3 c	55,2 b	55,1 b	60,4 a	46,1 b	47,5 ab	47,8 ab	50,7 a	36,8 b	39,6 a	39,0 a	40,1 a

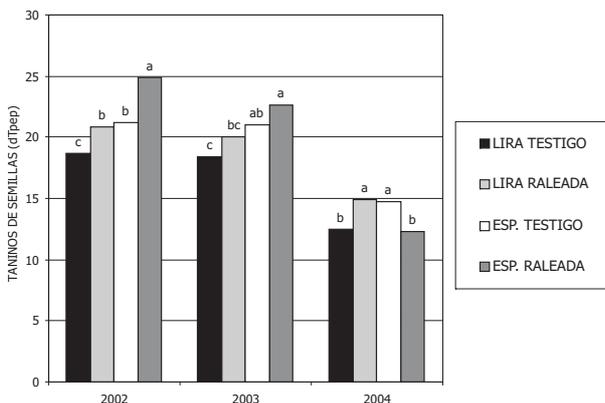
El peso de baya se expresa en gramos, los contenidos de azúcares y la acidez total en g/L, la riqueza polifenólica en unidades de absorbancia. Los valores seguidos por la misma letra, en cada año, no presentan diferencias estadísticas por el test de Tukey al 5 %. ns = diferencias estadísticamente no significativas.



**Figura 2.** Potencial total en antocianos (Aph1) de las uvas en cada año, según sistema de conducción y raleo.



**Figura 3.** Contenidos de taninos de hollejos (dpell) en las uvas en cada año, según sistema de conducción y raleo.



**Figura 4.** Contenidos de taninos de semillas (dTpep) en las uvas en cada año, según sistema de conducción y raleo.

1990; Katerji *et al.*, 1994). En una publicación previa (Ferrer *et al.*, 2007) se presentaron los valores de superficie foliar expuesta de los viñedos incluidos en el presente trabajo, constatándose que fueron significativamente mayores en la lira en todos los años.

La otra diferencia relevante entre los sistemas de conducción se relaciona con el microclima de los racimos y las hojas, que incide de manera importante en la composición de la uva. La conducción en lira mantiene generalmente los racimos fuera del follaje, favoreciendo la acumulación de componentes de calidad en la uva (Carbonneau, 1990).

El raleo determinó una reducción significativa de rendimientos por hectárea; en el caso de la lira fue 33,9 % en 2002, 26,4 % en 2003 y 22,6 % en 2004; en la espaldera fue 35,4 % en 2002, 60,9 % en 2003 y

36,6 % en 2004 (Fig. 1). Sin embargo, el raleo produjo incrementos estadísticos en el peso de las bayas solamente en 2002, no habiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos testigos y los tratamientos raleados en 2003 y 2004 (Cuadro 2).

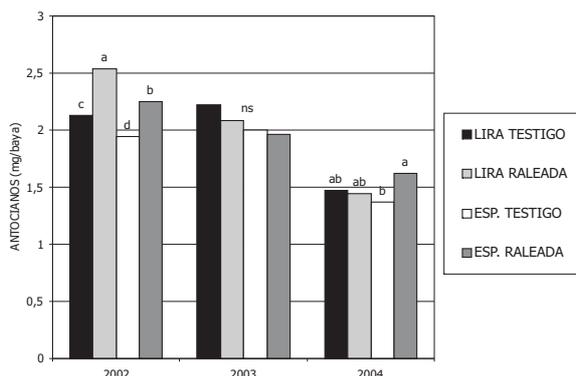
El raleo de racimos modificó la composición mayoritaria de manera significativa solamente en la espaldera en 2003, determinando un aumento en la concentración de azúcares y en el pH (Cuadro 2). En este caso se obtuvo la mayor disminución de rendimiento con respecto al testigo, coincidiendo con el año menos propicio para la maduración de la uva. En numerosas citas se indica que el raleo determina mejores resultados en los años más desfavorables para la maduración de las uvas (Bucelli y Gianetti, 1996; González-Neves *et al.*, 2001 y 2002; Ferrer y González-Neves, 2002; Guidoni *et al.*, 2002; Prajitna *et al.*, 2007).

Las uvas obtenidas en la lira tuvieron una disminución significativa del pH como consecuencia del raleo en 2004. En este año se verificaron las temperaturas más elevadas durante la maduración, lo que determinó una mayor disminución de la acidez, probablemente relacionada con la combustión del ácido málico por respiración de las células de la baya.

Los efectos del raleo de racimos sobre la composición ácida de las uvas son ampliamente variables. En muchos casos se reporta que el raleo ha determinado descensos de la acidez de titulación y mayores pH (Corino *et al.*, 1991; Iacono *et al.*, 1991; Amati *et al.*, 1995; Bucelli y Gianetti, 1996; Prajitna *et al.*, 2007), pero en otros no se reporta un efecto significativo sobre estos parámetros (Campostrini *et al.*, 1991).

La riqueza polifenólica de las uvas (A280) fue modificada por el raleo de racimos y por el sistema de conducción en la mayor parte de las situaciones estudiadas. Las uvas de la espaldera tuvieron mayor riqueza fenólica que las procedentes de la lira. A su vez, los incrementos de la riqueza polifenólica obtenidos con el raleo fueron más significativos en la espaldera que en la lira (Cuadro 2).

Los potenciales totales en antocianos (ApH1) no presentaron diferencias estadísticas en función del sistema de conducción. En cambio, el raleo de racimos determinó aumentos notables en las concentraciones de antocianos en 2002 y 2004, con efectos más importantes en la lira en el año 2002 y en la espaldera en el 2004 (Fig. 2). La síntesis de antocianos (verificada a través de las concentraciones por baya) fue incrementada por el raleo de racimos en la espaldera en 2002 y 2004, y en la lira en 2002 (Fig. 5).



**Figura 5.** Contenidos de antocianos por baya en las uvas en cada año, según sistema de conducción y raleo.

La bibliografía reporta numerosas situaciones en las que se constataron incrementos significativos en las concentraciones de antocianos en las uvas provenientes de viñas raleadas (Dokoozlian y Hirschfeldt, 1995; Bucelli y Gianetti, 1996; Amati *et al.*, 1997; Guidoni *et al.*, 2002; González-Neves *et al.*, 2004; Prajitna *et al.*, 2007), si bien en algunos casos no se verificaron diferencias con los testigos o el efecto fue opuesto (González-Neves, 2005; Matus *et al.*, 2006; Guidoni *et al.*, 2008). Keller *et al.* (2005) señalan que el efecto del raleo depende de las condiciones en que se encuentra el viñedo, remarcando que esta práctica no tiene efecto sobre la composición de la uva en climas cálidos, con estrés hídrico y plantas vigorosas.

Los contenidos de taninos de hollejos fueron incrementados por el raleo en la espaldera en todos los

años y en la lira solamente en 2002. En 2003 no hubieron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Fig. 3). Los contenidos de taninos de semillas fueron incrementados por el raleo de racimos en todos los casos, con la única excepción de la espaldera en el año 2004 (Fig. 4).

El raleo de racimos tuvo un impacto sobre los contenidos de antocianos y taninos de las uvas diferente al verificado sobre los contenidos de azúcares, ya que el mayor efecto sobre los metabolitos secundarios se obtuvo en el año más favorable para su síntesis y acumulación (2002).

Los análisis multifactoriales de la varianza muestran el efecto de cada factor sobre los distintos componentes de la uva (Cuadros 3 y 4). Se verifica una incidencia muy importante del año de producción sobre el peso de grano y sobre todos los componentes de la uva, indicando el efecto prioritario de las condiciones climáticas. El sistema de conducción incidió sobre todo en la acidez total, los contenidos de azúcares (Cuadro 3), los contenidos fenólicos totales y los contenidos de taninos de semillas. El raleo tuvo incidencia muy significativa en la riqueza polifenólica, el potencial total en antocianos y los contenidos de taninos de semillas (Cuadro 4).

Las interacciones entre «año» y «raleo» fueron muy significativas para el pH y los contenidos de azúcares y de antocianos. En cambio, la interacción entre «año» y «conducción» solamente fue muy significativa para los contenidos de taninos de semillas (Cuadros 3 y 4). En consecuencia, puede concluirse que las condiciones climáticas condicionaron en mayor medida el efecto del raleo sobre la composición de la uva que el efecto del sistema de conducción sobre la misma.

El efecto «año» está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas durante el período de maduración de las uvas. La consideración de diversos índices bioclimáticos permitió a Ferrer (2007) definir al año 2002 como templado cálido, de noches templadas y con sequía moderada; el 2003 se definió como sub-húmedo, cálido y de noches templadas; el 2004 como templado cálido, de noches frías y con sequía moderada.

Entre enero y cosecha, en el año 2002 las plantas sufrieron un estrés hídrico débil, éste fue moderado en la espaldera y fuerte en la lira en 2004, en tanto no se registró estrés en 2003 (Ferrer, 2007).

La maduración de las uvas se realizó con temperaturas diurnas más frescas en 2002 que en 2003 y 2004. La cantidad de días en que se superaron los 27° C durante el período comprendido entre enero y marzo fue de

**Cuadro 3.** Análisis multifactorial de la varianza para los análisis básicos.

FUENTE	GL	ACIDEZ TOTAL	pH	AZÚCARES (g/litro)
AÑO (A)	2	111,1 ***	90,6 ***	42,5 ***
CONDUCCIÓN (C)	1	147,0 ***	4,5 *	24,9 ***
RALEO (R)	1	1,5	0,2	4
A X C	2	4,5 *	0,7	3,6 *
A X R	2	2	9,5 ***	5,9 **
C X R	1	3,8	2,6	0,3
A X C X R	2	0,9	3,4 *	8,3 **

Se indican los valores de F y su significación estadística ( $p < 0.001 = ***$ ;  $p < 0.01 = **$ ;  $p < 0.1 = *$ )

**Cuadro 4.** Análisis multifactorial de la varianza para los índices polifenólicos.

FUENTE	GL	A280	ApH1 (mg/litro)	ANTOCIA NOS (mg/baya)	dpell	dTpep
AÑO (A)	2	358,9 ***	172,9 ***	106,5 ***	103,9 ***	164,4 ***
CONDUCCIÓN (C)	1	32,1 ***	3,1 *	7,4 *	3,4 *	21,5 ***
RALEO (R)	1	35,8 ***	27,2 ***	7,5 *	9,2 **	13,6 ***
A X C	2	2,9 *	1,3	3,5 *	1,7	7,6 **
A X R	2	2,3	12,2 ***	7,8 **	1,2	3,9 *
C X R	1	0,1	0,6	1,1	2,3	1,6
A X C X R	2	1,3	3,8 *	1,3	0,9	5,5 **

Se indican los valores de F y su significación estadística ( $p < 0.001 = ***$ ;  $p < 0.01 = **$ ;  $p < 0.1 = *$ ).

A280 = Riqueza polifenólica total; dpell = contenidos de taninos de hollejos; dTpep = contenidos de taninos de semillas.

37 en 2002, 51 en 2003 y 52 en 2004 (datos de la Estación agroclimática de Las Brujas; INIA, 2008). Por encima de estas temperaturas se daría una inhibición de la biosíntesis de antocianos en las uvas, independientemente de otros factores climáticos y de cultivo (Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*, 2002).

En la mayoría de los tratamientos (lira, con y sin raleo, y espaldera raleada) los mayores rendimientos se obtuvieron en el año 2002 (Fig. 1), pero igualmente las uvas tuvieron mayor riqueza en componentes de calidad (azúcares, antocianos y taninos de hollejos) que las obtenidas en los otros años (Cuadro 2, Fig. 2 y 3). Los contenidos de taninos de semillas (Fig. 4) en las uvas del 2002 fueron similares a los del 2003 (salvo en la espaldera raleada) y superiores a los del 2004.

La síntesis de los antocianos (expresada por su concentración por baya e indicada en la Fig. 5) en los viñedos testigo de la lira y de la espaldera fue superior en 2002 y 2003 a la constatada en 2004; en los tratamientos raleados fue superior en 2002 a la verificada en los otros años.

Las diferencias entre los contenidos de antocianos de los extractos (expresados en mg por litro) y la síntesis antociánica (expresada en mg por baya) están determinadas por el tamaño de las bayas. Los pesos de las bayas fueron significativamente menores en 2002 y 2004 que en 2003 (Cuadro 2), lo que implica una menor cantidad de jugo y una mayor concentración de los antocianos en comparación con bayas de mayor tamaño, aunque la síntesis de estos compuestos haya sido similar.

Las uvas del año 2003 tuvieron contenidos de azúcares inferiores a las de los otros años (Cuadro 2), lo que indica que éste fue un año más desfavorable para la maduración, al menos en lo que se relaciona con la fotosíntesis.

Las uvas del año 2004 tuvieron los menores contenidos de antocianos y de taninos (Fig. 2 a 5), la menor riqueza polifenólica global y el pH más elevado (Cuadro 2). Estos resultados son consecuencia del clima de este año, que fue menos favorable para la síntesis y acumulación de metabolitos secundarios y que determinó una mayor degradación de los ácidos durante la maduración.

En síntesis, puede considerarse que en el año 2002 se dieron condiciones óptimas para la síntesis de polifenoles, en tanto la mayor disponibilidad hídrica determinó un aumento del tamaño de los granos en 2003, con un cierto efecto de «dilución» de los componentes de calidad. El efecto conjunto de las temperaturas altas y el mayor estrés hídrico puede haber incidido en la menor síntesis polifenólica verificada en 2004. Los factores climáticos (luminosidad, temperatura, disponibilidad de agua) tienen un efecto complejo sobre la síntesis antocianica, pero las temperaturas elevadas parecen ser el factor más limitante para este proceso (Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*, 2002; Keller *et al.*, 2005).

## Conclusiones

Las uvas obtenidas en los viñedos conducidos en lira y en espaldera no presentaron diferencias de composición que permitan priorizar un sistema respecto del otro. Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que la lira sería el sistema de conducción más recomendable para la variedad Merlot en el Sur de Uruguay, ya que permitió obtener rendimientos por hectárea muy superiores a los de la espaldera, con concentraciones de los componentes de calidad enológica de las uvas similares o mayores.

El raleo de racimos determinó un incremento en el potencial enológico de las uvas en los dos sistemas de conducción, pero este efecto no se verificó en todos los años. Esta práctica tuvo una moderada incidencia sobre la acumulación de metabolitos primarios, pero su impacto sobre los compuestos originados en el metabolismo secundario (antocianos y taninos) fue importante en dos de los tres años considerados.

La incidencia de las condiciones climáticas sobre la composición de las uvas fue mayor que la de las modalidades de cultivo ensayadas. El año 2002 tuvo las con-

diciones más favorables para la maduración, propiciando la síntesis de compuestos de calidad enológica y su acumulación en las bayas. El 2003 fue menos favorable para la síntesis de azúcares y el 2004 fue menos propicio para la síntesis de polifenoles.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Establecimiento Juanicó, por el apoyo prestado para la realización de los ensayos.

Se agradece especialmente a J. Balado, L. Barreiro, R. Bochicchio, D. Charamelo, G. Gatto, G. Gil, A. Tessore, G. Camussi, I. Sibille y J. Abella por su participación en los muestreos y análisis de las uvas.

## Bibliografía

- Amati, A.; Ferrarini, R.; Giulivo, C.; Castellari, M. e Galli, M.** 1997. Influenza delle caratteristiche varietali e del diradamento dei grappoli sulla composizione fenolica del vino Valpolicella D.O.C. Riv. Vitic. Enol. 2: 37-46.
- Amati, A.; Mazzavillani, G.; Zironi, R.; Castellari, M. ed Arfelli, G.** 1995. Prove di vendemmia differenziata. Effetti del diradamento dei grappoli sulla composizione dei mosti e dei vini. Nota V. Riv. Vitic. Enol. 1 : 29-37.
- Bergqvist, J.; Dokoozlian, N. and Ebisuda, N.** 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. Am. J. Enol. Vitic. 52 (1): 1-7.
- Bertamini, M.; Iacono, F. e Scienza, A.** 1991. Manipolazione dei rapporti sink-source mediante il diradamento dei grappoli e riflessi sulla qualità (cv. Cabernet S.). Vignevini 10: 41-47.
- Bucelli, P. e Giannetti, F.** 1996. Incidenza del diradamento dei grappoli sulla composizione dell'uva e sulla qualità del vino. Riv. Vitic. Enol. 2: 59-67.
- Campostrini, F.; Bertamini, M.; De Micheli, L. ed Iacono, F.** 1991. Esperienze pluriennali di diradamento dei grappoli sui vitigni. Vignevini 10: 29-35.
- Carbonneau, A.** 1990. Mécanismes généraux de l'influence du système de conduite sur la qualité des vins. Interet qualitatif et économique des vignes en lyre : premières indications de leur comportement en situation de vigueur élevée. Atti Accad. Ital. della Vite e del Vino: 325-346.
- Carbonneau, A. ; Moueix, A. ; Leclair, N. et Renoux, J.** 1991. Proposition d'une méthode de prélèvement de raisins à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. Bull. O.I.V. 727/728:679-690.
- Corino, L.; Ruaro, P.; Renosio, G.; Rabino, M. e Malerba, G.** 1991. Esperienze di diradamento grappoli sul vitigno Barbera in alcuni ambienti del Monferrato. Vignevini 7-8: 51-55.

- Dokoozlian, N. and Hirschfeld, D.** 1995. The influence of cluster thinning at various stages of fruit development on Flame Seedless table grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 46 (4): 429-436.
- Ferrer, M.** 2007. Efecto del clima de las regiones vitícolas de Uruguay, de las variaciones climáticas y de la interacción aportada por el microclima y la ecofisiología de los sistemas de conducción Espalier y Lyre sobre Merlot. Tesis de Doctorado. ENSAM. Montpellier.
- Ferrer, M. y González Neves, G.** 2002. Resultados enológicos y productivos de la aplicación de diversas alternativas de raleo de racimos y distintas intensidades de poda invernal en *Vitis vinifera* L. cv. Tannat. *Agrociencia* 6 (1): 53-62.
- Ferrer, M.; Montaña, A.; González Neves, G.; Priore, E. y Carbonneau, A.** 2007. Estudio de la influencia de la arquitectura de la planta en el estado hídrico y su incidencia sobre el rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv. Merlot. In: Actas XI Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología, Mendoza.
- Glories Y. et Augustin M.** 1993. Madurez fenológica del uva, consecuencias tecnológicas: aplicación a los millésimos 1991 y 1992. In: C. R. Colloque Journée Techn. CIVB, Bordeaux. pp., 56-61.
- González-Neves, G.** 2005. Estudio de la composición polifenólica de los uvas y de los vinos de las variedades Merlot, Cabernet-Sauvignon y Tannat provenientes de las conducciones en Lyre y en Espalier en el sur de Uruguay. Tesis de Doctorado. ENSAM. Montpellier, 279 pp.
- González-Neves, G.; Charamelo, D.; Balado, J.; Barreiro, L.; Bochicchio, R.; Gatto, G.; Gil, G.; Tessore, A.; Carbonneau, A. and Moutounet, M.** 2004. Fenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta* 513 (1): 191-196.
- González-Neves, G.; Ferrer, M.; Bochicchio, R. y Gatto, G.** 2001. Incidencia del raleo de racimos en la composición de vinos tintos Tannat: resultados de 7 años de ensayos (1994-2000). In: Actas VIII Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología, Montevideo.
- González-Neves, G.; Gil, G. and Ferrer, M.** 2002. Efecto de diferentes tratamientos de viñedo sobre los contenidos fenólicos en Tannat (*Vitis vinifera* L.) uvas y sus respectivos vinos. *Food Sci. Techn. Int.* 8 (5): 315-321.
- Guidoni, S.; Allara, P. and Schubert, A.** 2002. Efecto de la poda sobre la composición de la piel de uva de *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. *Am. J. Enol. Vitic.* 53 (3): 224-226.
- Guidoni, S.; Ferrandino, A. and Novello, V.** 2008. Efectos de las prácticas agrarias y de las prácticas de cultivo sobre el perfil de antocianinas de las uvas Nebbiolo. *Am. J. Enol. Vitic.* 59 (1): 22-29.
- Haselgrove, L.; Botting, D.; Van Heeswijk, R.; Hoj, P. B.; Dry, P. R.; Ford, C. and Iland, P.** 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the fenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6: 141-149.
- Iacono, F.; Bertamini, M.; Porro, D. e Stefanini, M.** 1991. Rapporto tra i livelli di variabilità della struttura vegeto-produttiva della vite e risultati quanti-qualitativi del diradamento. *Vignevini* 10: 49-54.
- INIA.** 2008. Banco agroclimático. Las Brujas. En: <http://www.inia.org.uy>. Consulta Marzo 2008.
- Katerji, N.; Daudet, F.; Carbonneau, A. et Ollat, N.** 1994. Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: comparaison des systèmes de conduite traditionnelle et en Lyre. *Vitis* 33: 197-203.
- Keller, M.; Mills, L.; Wample, R. and Spayd, S.** 2005. Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (1): 91-103.
- Matus, M.; Rodríguez, J. y Ocvirk, M.** 2006. Raleo de racimos en *Vitis vinifera* cv. Malbec. Efecto sobre los componentes del rendimiento y la composición polifenólica de las bayas. *Rev. FCA UNCuyo XXXVIII* (1) : 105-112.
- Murisier, F.; Ferretti, M. et Zufferey, V.** 2004. Essais de limitation de rendement sur Merlot au Tessin. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 36 (3): 149-154.
- O.I.V.** 1990. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Office International de la Vigne et du Vin. Paris.
- Prajitna, A.; Dami, I.; Steiner, T.; Ferree, D.; Scheerens, J. and Schwartz, S.** 2007. Influence of cluster thinning on fenolic composition, resveratrol, and antioxidant capacity in Chambourcin wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 58 (3): 346-350.
- Ribéreau-Gayon, P. et Stonestreet, E.** 1965. Le dosage des anthocyanes dans les vins rouges. *Bull. Soc. Chim.* 9: 2649.
- Spayd, S.; Tarara, J.; Mee, D. and Ferguson, J.** 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53 (3): 171-182.
- Statgraphics Plus.** 1999. Versión 4.1. Stat Graphics Corp., U.S.A.

## Botryosphaeriaceae from *Eucalyptus* and Native Myrtaceae in Uruguay\*

Pérez, C. A.<sup>1,2</sup>; Altier, N.<sup>3</sup>; Simeto, S.<sup>3</sup>; Wingfield, M. J.<sup>4</sup>; Slippers, B.<sup>4</sup>; Blanchette, R. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Pathology, University of Minnesota, 495 Borlaug Hall, 1991 Upper Buford Circle, MN 55108, USA.

<sup>2</sup>Departamento de Protección Vegetal, EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Ruta 48, km 10, Canelones, Uruguay.

<sup>4</sup>Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria, Pretoria, South Africa.

E-mail: caperez@fagro.edu.uy

Recibido: 2/4/08 Aceptado: 30/12/08

### Summary

Species of the Botryosphaeriaceae are important pathogens causing cankers and die-back on many woody plants. In Uruguay, *Neofusicoccum eucalyptorum* (= *Botryosphaeria eucalyptorum*), *N. ribis* (= *B. ribis*) and *B. dothidea* have previously been associated with stem cankers on plantation grown *Eucalyptus globulus*. These fungi also exist as endophytes in healthy *Eucalyptus* leaves, twigs and stems, typically causing disease after the onset of stress. There is good evidence to suggest that species of the Botryosphaeriaceae, other than those previously reported, could cause cankers on *Eucalyptus* spp. and native Myrtaceae trees in Uruguay. In this study, we identified the Botryosphaeriaceae present on *Eucalyptus* spp. and on native Myrtaceae trees, and considered the genetic diversity between isolates found on both groups of hosts. Symptomatic and asymptomatic material was collected countrywide from *Eucalyptus* spp. and native Myrtaceae. Monosporic cultures were identified based on conidial morphology and comparisons of DNA sequences for the ITS region of the rDNA operon. Results revealed that isolates of the *N. parvum*-*N. ribis* complex, and *B. dothidea* were present on both *Eucalyptus* spp. and native Myrtaceae. In contrast, *N. eucalyptorum* was found only on *Eucalyptus* spp. and *Diplodia seriata*-related (= *B. obtusa*) isolates were obtained only from native trees. This study expands the knowledge of the occurrence of Botryosphaeriaceae on native and introduced Myrtaceae in Uruguay.

**Key words:** *Botryosphaeria* canker; *Eucalyptus*; Myrtaceae

### Resumen

## Botryosphaeriaceae aisladas de *Eucalyptus* y Mirtáceas nativas en Uruguay

Varias especies residentes en la familia Botryosphaeriaceae son importantes patógenos causantes de canchros y «die-back» en numerosas plantas leñosas. En Uruguay, canchros del fuste observados en plantaciones de *Eucalyptus globulus* han estado asociados a *Neofusicoccum eucalyptorum* (= *Botryosphaeria eucalyptorum*), *N. ribis* (= *B. ribis*) y *B. dothidea*. Estos hongos también habitan como endófitos en hojas, ramas y fustes asintomáticos de *Eucalyptus* volviéndose patógenos luego de la ocurrencia de algún estrés. Existen evidencias que sugieren que otras especies de Botryosphaeriaceae, además de las antes mencionadas podrían causar canchros en *Eucalyptus* spp. y mirtáceas nativas en Uruguay. En este estudio, identificamos las especies Botryosphaeriaceae presentes en *Eucalyptus* spp. y en

\*This work was presented at the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Conference, Working Group 2.08.03. «Eucalypts and Diversity: Balancing Productivity and Sustainability», 22-26 October 2007, Durban, South Africa.

mirtáceas nativas, y analizamos la diversidad genética entre los aislamientos aislados de ambos grupos de hospederos. Muestras de material vegetal de *Eucalyptus* spp. y mirtáceas nativas con y sin síntomas fueron colectadas desde diversos puntos del país. Los cultivos fúngicos monospóricos obtenidos de dichas muestras, fueron identificados en base a la morfología de conidios y a técnicas moleculares mediante comparación de secuencias de ADN correspondientes a la región ITS del ADN ribosomal. Los resultados muestran que aislamientos identificados dentro del complejo *N. parvum-N. ribis*, y otros identificados como *B. dothidea* fueron aislados de ambos hospederos, *Eucalyptus* spp. y mirtáceas nativas. Por el contrario, *N. eucalyptorum* fue aislado únicamente de *Eucalyptus* spp., mientras que aislamientos de una especie relacionada a *Diplodia seriata* (= *B. obtusa*) fueron obtenidos únicamente de árboles nativos. Este estudio permite expandir los conocimientos acerca de las especies Botryosphaeriaceae presentes en mirtáceas nativas e introducidas en Uruguay.

**Palabras clave:** *Botryosphaeria* canker; *Eucalyptus*; Myrtaceae

## Introduction

*Eucalyptus* is one of the most important hardwood crops in the world (Turnbull, 2000), and it is currently the major forest tree in Uruguay (MGAP, 2005). In the last 10 years, the area planted to *Eucalyptus* in Uruguay has tripled. This increase is associated with planting primarily two species, *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* Labill (hereafter *E. globulus*) and *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid. that together make up over 480.000 ha (MGAP, 2005). Large numbers of these trees are being generated by vegetative propagation and stands of selected clones are commonly found.

The use of clonal material with similar genetic characteristics over large areas of the country increases the risk of disease outbreaks. In Uruguay, very little work has been done on *Eucalyptus* pathogens and almost nothing is known about the epidemiology and population structure of the most important pathogens occurring on these trees. Correct species identification and characterization of these pathogens is a prerequisite for effective breeding programs focused on obtaining durable genetic resistance to diseases.

*Eucalyptus* spp. are exotic in Uruguay and pathogens affecting these trees could also be introduced. Native trees could also represent an important source of *Eucalyptus* pathogens, as is being found elsewhere in the world (Wingfield, 2003). Frequently, species belonging to the Myrtaceae have been shown to be potential hosts of pathogens that can infect *Eucalyptus* spp. (Coutinho *et al.*, 1998; Seixas *et al.*, 2004; Wingfield *et al.*, 2001; Wingfield, 2003).

Severe diseases caused by fungi belonging to the Botryosphaeriaceae have been reported on *Eucalyptus* spp. worldwide. Stem cankers and die-back of *Eucalyptus* spp. have been associated with *Botryosphaeria dothidea* (Moug. : F.) Ces. and De Not. (Barnard *et al.*, 1987; Old and Davison, 2000; Smith *et*

*al.*, 1994; Yuan and Mohammed, 1999), although these reports probably refer to a number of different species of Botryosphaeriaceae. However, very little is known about Botryosphaeriaceae infecting exotic *Eucalyptus* or native Myrtaceae trees in Uruguay. Endophytic *Botryosphaeria dothidea*, *Neofusicoccum eucalyptorum* (Crous, Smith ter and Wingf.) Crous, Slippers and Phillips and *N. ribis* (Slippers, Crous and Wingf.) Crous, Slippers & Phillips have been found in some *Eucalyptus* spp. (Alonso, 2004; Bettucci and Alonso, 1997; Simeto *et al.*, 2005), while *Myrceugenia glaucescens* (Camb.) Legr. and Kaus. is the only native Myrtaceae host where a species of Botryosphaeriaceae, *B. dothidea* has been found (Bettucci *et al.*, 2004). Further investigation on endophytic populations of native Myrtaceae and species of *Eucalyptus* is very important since it is well known that certain endophytic fungi become pathogenic in stressed trees (Old *et al.*, 1990; Pusey, 1989; Wene and Schoeneweiss, 1980). Thus, the aim of this work was to increase the knowledge of species of Botryosphaeriaceae occurring on *Eucalyptus* as well as native Myrtaceae in Uruguay.

## Materials and Methods

### Fungal isolates

With the aim of isolating and identifying fungi present on native Myrtaceae and exotic *Eucalyptus* species, during 2005 and 2006, *Eucalyptus* plantations and natural forest growing in close (<1 km) proximity to *Eucalyptus* were scouted throughout Uruguay. Surveys included the provinces of Cerro Largo, Durazno, Florida, Lavalleja, Maldonado, Paysandú, Río Negro, Rivera, Tacuarembó, Treinta y Tres and Rocha. A total of 21 Myrtaceae species native to Uruguay and 10 species of *Eucalyptus* were examined (Table 1). Symptomatic and asymptomatic material was collected. Endophytic

microorganisms were isolated from asymptomatic fresh material. Leaf, petiole and twig sections were sequentially surface-sterilized in 70 % ethyl alcohol for 1 min, immersed in 0.4 % sodium hypochlorite for 2 min, then rinsed twice in sterile distilled water and blotted dry on sterile filter paper. Surface sterilized plant tissue was placed on 2 % malt extract agar (MEA) (2 % malt extract, 1.5 % agar; Oxoid, Basingstoke, England). Plates were incubated at room temperature (~20° C) for one week. Colonies resembling Botryosphaeriaceae were selected for this study, and maintained in 2 % MEA at 8° C. To verify the efficacy of the surface sterilization and to assure the growth of only endophytic microorganisms, imprints of sample

surfaces were made on MEA plates and observed for one week to confirm that fungi did not grow.

To stimulate isolates to produce fruiting structures (pycnidia) and conidia, they were grown on 1.5 % water agar (WA) (Sigma Chemicals, St. Louis, MO) with sterilized pine needles placed onto the medium surface. Plates were incubated at 22° C under continuous black light until pycnidia were observed on the pine needles (approx. 3 weeks after plating). Monosporic cultures were generated by plating a spore suspension taken from two pycnidia, suspended in 300  $\mu$ l of sterile water on WA. Germinating conidia were lifted from the agar plates and transferred to fresh 2 % MEA.

**Table 1.** List of species of native Myrtaceae and exotic *Eucalyptus*, sampled in this study.

Myrtaceae species native to Uruguay	<i>Eucalyptus</i> species
<i>Acca sellowiana</i>	<i>E. camaldulensis</i>
<i>Agariota eucalyptides</i>	<i>E. cinerea</i>
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>E. dunnii</i>
<i>Calyptranthes concinna</i>	<i>E. ficifolia</i>
<i>Eugenia involucrata</i>	<i>E. globulus</i>
<i>E. mansonii</i>	<i>E. grandis</i>
<i>E. repanda</i>	<i>E. maidenii</i>
<i>E. uniflora</i>	<i>E. robusta</i>
<i>E. uruguayensis</i>	<i>E. tereticornis</i>
<i>Gomidesia palustris</i>	<i>E. viminalis</i>
<i>Hexachlamis edulis</i>	
<i>Myrceugenia euosma</i>	
<i>Myrce. glaucescens</i>	
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	
<i>Myrci. pungens</i>	
<i>Myrciaria tenella</i>	
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> var. <i>octandrum</i>	
<i>Psidium luridum</i>	
<i>P. incanum</i>	
<i>P. pubifolium</i>	

## Morphology

For morphological characterization, pycnidia and conidia produced on pine needles were mounted on microscope slides, examined under a standard light microscope Nikon Eclipse E600 and photographed with a Nikon Digital Camera DXM1200F (Nikon Inc., Melville, NY). A total of 53 isolates with structures resembling the Botryosphaeriaceae were obtained from different hosts. Isolates were grouped by conidial morphology and only one specimen per group was further analyzed from each sampled tree, totalizing 29 isolates.

## DNA extraction, PCR, sequencing and phylogenetic analysis

For DNA extraction, the 29 isolates listed in Table 2 were grown in 2 % malt extract agar (MEA) at room temperature for 10 days. Mycelium was scrapped directly from the colonies on the plates and transferred to Eppendorf tubes (1.5 ml) with 1-mm glass beads and extraction buffer (Qiagen Inc., Valencia, CA). These were vigorously shaken using a vortex mixer and placed in a water bath at 60° C for 1 hr. DNA extraction was performed using the Qiagen Plant DNeasy Mini Kit (Qiagen Inc., Valencia, CA) following manufacturer's instructions.

Primers ITS1 (5' TTC GTA GGT GAA CCT GCG G 3') and ITS4 (5' TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3') (White *et al.*, 1990) were used to amplify the internal transcribed spacer region of the ribosomal DNA operon (ITS). Polymerase Chain Reactions (PCR) were performed in a 25- $\mu$ l reaction mixture of 1.0  $\mu$ l of 0.05% casein, 12.5  $\mu$ l of Amplitaq Gold PCR Master-Mix (Applied Biosystems, Foster City, CA), 1.0  $\mu$ l of 10 mM ITS1, 1.0  $\mu$ l of 10 mM ITS4, 8.5  $\mu$ l of ddH<sub>2</sub>O and 1.0  $\mu$ l of DNA template. PCR amplifications were performed in a MJ Research PTC 200 DNA Engine Thermal Cycler PCR (MJ Research, Reno, NV) with the following parameters: 5 min at 94° C; 1 min at 94° C; 1 min at 50° C; 1 min at 72° C; cycle to step 2, 35 times; 5 min at 72° C; hold at 10° C.

PCR products were visualized on agarose gels, purified and prepared for sequencing using ExoSAP-IT PCR clean-up kit (USB Corp., Cleveland, OH) following manufacturer's instructions. Sequencing reactions were performed using the same primers with the ABI Prism Dye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit (Applied Biosystems, Foster City, CA) and an ABI Prism 377 automated DNA sequencer. Sequences were obtained in both directions and assembled using

ChromasPro software version 1.33 (Technelysium Pty. Ltd., Eden Prairie, MN). Sequences obtained in this study were aligned with sequences of different species in the Botryosphaeriaceae available in GenBank (Table 2). Multiple sequence alignments were made by using Discovery Studio Gene v1.5 (Accelrys Inc., San Diego, CA).

Phylogenetic analysis was performed using PAUP Version 4.0b10a (Swofford, 2002). Neighbor-joining analysis used the uncorrected «p» substitution model. Gaps generated in the alignment process during the comparison were treated as missing data and all characters were treated as unordered and of equal weight. Ties were broken randomly when found. Maximum parsimony analysis was performed using the heuristic search option with simple taxa additions and tree bisection and reconstruction (TBR) as the branch-swapping algorithm. Support for the nodes of the shortest trees was determined by analysis of 1,000 bootstrap replicates (Hillis and Bull, 1993). Tree length (TL), consistency index (CI), retention index (RI), and rescaled consistency index (RC) were calculated. The trees were rooted using the GenBank sequences of *Guignardia philoprina* Berk. and Curtis and *Teratosphaeria africana* (Crous and Wingf.) Crous and Braun.

## Results

### Fungal Isolates

A total of 29 isolates of Botryosphaeriaceae were obtained from different *Eucalyptus* spp. and native Myrtaceae trees (Table 2). Isolates UY37 and UY88 were obtained from dead tissue of *E. grandis* pruning residue, and isolates UY1050, UY1263, and UY1366 from stem canker lesions. The remaining isolates were obtained from asymptomatic plant material. All isolates produced conidiomata after three weeks of incubation on water agar with pine needles. Monosporic cultures were obtained from these structures.

### Morphology and DNA sequence comparisons

Phylogenetic analysis showed that the 29 analyzed isolates reside in the Botryosphaeriaceae. The alignment contained 58 ingroup taxa and 2 outgroup taxa. Out of 503 total characters, 305 were constant, 74 variable characters were parsimony-uninformative and 104 were parsimony informative. Heuristic search analysis of the data resulted in one tree (TL = 342 steps; CI = 0.711; RI = 0.894; RC = 0.635; HI = 0.289) (Figure 1).

**Table 2.** List of isolates used in this study, including those for which sequences downloaded from GenBank+.

<b>Culture ID#</b>	<b>Fungus species</b>	<b>Host species</b>	<b>GenBank accession #</b>
UY9 *	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	EU080907
UY16*	<i>Neofusicoccum parvum-N. ribis</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	EU080908
UY37*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	EU080909
UY40*	<i>Neofusicoccum eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	EU080910
UY48*	<i>B. dothidea</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	EU080911
UY52*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	EU080912
UY88*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	EU080913
UY107*	<i>Diplodia seriata</i> -related	<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	EU080914
UY118*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	EU080915
UY119*	<i>B. dothidea</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	EU080916
UY231*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	EU080917
UY339*	<i>B. dothidea</i>	<i>Myrceugenia glaucescens</i>	EU080918
UY394*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	EU080919
UY543*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eugenia repanda</i>	EU080920
UY587*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	EU080921
UY671*	<i>D. seriata</i> -related	<i>Hexachlamys edulis</i>	EU080922
UY672*	<i>Dothiorella iberica</i> - related	<i>Hexachlamys edulis</i>	EU080923
UY693*	<i>D. seriata</i> -related	<i>Eugenia uniflora</i>	EU080924
UY719*	<i>B. dothidea</i>	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> var. <i>octandrum</i>	EU080925
UY754*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eucalyptus ficifolia</i>	EU080926
UY788*	<i>D. seriata</i> -related	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	EU080927
UY1050*	<i>N. parvum-N. ribis</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	EU080928
UY1070*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus maidenii</i>	EU080929

Continúa

UY1190*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	EU080930
UY1225*	<i>D. seriata</i> -related	<i>Acca sellowiana</i>	EU080931
UY1233*	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus viminalis</i>	EU080932
UY1263*	<i>D. seriata</i> -related	<i>Myrciaria tenella</i>	EU080933
UY1366*	<i>N. parvum</i> - <i>N. ribis</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	EU080935
CMW10122	<i>Neofusicoccum parvum</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	AF283681
CMW10125	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	AF283686
CMW7775	<i>D. seriata</i>	<i>Ribes sp.</i>	AY236954
CBS115041	<i>Do. iberica</i>	<i>Quercus ilex</i>	AY573202
CMW6235	<i>N. parvum</i>	<i>Tibouchina lepidota</i>	AY615136
CMW6804	<i>N. eucalyptorum</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	AY615139
CMW6229	<i>Neofusicoccum eucalypticola</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	AY615142
CMW6217	<i>N. eucalypticola</i>	<i>Eucalyptus rosii</i>	AY615143
CMW14077	<i>Lasiodiplodia gonubiensis</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	AY639595
CMW13434	<i>Pseudofusicoccum stromaticum</i>	<i>Eucalyptus hybrid</i>	AY693974
WAC12396	<i>Neofusicoccum ribis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	AY744369
WAC12398	<i>Dichomera eucalypti</i>	<i>Eucalyptus diversicolor</i>	AY744371
WAC12402	<i>D. eucalypti</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	AY744373
WAC12399	<i>Neofusicoccum australe</i>	<i>Eucalyptus diversicolor</i>	AY744374
WAC12400	<i>N. australe</i>	<i>Eucalyptus marginata</i>	AY744375
WAC12403	<i>Dichomera versiformis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	AY744376
VPRI31988	<i>D. versiformis</i>	<i>Eucalyptus pauciflora</i>	AY744377
WAC12404	<i>B. dothidea</i>	<i>Eucalyptus calophylla</i>	AY744378
CMW15950	<i>N. parvum</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	DQ093193
CMW15948	<i>Neofusicoccum macroclavatum</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	DQ093197

Continúa

CMW15947	<i>N. macroclavatum</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>	DQ093199
CMW14012	<i>N. ribis</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316073
CMW14030	<i>N. parvum</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316077
CMW13998	<i>Neofusicoccum magniferae</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316081
CMW14009	<i>B. dothidea</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316084
CMW14071	<i>Neofusicoccum luteum</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316088
CMW14074	<i>N. australe</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316089
CMW14116	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	<i>Syzygium cordatum</i>	DQ316092
CMW568	<i>D. seriata</i>	<i>Malus</i> sp.	DQ836726
CMW3025	<i>Teratosphaeria africana</i>	<i>Eucalyptus viminalis</i>	AF283690
CMW7063	<i>Guignardia philoprina</i>	<i>Taxus baccata</i>	AF312014

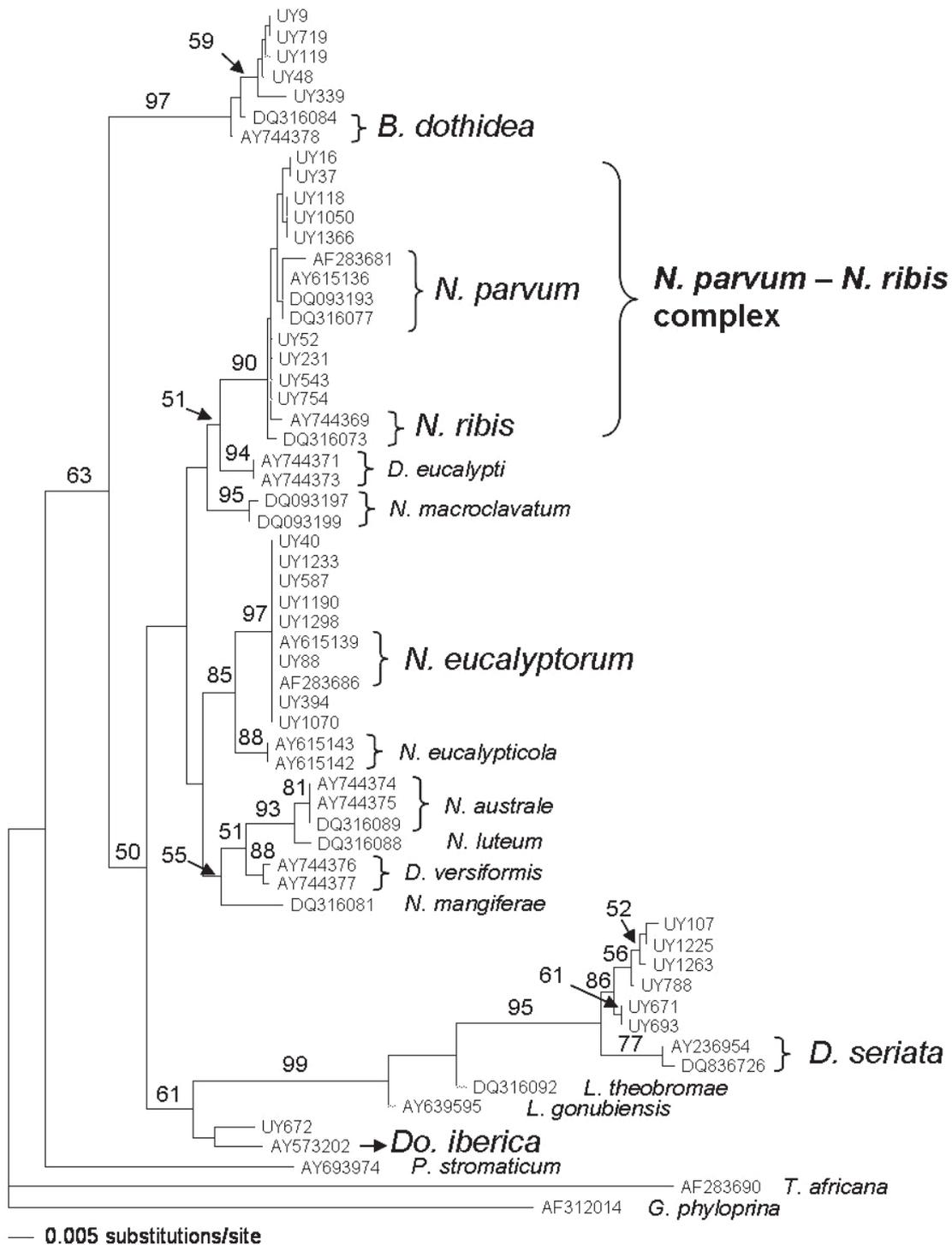
(+) Cultures marked with a (\*) were sequenced in this study. Sequence data for other cultures were taken from GenBank and result from the studies of Barber *et al.*, 2005; Burgess *et al.*, 2005; Gure *et al.*, 2005; Mohali *et al.*, 2007; Pavlic *et al.*, 2007; Slippers *et al.*, 2004b, 2007

Based on the analyzed DNA sequences, five different Botryosphaeriaceae species are represented in the 29 isolates analyzed. Thus, five isolates clustered with *B. dothidea*, eight isolates clustered with *N. eucalyptorum*, six isolates were closely related to *Diplodia seriata* De Not. (= *B. obtusa* (Schwein.) Shoemaker), and nine isolates clustered with the *N. parvum*-*N. ribis* complex. The remaining isolate is likely related to *Dothiorella iberica* Phillips, Luque and Alves (= *B. iberica* Phillips, Luque and Alves), but the bootstrap value was low.

Morphological comparisons confirmed the results of the DNA sequence comparisons. *Botryosphaeria dothidea* was found endophytically in *Eucalyptus grandis* and in four native Myrtaceae species namely *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) Berg, *Eugenia uruguayensis* Cambess, *Myrceugenia glaucescens* and *Myrrhinium atropurpureum* Schott var. *octandrum* Benth. Isolates identified as *N. parvum*-*N. ribis* complex were found in both *Eucalyptus* spp. and native Myrtaceae. These were obtained from asymptomatic plant tissue from *Blepharocalyx salicifolius*, *Eugenia*

*uruguayensis* and *Eugenia repanda* Berg, while the isolate UY1366 was obtained from a stem canker on *Blepharocalyx salicifolius*. On *Eucalyptus*, however, they were isolated as endophyte (in *E. grandis* and *E. ficifolia* Muell.). They were also found sporulating on dead tissue (on *E. grandis* debris) and from stem cankers (on *E. globulus*).

Seven isolates emerging from this study were identified as *N. eucalyptorum*. Six of these were endophytes on different *Eucalyptus* species (*E. grandis*, *E. dunnii* Maiden, *E. tereticornis* Sm., *E. maidenii* Muell, *E. globulus* and *E. viminalis* Cunn. ex Schauer), and the remaining was found sporulating on dead *E. grandis* tissue. On the other hand, *Dothiorella seriata*-related isolates were obtained only from Myrtaceous trees but not found on *Eucalyptus* samples. Finally, a *Dothiorella iberica*-related species was found as endophyte in *Hexachlamys edulis* (Berg) Kausel and Legrand, a native Myrtaceous tree.



**Figure 1.** Phylogenetic relationship among the fungal isolates obtained in this study from native Myrtaceae trees and exotic *Eucalyptus* plantations in Uruguay and sequences of Botryosphaeriaceae downloaded from GenBank. The phylogenetic tree was constructed using neighbor-joining analysis, with the uncorrected «p» model on the ITS rDNA sequences. The tree was rooted with *Mycosphaerella africana* and *Guignardia phyloprina*. Bootstrap values greater than 50% from 1000 replications of the heuristic search are shown at the nodes.

## Discussion

In this study, we found five species of Botryosphaeriaceae on *Eucalyptus* and native Myrtaceae in Uruguay. *Botryosphaeria dothidea* was previously reported as an endophyte infecting eucalypts (Bettucci and Alonso, 1997; Smith *et al.*, 1996) and also causing stem cankers on eucalypts in Uruguay (Balmelli *et al.*, 2004) and other countries (Smith *et al.*, 1994). However, identification of species of Botryosphaeriaceae prior to the application of DNA sequence comparisons indicates that reference to *B. dothidea* probably implies a suite of different species. Thus, some of the isolates previously considered to be *B. dothidea* have subsequently been identified as *Neofusicoccum parvum* (Pennycook and Samuels) Crous, Slippers and Phillips and *N. ribis* (Slippers *et al.*, 2004b).

With the recent taxonomic concept of Botryosphaeriaceae (Crous *et al.*, 2006), *B. dothidea* has been infrequently isolated from *Eucalyptus* spp. and it has been suggested that this fungus may not be an important pathogen of these trees (Slippers *et al.*, 2004b; Pavlic *et al.*, 2007). Nevertheless, little is known about the fungus and pathogenicity tests using different isolates should be carried out in order to more accurately evaluate its importance as a pathogen of *Eucalyptus*.

Bettucci *et al.* (2004) reported the presence of endophytic *B. dothidea* in *Myrceugenia glaucescens*, a Myrtaceous tree native to Uruguay. In this study, we confirmed this finding and also found endophytic infections of *B. dothidea* on *Blepharocalyx salicifolius*, *Eugenia uruguayensis*, and *Myrrhinium atropurpureum* var. *octandrum*. These results support the wide host range for the fungus reported by Michialides *et al.* (2001). These findings also emphasize the need to consider native Myrtaceae when sampling for a population structure study of *B. dothidea* in Uruguay.

Collection of isolates residing in the *Neofusicoccum parvum*-*N. ribis* complex, was not surprising as this fungus is known to be common on *Eucalyptus*. Slippers *et al.* (2004a) used a multiple gene genealogy to provide strong evidence that *N. parvum* and *N. ribis* represent different species. They also recommend caution when distinguishing between these two species based on morphology or sequence data for only a single DNA locus. Therefore, the isolates identified as belonging to *N. parvum*-*N. ribis* complex in this study must await more detailed comparisons using multiple gene approach.

*Neofusicoccum parvum* has been found on a wide range of hosts including certain Myrtaceae trees

worldwide (Barber *et al.*, 2005; Burgess *et al.*, 2005; Gure *et al.*, 2005; Mohali *et al.*, 2007; Pavlic *et al.*, 2007; Slippers *et al.*, 2004b). Slippers *et al.* (2004b) showed that *N. parvum* rather than other species of the Botryosphaeriaceae was associated with disease of *Eucalyptus* in South Africa. In addition, *N. parvum* was reported as an important die-back and stem canker pathogen of *Eucalyptus* in Ethiopia, Republic of Congo, and Uganda (Gezahgne *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 1994, Roux *et al.*, 2001). To the best of our knowledge, this species has not previously been found in Uruguay. However, Alonso (2004) reported the presence of *N. ribis* on *Eucalyptus globulus* based on the morphology and comparisons of sequence data for the ITS region of the rDNA operon. Due to the complexity of distinguishing between *N. parvum* and *N. ribis*, further analyses are required to confirm this report.

*Neofusicoccum ribis* has a wide host range and it has been found on certain *Eucalyptus* spp. (Barber *et al.*, 2005; Mohali *et al.*, 2007), Myrtaceous species (Pavlic *et al.*, 2007) and other non-Myrtaceous hosts (Denman *et al.*, 2003; Zhou *et al.*, 2001). This fungus was associated with the death of *E. radiata* in Australia (Shearer *et al.*, 1987), and even with some concerns raised about the species identification at that time, Pavlic *et al.* (2007) concluded that *N. ribis* is the most pathogenic species of Botryosphaeriaceae on the *Eucalyptus* clones used in their study. These reports reinforce the need for correct identification as well as to assess the pathogenicity of Botryosphaeriaceae occurring on eucalypts.

*Neofusicoccum eucalyptorum* has previously been reported in Uruguay as an endophyte in *Eucalyptus globulus* or from bark lesions (Alonso, 2004; Bettucci, 2003). In the present study, this fungus was found on a large number of different *Eucalyptus* spp. and many of these are new host records for this fungus. It was not found on native Myrtaceae and it might represent a non-native pathogen accidentally introduced into Uruguay.

Smith *et al.* (2001) analyzed the pathogenicity of several isolates of *N. eucalyptorum*, and concluded that even when isolates of *N. eucalyptorum* were less virulent than those of *B. dothidea*, it was clear that *N. eucalyptorum* is pathogenic to eucalypts. Therefore, pathogenicity tests are needed to assess the importance of isolates obtained in this study. Likewise, it will be important to confirm that the fungus does not occur on native Myrtaceae, in which case it might also pose a threat to these trees in Uruguay.

*Diplodia seriata*-related (= '*Botryosphaeria obtusa*') isolates were found as endophytes on five different

native Myrtaceae. It was also isolated from a stem canker on *Myciaria tenella*. The phylogenetic tree shows that these isolates are related to *D. seriata* but they formed a defined group that suggests they could be a different species. Since spores produced by the fungus resembled those produced by *D. seriata*, multiple gene analysis is required to resolve the identity of this group of isolates. *Diplodia seriata* has been reported causing severe disease on many different hosts (Britton and Hendrix, 1989; Brown-Rytlewski and McManus, 2000; Phillips *et al.*, 2007; Pusey, 1993; Swart and Botes, 1995). However, it has not been found on *Eucalyptus* species elsewhere in the world, and was also not isolated from this host during this study. The presence of this fungus on native Myrtaceae might indicate a potential threat to *Eucalyptus* plantations. Pathogenicity tests are thus planned to gain a better understanding of its potential hazard to introduced *Eucalyptus* species.

A single isolate in this study was related to *Dothiorella iberica* (= '*Botryosphaeria*' *iberica*). This fungus was found as an endophyte on a member of the Myrtaceae, *Hexachlamys edulis*. *Dothiorella iberica* has recently been described by Phillips *et al.* (2007) and the only known hosts are *Malus* and *Quercus* (Phillips *et al.*, 2005). Further investigation is needed to confirm the identity of the isolate and test its pathogenicity to *Eucalyptus* spp.

This study expands the knowledge of the occurrence of Botryosphaeriaceae on native and introduced Myrtaceae in Uruguay. It has not been experimentally shown whether organisms that produce diseases affecting these trees in Uruguay are native or have been introduced. Since Uruguay has a reasonably large number of native trees in the Myrtaceae family that are related to *Eucalyptus* it could be hypothesized that these native trees could be the hosts of some pathogens affecting *Eucalyptus* spp. Results of this study evidence *B. dothidea* and *N. parvum*-*N. ribis* complex occurring in both native and introduced trees. Future work will focus on understanding the relationships among these fungi and their respective host. Reciprocal pathogenicity tests and population biology studies should be undertaken to obtain a better understanding of this pathosystem and to better assist breeding programs aimed at elevating resistance to diseases.

### Acknowledgments

We acknowledge to Colonvade, Forestal Oriental, Rivermol and Stora Enso for partially fund this project. This project was also partially funded by the agreement

of cooperation FPTA221 INIA-Facultad de Agronomía. Also thanks to Andrés Berrutti, Ana Terzaghi and Gustavo Balmelli for their help during the surveys.

### References

- Alonso, R.** 2004. Estudio de *Botryosphaeria* spp. en *Eucalyptus globulus* en Uruguay: endofitismo o patogenicidad? Tesis de Maestría en Biología. PEDECIBA. Uruguay. pp. 52.
- Balmelli, G.; Marroni, V.; Altier, N. y Garcia, R.** 2004. Potencial del mejoramiento genético para el manejo de enfermedades en *Eucalyptus globulus*. INIA. Serie Técnica 143.
- Barber, P.; Burgués, T.; Hardy, G.; Slippers, B.; Keane, P. and Wingfield, M.** 2005. *Botryosphaeria* species from *Eucalyptus* in Australia are pleoanamorphic, producing *Dichomera* synanamorphs in culture. Mycological Research 109:1347-1363.
- Barnard, E.; Geary, T.; English, J. and Gilly, S.** 1987. Basal cankers and coppice failure of *Eucalyptus grandis* in Florida. Plant Disease 71:358-361.
- Bettucci, L.** 2003. Problemas sanitarios en *Eucalyptus globulus* en Uruguay. In: I Simposio Iberoamericano de *Eucalyptus globulus*. Octubre 30-31, 2003. Montevideo. Uruguay.
- Bettucci, L. and Alonso, R.** 1997. A comparative study of fungal populations in healthy and symptomatic twigs of *Eucalyptus grandis* in Uruguay. Mycological Research 101:1060-1064.
- Bettucci, L.; Simeto, S.; Alonso, R. and Lupo, S.** 2004. Endophytic fungi of twigs and leaves of three native species of Myrtaceae in Uruguay. Sydowia 56:8-23.
- Britton, K. and Hendrix, F.** 1989. Infection of peach buds by *Botryosphaeria obtusa*. Plant Disease 73:65-68.
- Brown-Rytlewski, D. and McManus, P.** 2000. Virulence of *Botryosphaeria dothidea* and *Botryosphaeria obtusa* on apple and management of stem cankers with fungicides. Plant Disease 84:1031-1034.
- Burgess, T.; Barber, P. and Hardy, G.** 2005. *Botryosphaeria* spp. associated with eucalypts in Western Australia, including the description of *Fusicoccum macroclavatum* sp. nov. Australasian Plant Pathology 34:557-567.
- Coutinho, T.; Wingfield, M.; Alfenas, A. and Crous, P.** 1998. *Eucalyptus* rust: a disease with the potential for serious international implications. Plant Disease 82:819-825.
- Crous, P.; Slippers, B.; Wingfield, M.; Rheeder, J.; Marasas, W.; Phillips, A.; Alves, A.; Burgess, T.; Barber, P. and Groenewald, J.** 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. Studies in Mycology 55:235-253.
- Denman, S.; Crous, P.; Groenewald, J.; Slippers, B.; Wingfield, B. and Wingfield, M.** 2003. Circumscription of *Botryosphaeria* species associated with Proteaceae

- based on morphology and DNA sequence data. *Mycologia* 95:294-307.
- Gezahgne, A.; Roux, J.; Slippers, B. and Wingfield, M.** 2004. Identification of causal agent of *Botryosphaeria* stem canker in Ethiopian *Eucalyptus* plantations. *South African Journal of Botany* 70:241-248.
- Gure, A.; Slippers, B. and Stenlid, J.** 2005. Seed-borne *Botryosphaeria* spp. from native *Prunus* and *Podocarpus* trees in Ethiopia, with a description of the anamorph *Diplodia rosulata* sp. nov. *Mycological Research* 109:1005-1014.
- Hillis, D.M. and Bull, J.J.** 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. *Systematic Biology* 42:142-152.
- MGAP.** 2005. Boletín Estadístico: Diciembre 2005. Dirección General Forestal. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Uruguay. pp. 44.
- Michialides, T.; Morgan, D. and Felts, D.** 2001. Collection and characterization of *Botryosphaeria dothidea* from various hosts and pathogenicity studies on pistachio. *Univ. Calif. KAC Plant Protection Q.* 11:3-8
- Mohali, S.; Slippers, B. and Wingfield, M.** 2007. Identification of Botryosphaeriaceae from *Eucalyptus*, *Acacia*, and *Pinus* in Venezuela. *Fungal Diversity* 25:103-125.
- Old, K. and Davison, E.** 2000. Canker diseases of eucalypts. In: Keane, P., Kile, G., Podger, F. and Brown, B. (eds). *Diseases and Pathogens of Eucalypts*. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 247-257.
- Old, K.; Gibbs, R.; Craig, I.; Myers, B. and Yuan, Z.** 1990. Effect of drought and defoliation on the susceptibility of eucalypts to cankers caused by *Endothia gyrosa* and *Botryosphaeria ribis*. *Australian Journal of Botany* 38:571-581.
- Pavlic, D.; Slippers, B.; Coutinho, T. and Wingfield, M.** 2007. Botryosphaeriaceae occurring on native *Syzygium cordatum* in South Africa and their potential threat to *Eucalyptus*. *Plant Pathology* doi:10.1111/j.1365-3059.2007.01608.x
- Phillips, A.; Alves, A.; Correia, A. and Luque, J.** 2005. Two new species of *Botryosphaeria* with brown, 1-septate ascospores and *Dothiorella* anamorphs. *Mycologia* 97:513-529.
- Phillips, A.; Crous, P. and Alves, A.** 2007. *Diplodia seriata*, the anamorph of «*Botryosphaeria*» *obtusa*. *Fungal Diversity* 25:141-155.
- Pusey, P.** 1989. Influence of water stress on susceptibility of non-wounded peach bark to *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease* 73:1000-1003.
- Pusey, P.** 1993. Role of *Botryosphaeria* species in peach tree gummosis on the basis of differential isolation from outer and inner bark. *Plant Disease* 77:170-174.
- Roux, J.; Coutinho, T.; Byabashaija, D. and Wingfield, M.** 2001. Diseases of plantation *Eucalyptus* in Uganda. *South African Journal of Science* 97:16-18.
- Seixas, C.; Barreto, R.; Alfenas, A. and Ferreira, F.** 2004. *Cryphonectria cubensis* on an indigenous host in Brazil: a possible origin for *Eucalyptus* canker disease? *Mycologist* 18:39-45.
- Shearer, B.; Tippett, J. and Bartle, J.** 1987. *Botryosphaeria ribis* infection associated with death of *Eucalyptus radiata* in species selection trials. *Plant Disease* 71:140-145.
- Simeto, S.; Alonso, R.; Tiscornia, S. and Bettucci, L.** 2005. Fungal community of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maidenii* stems in Uruguay. *Sydowia* 57:246-258.
- Slippers, B.; Crous, P.; Denman, S.; Coutinho, T.; Wingfield, B. and Wingfield, M.** 2004a. Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*. *Mycologia* 96:83-101.
- Slippers, B.; Fourie, G.; Crous, P.; Coutinho, T.; Wingfield, B.; Carnegie, A. and Wingfield, M.** 2004b. Speciation and distribution of *Botryosphaeria* spp. on native and introduced *Eucalyptus* trees in Australia and South Africa. *Studies in Mycology* 50:343-358.
- Slippers, B.; Smith, W.; Crous, P.; Coutinho, T.; Wingfield, B. and Wingfield, M.** 2007. Taxonomy, phylogeny and identification of Botryosphaeriaceae associated with pome and stone fruit trees in South Africa and other regions of the world. *Plant Pathology* 56:128-139.
- Smith, H.; Crous, P.; Wingfield, M.; Coutinho, T. and Wingfield, B.** 2001. *Botryosphaeria eucalyptorum* sp. nov., a new species in the *B. dothidea*-complex on *Eucalyptus* in South Africa. *Mycologia* 93:277-285.
- Smith, H.; Kemp, G. and Wingfield, M.** 1994. Canker and die-back of *Eucalyptus* in South Africa caused by *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Pathology* 43:1031-1034.
- Smith, H.; Wingfield, M. and Petrini, O.** 1996. *Botryosphaeria dothidea* endophytic in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus nitens* in South Africa. *Forest Ecology and Management* 89:189-195.
- Swart, W. and Botes, W.** 1995. First report of *Botryosphaeria obtusa* on pistachio. *Plant Disease* 79:1036-1038.
- Swofford, D.L.** 2002. PAUP\*: phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods). Version 4.0b10a. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Turnbull, J.W.** 2000. Economic and social importance of eucalypts. In: *Diseases of pathogens of eucalypts*. Ed. by Keane, P.J.; Kile, G.A.; Podger, F.D.; Brown, B.N. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing. pp. 1-10.
- Wene, E. and Schoeneweiss, D.** 1980. Localized freezing predisposition to *Botryosphaeria dothidea* in differentially frozen woody stems. *Canadian Journal of Botany* 58:1455-1458.
- White, T.J.; Bruns, S.; Lee, S. and Taylor, J.** 1990. Amplification and direct sequencing of fungal genes for phylogenetics. In: *PCR protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego. pp. 315-322 .

**Wingfield, M.** 2003. Increasing threat of disease to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons from *Cryphonectria* canker. *Australasian Plant Pathology* 32:133-139.

**Wingfield, M.; Rodas, C.; Myburg, H.; Venter, M.; Wright, J. and Wingfield, B.** 2001. *Cryphonectria* canker on *Tibouchina* in Colombia. *Forest Pathology* 31:297-306.

**Yuan, Z. and Mohammed, C.** 1999. Pathogenicity of fungi associated with stem cankers of *Eucalyptus* in Tasmania, Australia. *Plant Disease* 83:1063-1069.

**Zhou, S.; Smith, D. and Stanosz, G.** 2001. Differentiation of *Botryosphaeria* species and related anamorphic fungi using Inter Simple or Short Sequence Repeat (ISSR) fingerprinting. *Mycological Research* 105:919-926.

## Efeito de produtos químicos e naturais sobre o controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica* em cana de açúcar

Silva de Oliveira, F.<sup>1</sup>; Rúbia da Rocha, M.<sup>1</sup>; Batista Duarte, J.<sup>1</sup>; Andrade Teixeira, R.;<sup>1</sup> Oliveira Faleiro, V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG. Caixa Postal 131, CEP 74001-970. Goiânia, GO. E-mail: mrocha@agro.ufg.br

Recibido: 31/8/08 Aceptado: 15/12/08

### Resumo

Com o objetivo de avaliar o efeito de produtos químicos e naturais sobre populações de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica*, na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), variedade RB835486, foi conduzido experimento em campos de produção no Estado de Goiás, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, em parcelas subdivididas, com cinco repetições. Os tratamentos avaliados foram: testemunha, abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup>, abamectina 1,0 L ha<sup>-1</sup>, óleo de nim 2,0 L ha<sup>-1</sup>, aldicarb 150G 12 kg ha<sup>-1</sup>, todos com e sem aplicação de torta de filtro (30 t ha<sup>-1</sup>). Avaliações da população dos fitonematóides foram feitas aos dois, quatro, seis e oito meses após o plantio. Foram avaliados também os atributos biométricos e tecnológicos da cultura. Observou-se que o nematicida aldicarb foi eficiente no controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica*, apresentando efeito até os quatro meses após aplicação no sulco de plantio. No entanto, aplicado em associação com a torta de filtro sua eficiência foi reduzida. O uso de abamectina e óleo de nim não mostraram nenhum efeito nematicida. A torta de filtro não apresentou efeito nematicida, mas aumentou o número de perfilhos na cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** abamectina, aldicarb, fitonematóides, nim, *Saccharum* sp.

### Summary

## Effect of natural and chemical products on control of *Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne javanica* in sugarcane

The purpose of this study was to evaluate the effect of natural and chemical products on *Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne javanica* populations in sugarcane (*Saccharum* sp.), variety RB835486. The experiment was carried out in commercial field of Goiás state, Brasil. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme 5 x 2, in split plot, with five replications. The treatments evaluated were: control, abamectin 0.5 L ha<sup>-1</sup>, abamectin 1.0 L ha<sup>-1</sup>, neem oil 2 L ha<sup>-1</sup>, aldicarb 150 G 12 kg ha<sup>-1</sup>, all of them with and without filter cake (30 t ha<sup>-1</sup>). Nematode populations were evaluated at two, four, six and eight months after planting. Biometrics and technological traits were also evaluated. Aldicarb was efficient on the control of *Pratylenchus* spp. and *M. javanica* showing effect until four months after application in the planting furrow. However, when applied in association with filter cake its efficiency was reduced. Use of abamectin and neem oil did not show any nematicide effect. The filter cake did not show consistent effect as nematicide, but increased the number of shootings.

**Key words:** abamectin, aldicarb, neem, plant parasitic nematodes, *Saccharum* sp.

## Introdução

O controle de nematóides em regiões de maior tradição no plantio de cana-de-açúcar, como Sudeste e Nordeste do Brasil, vem sendo feito principalmente por meio de nematicidas. Os produtos atualmente disponíveis no mercado são produtos sistêmicos e altamente tóxicos (Novaretti, 1998). De acordo com os estudos realizados por Dinardo-Miranda *et al.* (2002), na região Sudeste, e por Chaves *et al.* (2004), na região Nordeste, em áreas de cana-de-açúcar com altas infestações de *Pratylenchus zae* e *Meloidogyne* sp., a aplicação de nematicidas tem demonstrado incrementos médios de produtividade da cultura, variando de 8 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>, dependendo da variedade. No Estado de Goiás, Machado (2001) estudou o efeito de diferentes nematicidas sobre a população de *P. zae* em cana-de-açúcar e verificou ganhos de produtividade de 8 t ha<sup>-1</sup>, em consequência da redução populacional desse nematóide. Estes nematicidas, no entanto, vêm sofrendo grandes restrições de uso em vários países devido às implicações toxicológicas e ambientais apresentadas.

O produto abamectina apresenta atividade anti-helmíntica, inseticida e acaricida (Jansson e Dybas, 1998) e, por ser um produto pouco tóxico e de fácil manipulação, tem sido avaliado em aplicações no solo, imersão de raízes, imersão de bulbos e pulverização foliar em diversas culturas, demonstrando potencial no controle de nematóides fitoparasitas (Jansson e Rabatim, 1998).

Diversas pesquisas com produtos naturais também têm sido realizadas visando ao controle alternativo dos fitonematóides. Entre esses os produtos derivados do nim (*Azadirachta indica*), tais como extratos, óleos, tortas e pó das sementes, podem ser promissores na redução da população de nematóides parasitas de plantas (Akhtar, 1998; Aguiar *et al.*, 2005).

Segundo Quarles (1992), produtos naturais apresentam algumas vantagens sobre os pesticidas sintéticos, porque são menos concentrados e, portanto, potencialmente menos tóxicos do que compostos puros. Esses produtos sofrem biodegradação rápida e podem possuir múltiplos modos de ação, tornando possível um amplo espectro de uso, enquanto retêm uma ação seletiva dentro de cada classe de patógeno ou praga. Ademais, são derivados de recursos renováveis, diferentemente dos materiais sintéticos.

O uso de matéria orgânica no solo também é uma das alternativas na redução da população de nematóides em geral. Segundo Widmer e Abawi (2002), a incorporação da matéria orgânica ao solo possibilita

aumento da população microbiana antagonista aos fitonematóides, além de promover formação de substâncias, tais como ácidos graxos voláteis, que podem apresentar ação nematicida. Durante o processo de decomposição de substâncias orgânicas, promovido sobretudo por bactérias e fungos, ocorre a formação de ácidos orgânicos, que podem exercer atividade nematicida, dependendo do pH.

A literatura disponível informa sobre os efeitos da aplicação de torta de filtro, resíduo da indústria sucroalcooleira, sobre as características e propriedades físico-químicas dos solos. No entanto, ainda são poucas as informações relativas aos seus efeitos biológicos, advindos da sua aplicação ao solo, principalmente sobre a atividade supressiva a fitonematóides (Dinardo-Miranda *et al.*, 2003).

Diante da necessidade de gerar mais informações sobre o controle de nematóides na cultura da cana-de-açúcar, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar o efeito de produtos naturais e químicos sobre densidade populacional de nematóides dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne*.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Nematologia da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (Goiânia-GO) e em campos de produção da Usina Jalles Machado S/A, no município de Goianésia-GO, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, com parcelas subdivididas, com cinco repetições. O experimento foi composto por dez tratamentos resultantes da combinação de testemunha, abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup>, abamectina 1,0 L ha<sup>-1</sup> (Vertimec 18 CE), óleo de nim 2,0 L ha<sup>-1</sup> (2 % de azadiractina) e aldicarb 150 G 12 kg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação ou não de torta de filtro, na dosagem de 30 t ha<sup>-1</sup>.

O experimento foi instalado na Fazenda Caiçara, numa área de 6.300 m<sup>2</sup>, em solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo. A escolha da área foi feita com base em levantamentos de populações de nematóides realizados por Machado (2001) nos campos de produção da Empresa, quando se identificou área que apresentou altas populações de *Pratylenchus* sp. e *Meloidogyne* sp. e baixa produtividade. O plantio foi realizado em 25/05/03 e a variedade de cana-de-açúcar utilizada foi RB835486. Cada parcela foi constituída por nove linhas de 10 m, com espaçamento de 1,40 m entre linhas. A área útil da parcela foi representada pelas cinco linhas centrais.

O produto aldicarb 150 G e a torta de filtro foram aplicados no fundo do sulco de plantio, imediatamente antes do plantio. O óleo de nim foi aplicado no momento do plantio, sobre os toletes de cana, e imediatamente cobertos com uma leve camada de solo. O produto abamectina, ainda não registrado para o uso como nematicida na cultura da cana-de-açúcar, foi pulverizado na parte aérea da planta, nas duas dosagens, dois meses após o plantio em 25/07/03, sendo a calda preparada com a adição de óleo mineral a 0,25 %. A definição das dosagens de abamectina foi feita com base nas recomendações do produto como acaricida.

A população de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica* foi avaliada aos dois, quatro, seis e oito meses após o plantio. Em cada época foram escolhidos aleatoriamente três pontos, nas três linhas centrais de cada parcela, e coletada uma sub-amostra de solo a uma profundidade de 15 cm. As três sub-amostras foram homogeneizadas em um recipiente, do qual foi retirada uma amostra composta com volume de 100 cm<sup>3</sup> de solo. Nos mesmos pontos escolhidos, retiravam-se a touceira de cana-de-açúcar coletando-se as raízes e obtendo-se uma alíquota de 10 g. As amostras de solo foram submetidas ao método de flutuação, sedimentação e peneiramento associado à centrifugação descrito por Jenkins (1964). As raízes foram cortadas em pequenos fragmentos e trituradas em liquidificador, após adição de 250 mL de água, por sessenta segundos, em duas etapas de trinta segundos. Em seguida, passaram pela combinação dos métodos de peneiramento, flutuação e centrifugação em solução de sacarose de acordo com Coolen & D'Herde (1972) e Jenkins (1964). A suspensão obtida após a extração, contendo os nematóides, foi colocada em tubo de ensaio e levada ao banho-maria a 55° C para matar os nematóides. Logo após, foi acondicionada em frasco de vidro contendo solução de Golden para posterior contagem e identificação dos nematóides.

Para a identificação das espécies do gênero *Pratylenchus* foram escolhidas aleatoriamente cinco amostras provenientes das extrações de raízes, em cada época de avaliação. Em seguida, estas amostras foram submetidas ao método de infiltração com glicerina. Posteriormente, foram preparadas várias lâminas de cada amostra e levadas ao microscópio para a identificação, com base nas características de posição da vulva, região labial e término da cauda. A espécie de *Meloidogyne* foi identificada por meio de exame da configuração perineal de fêmeas adultas multiplicadas em tomateiro cultivado em casa-de-vegetação, em solo naturalmente infestado. Para esta identificação o solo foi coletado na área de condução do experimento.

Além da avaliação da população de nematóides, no solo e nas raízes, avaliou-se o perfilhamento, o comprimento, diâmetro e número de colmos, a produtividade e características físico-químicas do caldo. Aos três meses após o plantio, foi avaliado o perfilhamento por meio da contagem do número de perfilhos nas cinco linhas centrais de cada parcela, obtendo-se o número médio de perfilhos por 10 m de sulco em cada parcela. Aos doze meses após o plantio, realizou-se também a contagem do número de colmos nas cinco linhas centrais de cada parcela, e obtendo-se o peso, o comprimento e o diâmetro médios dos colmos, numa amostra de dez colmos tomados ao acaso em cada parcela. A produtividade foi determinada pela pesagem dos colmos das cinco linhas centrais, utilizando-se uma célula de carga acoplada ao trator. Para análise físico-química, representada pela porcentagem de sacarose no caldo (Pol), Brix, açúcares redutores e teor de fibra, foram retirados dez colmos ao acaso em cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos foram comparadas, entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados de contagem dos nematóides foram transformados em raiz quadrada de  $(x + 1)$ . As épocas de avaliação foram analisadas separadamente, não tendo sido feitas comparações estatísticas entre as épocas.

## Resultados e discussão

As espécies predominantes na área experimental foram *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaei*, nas frequências de 48 % e 52 %, respectivamente, e *Meloidogyne javanica*. No entanto, a densidade populacional foi relativamente baixa, em comparação a áreas do Sudeste do Brasil com maior tradição no plantio da cana-de-açúcar. No presente estudo, as médias originais das populações de nematóides encontradas na área experimental variaram de 32 a 1038 espécimes de *Pratylenchus* spp. e de 4 a 1093 espécimes de *Meloidogyne javanica* por 10 g de raízes. De acordo com relatos de Moura (2005), densidades populacionais de *Pratylenchus* sp. próximas de 2.500 exemplares por 50 g de raízes são consideradas como médias, enquanto superiores a 5.000 são classificadas como altas. Com relação a *Meloidogyne* spp., densidades acima de 400 exemplares em 50 g de raízes já são tidas como altas.

Nas amostragens nematológicas do sistema radicular da cana-de-açúcar, somente foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, em relação às avaliações realizadas aos dois e quatro meses após o plantio (Tabela 1). Na primeira época de

**Tabela 1.** Populações de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica* em amostras de raízes de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) var. RB835486, tomadas aos dois, quatro, seis e oito meses após o plantio, em função de tratamentos avaliados (Usina Jalles Machado, Fazenda Caiçara, Goianésia-GO. 2003).

Tratamentos	Pratylenchus spp. /10 g de raízes															
	Dois meses				Quatro meses				Seis meses				Oito meses			
	S/torta	C/torta	Média	S/torta	C/torta	Média	S/torta	C/torta	Média	S/torta	C/torta	Média	S/torta	C/torta	Média	
Testemunha	13,07 a A	9,07 a A	11,07	13,74	10,60	12,17 A	14,22	14,12	14,15 A	19,34	24,30	21,82 A				
Abamectina 0,5 L ha <sup>-1</sup>	12,83 a A	14,62 a A	13,73	10,96	12,82	11,89 A	14,06	12,48	13,27 A	32,12	32,30	32,21 A				
Abamectina 1,0 L ha <sup>-1</sup>	8,72 a AB	13,12 a A	10,92	14,22	14,38	14,30 A	13,50	14,70	14,10 A	25,86	20,36	23,11 A				
Óleo de nim 2,0 L ha <sup>-1</sup>	8,98 a AB	11,01 a A	9,99	11,52	13,94	12,73 A	13,32	10,34	11,82 A	20,48	23,62	22,05 A				
Aldicarb 12 kg ha <sup>-1</sup>	3,55 a B	10,94 b A	7,24	4,82	6,34	5,58 B	10,90	11,40	11,15 A	16,91	44,50	30,90 A				
Média	11,75	9,43	-	11,05a	11,61a	-	13,20 a	12,61 a	-	22,48 a	28,82 a	-				
CV (%)	30,29			38,04			34,93			51,14						
	Meloidogyne javanica /10 g de raízes															
Testemunha	9,08	5,98	7,53 AB	11,52	8,74	10,13 AB	4,00	2,80	3,40 A	7,32	7,82	7,57 A				
Abamectina 0,5 L ha <sup>-1</sup>	19,17	10,18	14,68 A	49,29	16,84	33,06 A	4,78	3,22	3,99 A	15,98	6,80	8,69 A				
Abamectina 1,0 L ha <sup>-1</sup>	9,80	5,21	7,50 AB	12,88	18,10	15,49 AB	2,70	1,00	1,85 A	6,18	6,54	11,39 A				
Óleo de nim 2,0 L ha <sup>-1</sup>	8,32	7,23	7,78 AB	16,68	9,24	12,95 AB	3,18	1,36	2,27 A	12,22	5,10	6,36 A				
Aldicarb 12 kg ha <sup>-1</sup>	7,24	6,41	6,83 B	5,92	3,86	4,89 B	4,42	5,46	4,93 A	11,02	23,18	15,42 A				
Média	10,72 a	7,00 a	-	19,26 a	11,35 a	-	3,82 a	2,77 a	-	10,54 a	9,89a	-				
CV (%)	66,15			118,90			97,89			116,97						

1 - Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade. Dados expressos como raiz quadrada (x + 1).

avaliação os resultados obtidos sobre a população de *Pratylenchus* spp. indicaram interação significativa entre a torta de filtro e o fator relacionado aos tratamentos nematicidas ( $P < 0,05$ ). Nos tratamentos sem adição de torta, a população de *Pratylenchus* spp. apresentou redução significativa com a aplicação de aldicarb em relação à testemunha. Com a torta de filtro, entretanto, o efeito controlador do produto aldicarb não foi observado, possivelmente em razão de algum efeito antagônico entre a torta e o produto, o que favoreceu um aumento significativo da população do nematóide (de 3,55 para 10,94). Esses resultados confirmam os obtidos por Dinardo-Miranda *et al.* (2003), que observaram que o produto aldicarb nas dosagens de 8 kg ha<sup>-1</sup> e 12 kg ha<sup>-1</sup>, associado com a torta de filtro, não reduziu a população de *Pratylenchus* spp., apresentando maiores populações do que quando aplicados sem a adição deste resíduo. Chaves *et al.* (2004), ao avaliarem o efeito da torta de filtro associada ao nematicida carbofuran 350 SC, na dose de 5 L ha<sup>-1</sup>, também relataram que os resultados obtidos não indicaram eficiência do tratamento no controle das populações de *Pratylenchus* spp. Aos quatro meses, o efeito diferenciado de aldicarb se confirmou, independentemente da presença da torta de filtro. Possivelmente, nessa época algum antagonismo, como a decomposição da matéria orgânica, que a torta pudesse exercer sobre o efeito nematicida do produto não mais se manifestou.

No que tange à população de *M. javanica*, nenhum tratamento, diferiu estatisticamente da testemunha (Tabela 1). O tratamento nematicida aldicarb na ausência da torta apresentou melhores resultados na redução de *Pratylenchus* spp. do que com a adição da torta. Nos demais tratamentos a torta de filtro foi indiferente (Tabela 1). Ainda considerando a primeira avaliação, não foi observada interação significativa entre a aplicação da torta de filtro e os produtos nematicidas sobre a população de *M. javanica* ( $P > 0,05$ ). No entanto, houve uma tendência destas populações serem menores nas parcelas em que se utilizou a torta de filtro (Tabela 1). A diferença observada entre os tratamentos abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup> e aldicarb, aos dois meses, não deve ser considerada, pois a aplicação do produto abamectina coincidiu com esta época de avaliação.

Aos quatro meses, observou-se que somente o aldicarb reduziu de forma significativa a população de *Pratylenchus* spp. ( $P < 0,05$ ) e não houve mais efeito da adição da torta ( $P > 0,05$ ) (Tabela 1). Para a população de *M. javanica*, o tratamento aldicarb não diferiu da testemunha, mas foi numericamente inferior

aos demais tratamentos, e ainda, diferiu estatisticamente do tratamento abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 1).

A aplicação do aldicarb ocorreu em período de baixa precipitação pluviométrica e a retomada das reservas hídricas do solo, somente a partir de quatro meses após o plantio, ou seja, a partir de setembro, quando se iniciaram as chuvas. O aldicarb é um nematicida de alta solubilidade, portanto, o momento em que ocorreu a aplicação deste produto no solo é considerado um dos mais adequados para a sua utilização (Novaretti, 1998; Dinardo-Miranda *et al.*, 2003). Sendo assim, o princípio ativo do produto deve ter sido disponibilizado de forma lenta para a planta durante o início do seu desenvolvimento, protegendo as suas raízes do ataque de nematóides. No entanto, na época chuvosa, quando se intensifica o crescimento do sistema radicular e o aumento das populações de nematóides, a quantidade do produto no solo não foi mais suficiente para uma ação nematicida devido aos processos de degradação abiótica e biótica.

Nas avaliações feitas aos seis e oito meses não foram detectadas diferenças significativas e consistentes quanto às populações de nematóides em função da aplicação da torta de filtro ou dos tratamentos nematicidas (Tabela 1).

De uma maneira geral, a população de *Pratylenchus* spp. aumentou ao longo das épocas avaliadas. No final, os valores médios da densidade populacional de *Pratylenchus* spp. tenderam a ser maiores nas parcelas em que se utilizou o aldicarb, quando comparado à testemunha, demonstrando que, passado o período residual do nematicida a população do nematóide pode aumentar. Estes dados concordam com Barros (2004), que observou altas populações de *P. zae* nas raízes da cana, em parcelas tratadas com o nematicida adicarb na dosagem de 10 kg ha<sup>-1</sup>, ao final de doze meses de avaliação. Com relação à população de *M. javanica* houve pequena oscilação ao longo das épocas de avaliação, mas de um modo geral, a população se manteve em níveis, que segundo Moura (2005), são considerados prejudiciais à cultura.

O uso do produto abamectina nas dosagens de 0,5 L ha<sup>-1</sup> e 1,0 L ha<sup>-1</sup> não reduziu as populações de *Pratylenchus* spp. e *M. javanica* como era esperado. Aos quatro meses, a população de *M. javanica* até se mostrou mais elevada na dosagem de 0,5 L ha<sup>-1</sup> que a testemunha. Possivelmente, este resultado ocorreu porque a população de *M. javanica* nas parcelas que receberam este tratamento já se encontrava elevada antes da aplicação do produto. Assim, os resultados aqui obtidos não corroboram os de Fasker e Star (2006), que

constatarem sensibilidade de *M. incognita* à abamectina. Estes autores relatam que na concentração de 21,5 µg ml<sup>-1</sup>, o produto causou mortalidade de 100 % dos nematóides após 24 horas de exposição. No entanto, seus estudos foram conduzidos em laboratório, onde se expôs o nematóide diretamente ao produto químico. Silva *et al.* (2004), em condições controladas, também relataram que abamectina, nas doses de 0,42 ml e 1,660 ml por litro de água, foi altamente tóxico às formas juvenis J2 de *M. incognita*, em tomateiros, causando imobilidade e morte dos nematóides. No presente trabalho, dentre os possíveis fatores que possam ter afetado a eficiência do produto, pode-se citar a dosagem utilizada que, possivelmente tenham sido muito baixas nas condições de campo. Isso, entretanto, confirma os resultados obtidos por Dinardo-Miranda e Garcia (2002), que não observaram diminuição da população de nematóides ao aplicar abamectina via pulverização foliar, na dosagem de 0,5 l ha<sup>-1</sup>, em soqueiras de cana-de-açúcar.

Outro aspecto importante trata-se do modo como foi feita a aplicação do abamectina. De acordo com Jansson e Dybas (1998), o produto tem sido avaliado, tanto via pulverização na parte aérea da planta, como em aplicação no solo ou via tratamento de sementes, embora apresente pouca atividade sistêmica. No presente trabalho, fez-se a aplicação via foliar, o que pode ter contribuído para a sua baixa eficiência no controle de *Pratylenchus* spp. e *M. javanica*, em razão do abamectina não ter ação sistêmica na planta. Possivelmente sua aplicação no sulco de plantio ou o tratamento dos toletes no momento do plantio, possam melhorar esta eficiência. No entanto, são necessários mais estudos que comprovem a eficácia do produto aplicado desse modo na cultura da cana-de-açúcar.

De acordo com Wislocki *et al.* (1989), a comercialização de abamectina para o controle de nematóides parasitas de plantas tem sido protelada porque o produto possui a meia-vida curta no solo, em torno de 20 a 47 dias, dependendo do teor de matéria orgânica no solo. Além disso, abamectina possui grande afinidade para se aderir às partículas de solo, e é essencialmente insolúvel em água. A avaliação feita aos 60 dias após a sua aplicação pode ter sido tardia para verificar a sua influência sobre as populações de nematóides. Portanto, tornam-se necessárias a realização de outras pesquisas para melhor avaliar a eficiência do abamectina na redução de populações de nematóides na cultura da cana-de-açúcar, indicando em caso de eficácia, as melhores dosagens, forma e época de aplicação.

O óleo de nim também não influenciou as populações dos fitonematóides em quaisquer das épocas avaliadas. A quantidade de óleo utilizada no ensaio (2 L ha<sup>-1</sup>) pode ter sido baixa e, com isso, os níveis das substâncias com potencial nematicida foram inferiores ao necessário para a obtenção de resultados mais expressivos. Akhtar (1998), ao avaliar o controle de nematóides fitoparasitas via produtos derivados do nim, observou que o óleo da torta foi efetivo na redução da população de *Rotylenchulus reniformis* Lenford e Oliveira 1887, *Helicotylenchus indicus* Steiner 1945 e *M. incognita*.

Apesar de existirem trabalhos que evidenciam a existência de substâncias nematicidas em *Azadirachta indica* (Khan, 1990; Oka *et al.*, 2007), em condições de campo, a degradação das substâncias com potencial nematicida pela microbiota do solo pode ter afetado, em parte, a eficiência do óleo utilizado. Salgado e Campos (2003) observaram que, após a aplicação dos extratos de *Melia azedarach* L., espécie que também produz azadiractina, houve um aumento populacional de *M. exigua* Goeldi 1887. Esse aumento foi atribuído à decomposição dos compostos orgânicos presentes nos extratos, pela ação de bactérias nitrificadoras, as quais podem reduzir ou inibir o efeito nematicida de certos componentes presentes no extrato. No entanto, Chaves *et al.* (2005), ao utilizarem extratos de nim como produto alternativo no manejo integrado de fitonematóides em cana-de-açúcar, mostraram que o extrato na concentração de 2 L por 100 L de água reduziu significativamente a população de *P. zaeae*, mas não afetou o nível populacional de *Meloidogyne javanica*.

No que se refere às populações de *Pratylenchus* spp. e *M. javanica* no solo, não houve efeito significativo dos tratamentos nematicidas, nem do uso da torta de filtro em quaisquer das épocas avaliadas e os níveis populacionais foram muito baixos. Isto se explica porque, em geral, as populações destas espécies, por se tratarem de espécies endoparasitas, migram para o interior das raízes onde passam a causar parasitismo. Por isso, os efeitos esperados dos tratamentos são mais evidentes nas raízes.

Em relação aos aspectos produtivos avaliados, verificou-se que o perfilhamento sofreu alguma influência significativa dos tratamentos (P<0,05) (Tabela 2). O produto aldicarb foi o que proporcionou número maior de perfilhos, apesar de, em termos estatísticos, somente diferir do tratamento abamectina 1,0 L ha<sup>-1</sup>. Os valores biométricos do colmo (comprimento, diâmetro e número médio por 10 m) não foram influenciados pelos tratamentos aplicados

**Tabela 2.** Número de perfilhos da variedade de cana-de-açúcar RB835486 aos 120 dias após o plantio em função dos tratamentos avaliados, em solos infestados por fitonematóides (Usina Jalles Machado, Fazenda Caiçara, Goianésia-GO. 2003).

Tratamentos	Número de perfilhos.10 m <sup>-1</sup>		
	Sem torta	Com torta	Média
Testemunha	140,28	178,84	159,56 AB <sup>1</sup>
Abamectina 0,5 L ha <sup>-1</sup>	146,16	166,56	156,36 AB
Abamectina 1,0 L ha <sup>-1</sup>	134,60	153,72	144,16 B
Óleo de nim 2,0 L ha <sup>-1</sup>	149,60	168,84	159,20 AB
Aldicarb 12,0 kg ha <sup>-1</sup>	162,60	175,16	168,78 A
Médias	146,60 a	168,62 b	-
CV (%)	10,23		

<sup>1</sup>- Média seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, 5 % de probabilidade.

(Tabela 3). Apesar de ter sido verificado um maior perfilhamento neste tratamento, os colmos não foram menores nem mais finos, o que poderia resultar em aumento de produtividade (Tabela 4). No entanto, a produtividade no tratamento com aldicarb somente diferiu do tratamento com abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). O aumento de produtividade no tratamento com aldicarb em relação à testemunha foi da ordem de 11 t ha<sup>-1</sup>, o que não foi significativo.

A torta de filtro também não contribuiu significativamente para aumentos de produtividade. O pequeno incremento observado na produtividade, embora não significativo, possivelmente tenha sido reflexo da elevação no número de perfilhos proporcionado pelo uso da torta (Tabela 2). O incremento

decorrente do uso do aldicarb associado à torta de filtro, comparativamente à testemunha, foi de aproximadamente 18 t ha<sup>-1</sup> e sem a torta de filtro foi de 6,0 t ha<sup>-1</sup>.

Machado (2001), trabalhando com a variedade SP79104, não verificou aumento na produtividade quando utilizou a torta de filtro na dosagem de 25 t ha<sup>-1</sup>. Experimentos com a utilização de matéria orgânica, de modo geral, repercutem em aumento de produtividade. No entanto, pouco resultado se obtém na redução populacional de fitonematóides (Alleoni *et al.*, 1995; Dinardo-Miranda *et al.*, 2003). No presente estudo, a aplicação da torta de filtro foi efetiva por proporcionar aumentos em perfilhamento, porém, não apresentou efeito nematicida consistente para as populações de *Pratylenchus* spp. e *M. javanica*.

**Tabela 3.** Comprimento, diâmetro e número médio de colmos da variedade de cana-de-açúcar RB835486, em função dos tratamentos avaliados, em solos infestados por fitonematóides (Usina Jalles Machado, Fazenda Caiçara, Goianésia-GO. 2003).

Tratamentos	Colmos		
	Comprimento (m)	Diâmetro (cm)	Nº médio. 10 m <sup>-1</sup>
Testemunha	3,12 A <sup>1</sup>	2,79 A	99,26 A
Abamectina 0,5 L.ha <sup>-1</sup>	3,16 A	2,82 A	101,66 A
Abamectina 1,0 L.ha <sup>-1</sup>	3,10 A	2,82 A	97,84 A
Óleo de nim 2,0 L.ha <sup>-1</sup>	3,25 A	2,90 A	100,16 A
Aldicarb 12,0 kg.ha <sup>-1</sup>	3,20 A	2,83 A	103,08 A
Médias	3,16	2,83	100,41
CV (%)	5,25	6,16	6,52

<sup>1</sup>- Média seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Produtividade de cana-de-açúcar variedade RB835486, observada na Fazenda Caiçara (Usina Jalles Machado, Goianésia-GO. 2003).

Tratamentos	Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )		
	Sem torta	Com torta	Média
Testemunha	121,57	118,71	120,14 AB <sup>1</sup>
Abamectina 0,5 L ha <sup>-1</sup>	116,99	117,65	117,32 B
Abamectina 1,0 L ha <sup>-1</sup>	116,48	119,80	118,14 AB
Óleo de nim 2,0 L ha <sup>-1</sup>	119,65	127,94	123,79 AB
Aldicarb 12,0 kg ha <sup>-1</sup>	127,08	136,28	131,68 A
Média	120,36 a	124,08 a	-
CV (%)	8,97		

<sup>1</sup> - Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, 5 % de probabilidade.

Não foram encontradas também diferenças significativas entre os tratamentos quanto aos valores de Brix, Pol do caldo, açúcares redutores e teor de fibras. Os valores médios destas variáveis, obtidos no momento da colheita da cana, foram de 22 %, 19 %, 1,7 % e 12 % respectivamente, sendo estes considerados dentro dos padrões esperados pela indústria. Estes resultados confirmam os observados por Moura (1995) e Barros *et al.* (2000), que afirmam que a ocorrência de nematóides ou a aplicação de nematicidas não afetam a produtividade industrial da cana-de-açúcar.

### Conclusões

- O nematicida aldicarb é eficiente no controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica* apresentando efeito até os quatro meses após aplicação no sulco de plantio. Na fase inicial de desenvolvimento da cultura sua eficiência é comprometida pela associação com a torta de filtro.
- O uso de abamectina e óleo de nim nas dosagens e forma de aplicação avaliadas não mostram efeito nematicida.
- A torta de filtro não apresenta efeito nematicida, mas aumenta o número de perfilhos na cana-de-açúcar.

### Bibliografia

- Aguiar, N.D.C.; Oliveira, R.D.L.; Jham, G.N.; Oliveira, D.S. e Pereira, E.C.H.M.** 2005. Redução da população de *Heterodera glycines* pela aplicação de nim no pré-plantio de soja. Nematologia Brasileira, v.29, n.1, p.55.
- Akhtar, M.** 1998. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. Applied soil ecology, v.7, n.1, p.219-223.
- Alleoni, L.R.F.; Beaclair, E.G.F. e Bittencurt, V.C.** 1995. Produtividade e atributos de crescimento da RB735275 em áreas com e sem torta de filtro. Stab, v.11, n.1, p.4.
- Barros, A.C.B.** 2004. Estudos sobre a eficácia da aplicação de nematicida sistêmico em cana-de-açúcar nas condições do Nordeste. 2004. 114 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco.
- Barros, A.C.B.; Moura, R.M. e Pedrosa, E.M.R.** 2000. Aplicação de terbufôs no controle de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Pratylenchus zae* em cinco variedades de cana-de-açúcar no Nordeste. Nematologia Brasileira, v.24, n.1, p.73-78.
- Chaves, A.; Pedrosa, E.M.R.; Guimarães, L.M.P. e Maranhão, S.R.V.L.** 2005. Utilização de extratos de nim (*Azadirachta indica*) como produto alternativo no manejo integrado de fitonematóides em cana-de-açúcar no nordeste brasileiro. Nematologia Brasileira, v.29, n.1, p.79.
- Chaves, A.; Pedrosa, E.M.R. e Melo, L.J.O. T.** 2004. Efeito de carbofuram, torta de filtro e variedades sobre a densidade populacional de fitonematóides em áreas com mau desenvolvimento da cana-de-açúcar. Nematologia Brasileira, v.28, n.1, p.101-103.

- Coolen, W.A. and D'Herde.** 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Nematology and Entomology Research Station, p.77.
- Dinardo-Miranda, L.L. e Garcia, V.** 2002. Efeito da época de aplicação de nematicidas em soqueira de cana-de-açúcar. *Nematologia Brasileira*, v.26, n.2, p.177-180
- Dinardo-Miranda, L.L.; Gil, M.A.; Garcia, V. e Menegatti, C.C.** 2003. Efeito da torta de filtro e de nematicida sobre as infestações de nematóides e a produtividade da cana-de-açúcar. *Nematologia Brasileira*, v.27, n.1, p.61-67.
- Dinardo-Miranda, L.L.; Lima, A.F.P. e Nunes, S.M.** 2002. Efeito de nematicidas aplicados no plantio da cana-de-açúcar. *Stab*, v.20, n.5, p.37-40.
- Fasker, T.R. and Star, J.L.** 2006. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. *Journal of Nematology*, v. 38, n. 2, p. 240-244.
- Jansson, R.S. and Dybas, R.A.** 1998. Avermectins: Biochemical mode of action, biological activity and agricultural importance. In: ISHAAYA, I.; DEGHEELE, D. eds. Insecticides with novel modes of action: Mechanisms and application. New York: Springer-Verlag, p.152-167.
- Jansson, R.K. and Rabatin, S.** 1998. Potential of foliar, dip, and injection applications of avermectins for control of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, v.30, p.65-75.
- Jenkins, W.R.** 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, v.48, n.9, 992p.
- Khan, T.A.** 1990. Nematicidal potentials of some naturally-growing medicinal plants against *Pratylenchus zaei*. *Revue Nématologie*, v.13, n.4, p.463-465.
- Machado, V.O.F.** 2001. Ocorrência e controle de fitonematóides na cultura da cana-de-açúcar em Goiás. 2001. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia)– Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás.
- Moura, R.M.** 2005. Controle integrado de nematóides a cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 25, Anais, pp. 49-55, Piracicaba, Brasil.
- Moura, R.M.** 1995. Dois anos de rotação de cultura em campos de cana-de-açúcar para controle Meloidoginose. 2. Considerações sobre o método e reflexos na produtividade agroindustrial da cana planta. *Fitopatologia Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 597-600.
- Novaretti, W.R.T.** 1998. Aspectos a serem considerados no uso de nematicidas não fumigantes em cana-de-açúcar. *Stab*, v.17, n.2, p.10.
- Oka, Y.; Tkachi, N.; Shuker, S. and Yerumiyahu, U.** 2007. Enhanced nematicidal activity of organic and inorganic ammonia-releasing amendments by *Azadirachta indica* extracts. *Journal of Nematology*, v.39, p.9-16.
- Quarles, W.** 1992. Botanical pesticides from *Chenopodium*. *Practitioner*, v.14, n.2, p.1-11.
- Salgado, S.M.L. e Campos, V.P.** 2003. Extratos naturais na patogenicidade e reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro e de *Meloidogyne incognita* raça 3 em feijoeiro. *Nematologia Brasileira*, v.27, n.1, p.41-48.
- Silva, H.C.P.; Campos, J.R.; Dutra, M.R. e Campos, V.P.** 2004. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicações do acibenzolar-s-metil. *Nematologia Brasileira*, v.28, n.2, p.199-206.
- Widmer, T. L. and Abawi, G. S.** 2002. Relationship between levels of cyanide in sundangrass hybrids incorporated into soil and suppression of *Meloidogyne hapla*. *Journal of Nematology*, v.34, n.1, p.16-22.
- Wislocki, P.G.; Grosso, L.S. and Dybas, R.A.** 1989. Environmental aspects of abamectin use in crop protection. In: CAMPBELL, C. W. (ed). Invermectin and abamectin. New York: Springer-Verlag, p. 182-200.

## Tecnología de aplicación para el control de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en invernaderos de tomate

Olivet J. J.<sup>1</sup>; Val L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Garzón 780 CP12900. Montevideo, Uruguay.  
Correo electrónico: jolivet@fagro.edu.uy

<sup>2</sup>Dpto. de Mecanización y Tecnología Agraria Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Recibido: 26/6/08 Aceptado: 18/12/08

### Resumen

En los alrededores de la ciudad de Salto (Uruguay), existe una importante área de cultivo de tomate en invernaderos. La mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) es la plaga principal del cultivo, a pesar del alto número de tratamientos e insecticidas utilizados. La técnica de aplicación más difundida es la pulverización hidráulica, con volumen de aplicación en pleno desarrollo de 1300 l.ha<sup>-1</sup>. Se estudiaron diferentes técnicas de aplicación durante seis meses totalizando 22 aplicaciones para plagas y enfermedades en un invernadero de 1.540 m<sup>2</sup>. Los tratamientos fueron la pulverización hidráulica de alto y medio volumen (800 y 350 l.ha<sup>-1</sup>), pulverización neumática con mochila (175 l.ha<sup>-1</sup>), pulverización neumática con y sin carga electrostática (100 l.ha<sup>-1</sup>). Para los tratamientos de 100 l.ha<sup>-1</sup>, se utilizó un equipo GPS5K. (Electrostatic Spraying Systems Inc, Watkinsville, GA). El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables analizadas fueron cantidad de adultos de mosca blanca por planta en la zona apical y ninfas por hoja en altura media de la planta. En el análisis conjunto de todas las evaluaciones, la cantidad de adultos en la zona apical con pulverización hidráulica de alto volumen y pulverización neumática con carga electrostática fueron 46 y 2 respectivamente. En cuanto a presencia de ninfas, los resultados fueron similares con 17 y 2 ninfas por hoja respectivamente. Los tratamientos con pulverización neumática fueron más efectivos que los de pulverización hidráulica. La pulverización neumática con carga electrostática, logró alto grado de control de mosca blanca, llegando a fin de ciclo con excelente estado sanitario, seguido por el tratamiento sin carga, ambos a 100 l.ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** pulverización neumática, asistencia de aire, carga electrostática

### Summary

## Application technology for whitefly control *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) in tomatoes greenhouses

Around Salto city (Uruguay), there is an important greenhouse tomato culture area. Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) has turned into the principal plague, in spite of the high number of treatments and insecticides used. The most disseminated application technology is hydraulic spraying, with average application rate at full crop development of 1300 l.ha<sup>-1</sup>. An essay was installed to evaluate control alternatives during six months involving 22 applications in a 1.540 m<sup>2</sup> tomato greenhouse. Treatments evaluated were: high and medium volume hydraulic spraying (800 and 350 l.ha<sup>-1</sup>), knapsack pneumatic spraying (175 l.ha<sup>-1</sup>), pneumatic spraying with and without electrostatic charge (100 l.ha<sup>-1</sup>). The 100 l.ha<sup>-1</sup> treatments were applied with a GPS5K sprayer (Electrostatic Spraying Systems Inc, Watkinsville, GA). The experimental design was a completely randomized block design with three replications. Analyzed variables were whitefly adults at top end, and nymphs per leaf at medium plant height. For all sampling dates, adult's presence with high volume hydraulic and pneumatic spraying with electrostatic charge were 46 and 2 respectively. Similar results for nymph's presence were obtained, 17 and 2 nymphs per leaf respectively. Treatments with pneumatic spraying were more effective than those with hydraulics. Pneumatic electrostatically charged spraying achieved the highest whitefly control, reaching excellent sanitary condition until end culture, followed by the uncharged pneumatic spraying both with 100 l.ha<sup>-1</sup> application rate.

**Key words:** pneumatic spraying, air assisted, electrostatic charge

## Introducción

En el litoral noroeste del Uruguay, existe una superficie de invernaderos cercana a las 200 ha. La producción más importante en la zona es el cultivo de tomate de primor. Los productores realizan tratamientos para el control de plagas en forma semanal, aumentando la frecuencia de los mismos en casos de ataques severos. La técnica de aplicación más difundida es la pulverización hidráulica con equipos dotados de mangueras y pistolas de aplicación manual. El volumen medio de aplicación a pleno desarrollo del cultivo es 1200 l ha<sup>-1</sup>, variando entre 600 y 2000 l ha<sup>-1</sup>. La mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), es una plaga de gran incidencia en el cultivo.

Numerosos autores coinciden en que la técnica de alto volumen y gotas de gran tamaño son poco efectivas para el control de insectos. Himel (1969), indica que el tamaño óptimo de las gotas para el control de insectos está en el rango de 20 µm, su mayor eficacia biológica en el control de insectos, sería la estrategia fundamental para disminuir la contaminación ambiental disminuyendo las dosis de ingredientes activos por unidad de superficie. Alm *et al.* (1987), evaluando el efecto del tamaño de gotas uniformes y su distribución en el control de *Tetranychus urticae* (Koch.) obtuvo mayor eficiencia del uso de insecticidas utilizando gotas con Diámetro Volumétrico Mediano (DVM) de 120 µm y 41 impactos cm<sup>-2</sup>, en comparación con gotas de 200 µm y 18 impactos cm<sup>-2</sup>. Los mismos autores (Alm *et al.*, 1989), indica un ahorro de hasta 50 % de insecticida con el uso de gotas pequeñas en el control de *Endopiza viteana* (Clemens).

Omar *et al.* (1991), estudian en laboratorio el efecto del tamaño de gotas (36-274 µm) y la concentración de Permethrina en el control de la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella* L.). Utilizan dos formulaciones, ultra bajo volumen y concentrado emulsionable (ULV y CE), Para cada combinación tamaño de gota-concentración, aplicaron diferentes densidades de gotas a efectos de determinar la dosis letal media (DL50) y la dosis de volteo media (KD50). La DL50 disminuyó a medida que disminuyó el tamaño de las gotas para todas las concentraciones evaluadas. Según los autores, este efecto no puede ser solo atribuido al incremento del número de gotas por unidad de área de hoja tratada, sugiriendo que para las dos formulaciones evaluadas la transferencia de Permethrina a las larvas es más eficiente (mayor porcentaje del insecticida contenido en una gota transferido a las larvas) en depósitos compuestos de gotas pequeñas. La disminución del tamaño de gota a la

mitad produjo una disminución de aproximadamente 50 % de la dosis requerida para obtener la misma respuesta. En cuanto al efecto de la concentración de insecticida, a medida que aumentó la concentración utilizada también aumentó la DL50. Este efecto resultó mucho mayor en depósitos con tamaño de gota mayor, lo que a juicio de los autores demuestra el gran desperdicio de insecticida que se produce con depósitos formados por pequeña cantidad de gotas grandes con alta concentración.

Javed y Matthews (2000), evalúan alternativas de aplicación para el control de mosca blanca en invernaderos. Realizan un bioensayo en laboratorio donde estudian la concentración letal media y la dosis letal media (LC50 y LD50) de dos insecticidas (diafenthiuron y ácidos grasos) con dos métodos de pulverización (boquilla de cono hueco y disco centrífugo) diferentes concentraciones de producto, y dirigiendo la aplicación al envés o al haz mediante la inversión de las macetas con plantas. Encuentran que la LC50 y la LD50 disminuyen 18 y 11 veces respectivamente en el caso de diafenthiuron cuando es aplicado dirigido hacia el envés. Con ácidos grasos la disminución es 7 y 11 veces respectivamente. El aumento de la concentración en los dos productos aumentó fuertemente la mortalidad de ninfas de mosca blanca, sobre todo cuando las aplicaciones son dirigidas al envés.

Coates y Palumbo (1997), evalúan cinco técnicas de pulverización en melón. Pulverizador neumático con y sin carga electrostática (56-61 l ha<sup>-1</sup>), pulverizador centrífugo (12-18 l ha<sup>-1</sup>), pulverizador de cortina de aire (151-204 l ha<sup>-1</sup>) y pulverizador hidráulico convencional con boquillas doble abanico (227-229 l ha<sup>-1</sup>). La máxima deposición en el envés de las hojas del trazador utilizado fue obtenida con el pulverizador neumático con carga electrostática y el de cortina de aire. El control de adultos de *Bemisia Tabaci* G. fue mejor con el pulverizador electrostático (con y sin carga) que con el centrífugo. El control de ninfas a los 90 días del trasplante fue mayor en los tratamientos con asistencia de aire.

En invernadero de tomate, Adams y Palmer (1989) obtuvieron un control efectivo de ninfas de primer estadio de *Trialeurodes vaporariorum* W. utilizando un pulverizador asistido por aire y carga electrostática con gotas de DVM 18 µm. Sopp *et al.* (1989), evaluaron el efecto de pulverización de ultra bajo volumen con carga electrostática y pulverización hidráulica de alto volumen en el control de *Aphis gossypii* (Glover) en invernaderos de crisantemos. El porcentaje de mortalidad fue mayor en las parcelas tratadas con el pulverizador electrostático.

Law (1982), evaluando deposición de un trazador fluorescente sobre plantas de *Brassica oleracea* L. trabajando con un pulverizador neumático con y sin carga electrostática y un pulverizador hidráulico convencional, obtuvo la mayor recuperación con carga electrostática, siguiéndole el mismo pulverizador sin carga electrostática.

Herzog *et al.* (1983), evaluó durante tres años el efecto de la utilización de pulverización neumática con carga electrostática en el control de *Heliothis* spp. y *Anthonomus Grandis* (Boheman) en algodón. Logró control similar entre pulverización hidráulica convencional a dosis máxima de insecticida y pulverización de ultra bajo volumen con carga electrostática a mitad de dosis.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia en el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.) de cinco tecnologías de pulverización de distribución manual en invernaderos de tomate.

### Materiales y métodos

El ensayo se instaló en un invernadero de 1540 m<sup>2</sup>, ubicado en las cercanías de la ciudad de Salto (Uruguay). El transplante de tomate fue realizado el 11 de mayo y la colocación de tutores el 19 de julio, con 31.000 plantas por hectárea. Los insecticidas utilizados y los momentos de aplicación fueron indicados por el Técnico asesor del productor. Las dosis de producto por unidad de superficie fueron las mismas para todas

las tecnologías en evaluación. La concentración de los productos, se modificó en forma inversamente proporcional al volumen de aplicación a efectos de mantener dosis iguales por unidad de superficie. En los dos cuadros siguientes (cuadros 1 y 2) se pueden observar los momentos de aplicación y los insecticidas utilizados

En seis ocasiones durante el ensayo fue determinado el Índice de Area Foliar (IAF). Para ello se desfolió una planta representativa del cultivo y se procedió a digitalizar las hojas mediante un escáner de mesa. El Area foliar fue determinada mediante un programa preparado en Matlab.

### Descripción de los tratamientos experimentales

**PC: Pulverización hidráulica Convencional.** Este tratamiento fue considerado como testigo de la tecnología de aplicación utilizada mayoritariamente en cultivos protegidos en Uruguay. El pulverizador utilizado propiedad del productor, fue fabricado en un taller local. Contaba con dos mangueras con pistolas de aplicación manual de doble boquilla. Las boquillas eran de cono hueco con discos de acero inoxidable. La presión de trabajo fue mantenida a 14 kg cm<sup>-2</sup> (1.370 kPa) y el gasto en 3 l min<sup>-1</sup>. Si bien no se pudo disponer de información sobre tamaño de gotas, la observación de tarjetas hidrosensibles permitió identificar este tratamiento como el de mayor tamaño de gotas.

**Cuadro 1.** Momentos de aplicación de insecticidas y dosis empleadas.

Fecha	Producto comercial	Dosis ha <sup>-1</sup>	Fecha	Producto comercial	Dosis.ha <sup>-1</sup>
18/8	Tracer	0,15 l	29/11	Applaud	0,8 kg
13/9	Mospilan	0,5 kg	"	Match	0,4 l
28/9	Evisect	0,5 kg	05/12	Confidor	0,4 l
"	Applaud	0,8 kg	"	Thiodan	2 l
10/10	Sunfire	0,3 l	13/12	Sucess	0,3 l
18/10	Applaud	1 kg	"	Aplaud	0,8 kg
24/10	Evisect	0,5 kg	19/12	Aceite	2,5 l
31/10	Applaud	0,8 kg	"	Thiodan	2 l
07/11	Applaud	0,8 kg			
21/11	Evisect	0,5 kg			
"	Applaud	0,8 kg			
"	Sucess	0,3 l			

**Cuadro 2.** Descripción de los insecticidas utilizados.

Nombre comercial	Principio activo	Clasificación*
SUNFIRE	Clorfenapir	Insecticida acaricida contacto e ingestión
EVISECT	Tiocyclam-hidrogenoxalato	Insecticida sistémico, contacto e ingestión
APPLAUD	Buprofezin	Insecticida-acaricida contacto e ingestión
SUCCESS	Spinosad	Insecticida de contacto e ingestión
MATCH 50	Lufenuron	Insecticida de ingestión
CONFIDOR 35	Imidacloprid	Insecticida sistémico
THIODAN 35	Endosulfan	Insecticida de contacto e ingestión
TRACER	Spinosad	Insecticida de contacto e ingestión
MOSPILAN	Acetamiprid	Insecticida sistémico, contacto e ingestión

\* Según clasificación de la Dirección General de Servicios Agrícolas, MGAP, URUGUAY.

**Cuadro 3.** Tratamientos, identificación, caudal y volumen promedio de aplicación.

Tratamiento	l min <sup>-1</sup>	l ha <sup>-1</sup>	Descripción
PC	3	800	pulverización hidráulica de alto volumen (tratamiento realizado por el productor)
PM	0,5	350	pulverización hidráulica con volumen medio
PN	0,4	175	pulverización neumática con mochila
ESS-	0,2	100	pulverización neumática de bajo volumen sin carga electrostática
ESS+	0,2	100	pulverización neumática de bajo volumen con carga electrostática

**PM: Pulverización hidráulica con volumen Medio.** Tratamiento realizado con un pulverizador hidráulico tipo carretilla con motor de gasolina y pistola de aplicación de una sola boquilla. Boquilla cono hueco de acero inoxidable modelo Conejet TX4 (Teejet), presión 1000 kPa y gasto de 0,5 l min<sup>-1</sup>. El DVM es de 98 µm según el fabricante.

**PN: Pulverización Neumática con mochila.** El equipo utilizado fue un pulverizador motorizado de espalda marca JACTO, modelo PV-50 BV. El mismo está dotado de una bomba centrífuga la cual le permite enviar un volumen constante e independiente de la altura del dosificador. Cuenta también con orificios intercambiables para modificar el caudal y un dispositivo centrífugo de formación de gotas accionado por el flujo de aire. El gasto fue de 0.4 l min<sup>-1</sup>, durante todo el ciclo del cultivo. Tampoco se pudo disponer de información sobre tamaño de gotas, la observación de tarjetas hidrosensibles permitió observar una gran similitud con el patrón de gotas obtenido por el tratamiento PM.

**ESS+ ESS- :** Pulverización neumática de bajo volumen con y sin carga electrostática. El equipo utilizado

en los dos tratamientos fue un pulverizador neumático electrostático modelo GPS5K, marca ESS (Electrostatic Sprayer Systems Inc.). Para el tratamiento ESS- se extrajo la batería que permite la carga electrostática de las gotas. Siguiendo recomendaciones del fabricante se utilizó una presión de 15 PSI (104 kPa). El gasto del pulverizador fue siempre de 0,2 l min<sup>-1</sup>. Según datos suministrados por el fabricante el tamaño de gotas es de 40 µm.

### Evolución de la población de mosca blanca

A efectos de monitorear la población de mosca blanca dentro del invernadero, se colocaron 3 trampas adhesivas amarillas distribuyéndolas en los tres bloques del ensayo. Para la evaluación del efecto de los tratamientos se realizaron evaluaciones de número de adultos y ninfas de mosca blanca durante todo el ciclo. Se contó el número de adultos en las tres hojas superiores de la planta (brote terminal), en cinco plantas por parcela. El número de ninfas se evaluó en las tres hojas en la parte media de la planta en cinco plantas por parcela al azar.

## Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques con parcelas al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas tenían 96 m<sup>2</sup>, formadas por cinco canteros de 12 m de largo. Todas las evaluaciones fueron realizadas en el cantero central para minimizar el efecto de las parcelas adyacentes. Para el análisis estadístico de adultos de mosca blanca, se utilizó el procedimiento GLM del SAS (Statistical Analysis System). Se asumió una distribución Poisson de los residuales y se utilizó la función de enlace logarítmica. Se realizó el análisis por fecha y análisis combinado de todas las fechas.

El mismo procedimiento se aplicó al análisis de ninfas por hoja (NPH) en las primeras cinco evaluaciones mientras fue posible su conteo. Cuando la población aumentó, se pasó a evaluar la presencia de ninfas mediante una escala por puntajes (cuadro 4). Para ello en las últimas diez fechas se utilizó el método de mínimos cuadrados ponderados mediante el procedimiento CATMOD del SAS

**Cuadro 4.** Escala para la evaluación de incidencia de ninfas de mosca blanca.

Ranking	Ninfas por hoja (NPH)
0	$0 \leq \text{NPH} < 50$
1	$50 \leq \text{NPH} < 100$
2	$100 \leq \text{NPH} < 250$
3	$\text{NPH} \geq 250$

La comparación de medias en todos los resultados presentados, se realizó mediante la prueba de comparación de razones de verosimilitud ( $\chi^2$ ). Diferencias entre medias con probabilidad de error tipo I mayores al 5 % fueron consideradas iguales según la prueba ji cuadrado.

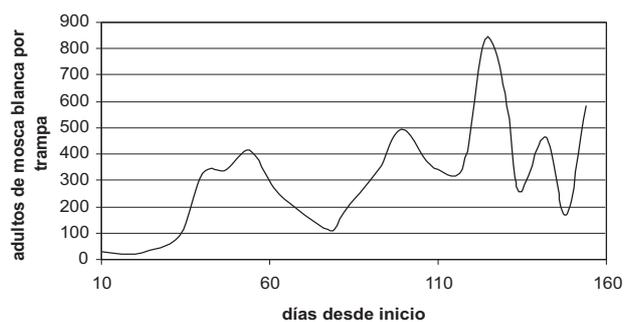
## Resultados y discusión

### Volumen de aplicación

Los volúmenes se fueron ajustando acorde al crecimiento del cultivo y el desarrollo foliar. El descenso del área foliar observado a partir de septiembre se debe a tareas de deshoje realizado por el productor. Los tratamientos se realizaron en forma semanal completando 22 aplicaciones en cinco meses. De las 22 aplicaciones realizadas entre el 18 de julio y el 19 de diciembre, seis fueron para control de insectos, nueve para enfermedades y siete para ambos. De esa manera se totalizaron 13 tratamientos para control de insectos y 16 para enfermedades (cuadro 5).

### Evolución de la población de mosca blanca

De acuerdo a la figura 1, la población de adultos detectada en el cultivo a través de trampas amarillas mostró altas densidades (cuadro 6).



**Figura 1.** Adultos de mosca blanca capturados en trampas pegajosas.

El tratamiento PC mostró los niveles más altos de adultos de Mosca Blanca diferenciándose estadísticamente de todos los demás tratamientos a lo largo del ensayo. En un nivel intermedio le siguen los tratamientos PM y PN. Los tratamientos ESS- y ESS+ mostraron ser los más eficaces, sobretodo al final del ciclo con mayor presión de infección de la plaga. La pulverización con carga electrostática se destacó por su eficacia frente a los demás tratamientos, aunque con valores cercanos al tratamiento sin carga electrostática.

Se observa una tendencia en cuanto a que los resultados se agrupan en dos conjuntos diferentes, (PC, PM) y (PN, ESS-, ESS+). El primer grupo incluye los dos tratamientos de pulverización hidráulica, el segundo grupo está formado por tratamientos de pulverización con asistencia de aire. El contraste estadístico entre dichos grupos mostró una diferencia altamente significativa ( $p \chi^2 = 0,0026$ ) a favor de los tratamientos con asistencia de aire.

En la figura 2 se observa la evolución del número de ninfas de mosca blanca por hoja en las 15 evaluaciones realizadas. La tendencia observada, al igual que en el caso de adultos fue el mayor control de los tratamientos con pulverización neumática.

Ya al comienzo del ciclo con baja infestación de mosca blanca, el número de ninfas muestra la misma tendencia que adultos (cuadro 7). Se observan diferencias estadísticamente significativas a favor de los tratamientos con menor volumen de aplicación. El contraste entre tratamientos sin asistencia de aire (PM, PC) y con

**Cuadro 5.** Evolución de la tasa de aplicación y el cultivo.

Fecha de aplicación	Días desde transplante	Altura m	IAF	Volumen follaje m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	l ha <sup>-1</sup>			
					ESS (+ y -)	PN	PM	PC
18/7	68	0,5	0,89	2500	38	133	133	450
30/7	80	0,8	1,76	4000	38	133	133	470
10/8	91	0,97	2,64	4850	50	150	233	533
18/8	99	1,1		5500	50	150	233	533
22/8	103	1,28		6400	75	150	250	617
28/8	109	1,35		6750	75	128	233	567
07/9	119	1,45		7250	92	133	283	567
13/9	125	1,58	2,2	7900	150	176	433	600
21/9	133	1,75		8750	158	216	500	700
28/9	140	1,94		9700	142	233	566	800
03/10	145	2		10000	117	233	500	850
10/10	152	2,05		10250	137	200	467	900
18/10	160	2,05	1,22	10250	125	200	433	950
24/10	166	2,1		10500	125	200	367	950
31/10	173	2,1	1,21	10500	100	183	367	1000
07/11	180	2,1		10500	100	183	367	1000
15/11	188	2,1		10500	100	183	367	967
21/11	194	2,1		10500	100	183	300	1000
29/11	202	2,1		10500	100	183	367	1000
05/12	208	2,1		10500	100	166	333	920
13/12	216	2,1		10500	100	166	367	1040
19/12	222	2,1		10500	100	166	400	1040
TASA DE APLICACIÓN MEDIA					99	175	347	793

**Cuadro 6.** Adultos de Mosca blanca por planta.

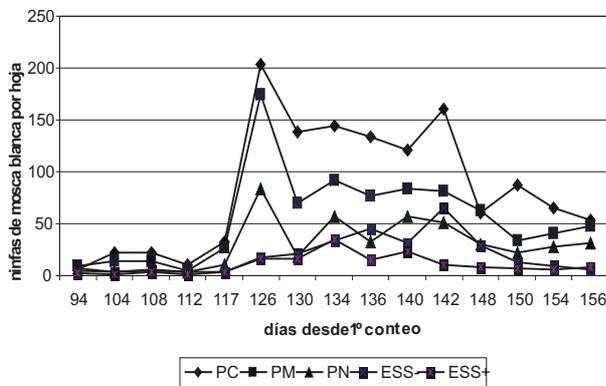
Trat.	Fecha de evaluación (días desde inicio del ensayo)							Todas
	3/11 (108)	12/11 (117)	25/11 (130)	1/12 (136)	7/12 (142)	15/12 (150)	21/12 (156)	
PC	11,8 a	38,0 a	103,5 a	97,8 a	25,5 a	46,0 a	58,6 a	45,7 a
PM	1,0 b	18,5 b	69,4 b	45,0 b	11,3 b	43,2 a	28,9 b	22,6 b
PN	0,7 b	5,6 c	6,8 c	5,0 c	6,3 b	30,3 a	11,0 c	7,9 c
ESS-	0,1 b	0,4 d	6,1 c	6,0 c	2,4 c	16,3 b	5,3 d	3,4 d
ESS+	0,3 b	1,6 cd	1,6 c	1,6 c	1,2 c	16,0 b	2,9 d	2,0 e

Nota: Medias identificadas con igual letra no difieren significativamente entre sí con  $p < 0,05$  según la prueba de comparación de razones de verosimilitud ( $\chi^2$ ).

**Cuadro 7.** Número de ninfas de Mosca Blanca.

Tratamiento	Fecha de evaluación					
	20 oct.	30 oct.	3 nov.	7 nov.	12 nov	Todas
PC	5,5 bc	22,6 a	21,8 a	9,8 a	31,8 a	17,1 a
PM	9,0 a	13,4 b	13,0 b	4,4 b	26,3 a	12,4 b
PN	7,0 ab	3,9 c	5,5 c	3,7 b	10,0 b	5,6 c
ESS-	4,1 c	3,8 c	4,2 c	2,8 bc	3,1 c	3,3 d
ESS+	2,2 d	1,7 c	4,1 c	1,3 c	3,2 c	2,1 e

Nota: Medias identificadas con igual letra no difieren significativamente entre sí con  $p < 0,05$  según la prueba de comparación de razones de verosimilitud ( $\chi^2$ ).



**Figura 2.** Evolución de las ninfas de mosca blanca.

Nota: PC pulverización hidráulica de alto volumen; PM pulverización hidráulica de volumen medio; PN pulverización neumática; ESS- y ESS+ pulverización neumática con y sin carga electrostática respectivamente.

asistencia de aire (PN, ESS- ESS+) en las evaluaciones fue altamente significativo ( $p \chi^2 < 0.05$ ).

En el análisis conjunto de todas las fechas, la pulverización electrostática (ESS+) presentó el mejor control de ninfas de mosca blanca (cuadro 8).

Según la escala de niveles de daño definida para las últimas diez evaluaciones, el puntaje obtenido por PC corresponde a un valor cercano a cien ninfas por hoja. El puntaje obtenido con ESS+ equivale a un número de ninfas por hoja cercano a cero (cuadro 8).

**Cuadro 8.** Puntaje obtenido de número de ninfas por hoja, en las últimas diez evaluaciones.

Tratamiento	Puntaje obtenido
PC	1,80 a
PM	1,10 b
PN	0,52 c
ESS-	0,32 d
ESS+	0,14 e

Nota: Medias identificadas con igual letra no difieren significativamente entre sí con  $p < 0,05$  según la prueba de comparación de razones de verosimilitud ( $\chi^2$ ).

La efectividad de la pulverización hidráulica con volumen medio (PM), fue mayor a la técnica convencional de alto volumen (PC). Importa señalar que sin inversión alguna y sólo disminuyendo el volumen de aplicación y el tamaño de gotas se lograron mejoras significativas en la eficacia de los tratamientos.

La alta eficacia obtenida con pulverización neumática con carga electrostática coincide plenamente con los resultados de Adams y Palmer (1989), Sopp *et al.* (1989), Herzog *et al.* (1983) y Coates y Palumbo (1997). Por otra parte también están de acuerdo con los resultados obtenidos por Alm *et al.* (1987, 1989) y Himel (1969) en relación a la mayor efectividad de las gotas pequeñas en la eficacia de los tratamientos.

En la Figura 3 se puede observar una muestra del estado del follaje del tratamiento convencional y el tratamiento de pulverización neumática con carga electrostática al final del ensayo

En función de los resultados, la utilización de asistencia de aire, gotas de pequeño tamaño, volumen de aplicación reducido y carga electrostática, podrían ser



**Figura 3.** Estado del follaje al final del ensayo. Izquierda: PC; Derecha: PE .

una alternativa muy promisoriosa para la reducción de la frecuencia de los tratamientos.

### Conclusiones

Se logra mejor control de mosca blanca mediante tratamientos con pulverización neumática con y sin carga electrostática y bajo volumen de aplicación, en comparación con las aplicaciones hidráulicas convencionales de alto volumen.

La pulverización hidráulica convencional, no logra controlar eficazmente la mosca blanca, llegando al final del ciclo con un alto grado de infestación, sin embargo cuando se realiza la pulverización hidráulica con volumen medio de aplicación, se obtiene mayor control de mosca blanca.

Las aplicaciones con el Pulverizador ESS modelo GPS5K con y sin carga electrostática resultan las más eficaces. En el control de mosca blanca, tanto en individuos adultos como en ninfas, la mayor eficacia de control se logra con el tratamiento de carga electrostática.

### Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la invaluable colaboración en entomología del Ing. Agr. (MSc.) Willy Chiaravalle, en el análisis estadístico de los resultados al Dr. Jorge Franco y en la ejecución de los trabajos experimentales al Ing. Agr. Gustavo Vargas.

El agradecimiento también al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay por la financiación aportada.

### Bibliografía

- Adams, A. J. and Palmer, A.** 1989. Air-assisted electrostatic application of permethrin to glasshouse tomatoes: droplet distribution and its effect upon whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*) in the presence of *Encarsia Formosa*. *Crop Protection*. 8(1): 40-48.
- Alm, S. R.; Reichard, D. L.; Williams, R. N. and Hall, F. R.** 1987. Effects of Spray Size and Distribution of drops containing Bifenthrin on *Tetranychus urticae*. *Journal of Economic Entomology*. 80(2): 517-520.
- Alm, S. R.; Reichard, D. L.; Williams, R. N. and Hall, F. R.** 1989. Mortality of First-Instar Grape Berry Moths (Lepidóptera: Tortricidae) Due to Dosage and Size of Spray Drops Containing Fenpropathrin. *Journal of Economic Entomology*. 80(4): 1180-1184.
- Coates, W. and Palumbo, J.** 1997. Deposition, Off-Target movement, and efficacy of Capture™ and Thiodan™ applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture* 13(2): 181-188.
- Herzog, G. A.; Lambert, W. R.; Law E.; Seigler W. E. and Giles D. K.** 1983. Evaluation of an electrostatic application system for control of insect pests in cotton. *Journal of Economic Entomology*. 76(3): 637-640.
- Himel, CH.** 1969. The optimum Size for Insecticide Spray Droplets. *Journal of Economic Entomology*. 62(4): 919-925.
- Javed, M. A. and Matthews, G. A.** 2000. Influence of application techniques and spray deposition patterns for whitefly control. *International Pest Control*. 2000: 222-225.
- Law, E.** 1982. Spatial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. *Journal of Economic Entomology*. 75(3): 542-544.
- Omar, D.; Matthews, G.A.; Ford, M.G. and Salt, D.W.** 1991. The influence of spray droplets characteristics on the efficacy of permethrin against the Diamond Moth *Plutella xylostella*: The effect of drop size and concentration on the potency of ULV and EC based residual deposits. *Pesticide Science* 32: 439-450
- Sopp, P. I.; Gillespie, A. T. and Palmer A.** 1989. Application of *Verticillium lecanii* for the control of *Aphis gossypii* by a low-volume electrostatic sprayer rotary atomiser and a high-volume hydraulic sprayer. *Entomophaga*. 34(3): 417-428.

## Caracterización de las poblaciones de enemigos naturales de *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae)

Ribeiro, A.<sup>1</sup>; Castiglioni, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía. Estación Experimental «Dr. M.A.Cassinoni». Ruta 3 km 363. Paysandú, Uruguay.  
Correo electrónico: adelar@fagro.edu.uy

Recibido: 24/7/08 Aceptado: 15/12/08

### Resumen

*Piezodorus guildinii* (Westwood) afecta a soja y leguminosas forrajeras provocando que en la primera se realicen todos los años entre una y dos aplicaciones de insecticidas. Con el objetivo de determinar, en soja y alfalfa, las fluctuaciones de las poblaciones de sus enemigos naturales y su eficacia, se realizaron muestreos en la Estación Experimental «Dr. Mario A. Cassinoni» (Paysandú). El estudio se desarrolló sobre 6 y 5 hectáreas de soja y de alfalfa respectivamente sin aplicación de insecticidas. Las fluctuaciones de los parasitoides de huevos, se determinaron colectando semanalmente posturas sobre dos o tres plantas de soja, dependiendo de la abundancia de las posturas, ubicadas en tres hileras de tres bordes del cultivo, y cinco sitios de muestreo por hilera. Las fluctuaciones de predadores se determinaron semanalmente en soja mediante 100 golpes de red entomológica. En este cultivo se realizaron, además, muestreos de *P. guildinii* con paño vertical. La mortalidad de ninfas y adultos se determinó en laboratorio, a partir de colectas quincenales en soja y alfalfa con red entomológica. El promedio de huevos parasitados fue 66,54 %. El 99,65 % de huevos parasitados correspondió a *Telenomus podisi*, el 0,31 % a *Trissolcus brochymenae* y el 0,04 % a *Trissolcus basal*. La predación de huevos fue de 10,52 % y los predadores encontrados fueron *Geocoris pallipes*, *Tropiconabis capsiformis*, *Orius tristicolor*, *Orius insidiosus*, *Eriopis connexa*, *Harmonia axiridis* y larvas de Chrysopidae. Los adultos y ninfas fueron afectados por nemátodos en 1,71 % y 0,09 %, respectivamente. La acción de los enemigos naturales no impidió que *P. guildinii* alcanzara umbrales de daño económico.

**Palabras clave:** *Glycine max*, *Medicago sativa*, parasitoides de huevos, predadores

### Summary

## Characterization of populations of natural enemies of *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae)

*Piezodorus guildinii* (Westwood) affects soybean and forage legumes and determine one or two insecticide applications in soybean, every year. The objective of this work was to determine the behavior of populations of the natural enemies and their efficacy on the pentatomid. Samplings were carried out weekly in the Experimental Station «Dr. Mario A. Cassinoni» (Paysandú) on soybeans (6 ha) and lucerne (5 ha) without insecticide sprayings. Collects on three borders of the soybean field, on three lines and five sites per line, each one with two or three plants, depending on egg masses abundance, were done to determine the fluctuations of parasitoids. The fluctuation of predators, was studied with weekly samples of 100 passes of an entomological sweep-net in soybean. Samplings were also taken in soybeans for *P. guildinii* with a vertical beat sheet. Mortality of nymphs and adults was determined in the laboratory, from the samples taken fortnightly with sweep net in soybean and in lucerne. Average parasitism of egg masses was 66.54 %. *Telenomus podisi* Ashmead accounted for 99.65 %. Egg predation was 10.52 %. *Geocoris pallipes*, *Tropiconabis capsiformis*, *Orius tristicolor*, *Orius insidiosus*, *Eriopis connexa*, *Harmonia axiridis* and larvae of Chrysopidae were the predators found. Adults and nymphs were affected by nematodes in 1.71 % and 0.09 %, respectively. Natural enemies did not prevent *P. guildinii* from reaching economical damage thresholds.

**Key words:** egg parasitoids, *Glycine max*, *Medicago sativa*, predators

## Introducción

El área del cultivo de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] en Uruguay se ha incrementado en los últimos años de 9.000 ha en 1998/1999 a 365.700 ha en 2006/2007 (Uruguay, MGAP-DIEA, 2007). Esto ha determinado que *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae), que es una plaga importante del cultivo de soja en América del Sur (Panizzi y Slansky Jr., 1985; Lanclós *et al.*, 2005), incremente su trascendencia en los sistemas agrícolas del país.

En esta región, es una de las plagas primarias del cultivo de soja afectando el rendimiento y calidad de grano. En Uruguay afecta, además, los semilleros de leguminosas forrajeras, especialmente los de lotus y alfalfa (Alzugaray y Ribeiro, 2000) y en años con escasa participación de soja en la secuencia de cultivos, ha colonizado también, sorgo granífero, maíz, algodón, arroz y trigo (Castiglioni, 2004).

Su alta capacidad de daño y las penalizaciones por calidad que se aplican en la comercialización de semilla de soja, determinan que los umbrales de daño económico en este cultivo sean muy bajos (Iannone, 2005).

El desarrollo de una estrategia de control biológico de *P. guildinii* será de alto impacto para el país, facilitando el manejo del sistema productivo y reduciendo significativamente la agresión al ambiente. Para ello es necesario contar con información sobre la dinámica de las poblaciones de esta especie y de sus organismos naturales de control en leguminosas forrajeras y soja.

Castiglioni *et al.* (2005, 2006) y Ávila (2006), encontraron que las ninfas y adultos de esta especie son afectados por *Beauveria bassiana* y nemátodos y los huevos por tres especies de Scelionidae: *Telenomus podisi* Ashmead, *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) y *Trissolcus basalís* (Wollaston).

Este estudio tuvo por objetivos determinar: a) las fluctuaciones de poblaciones de los parasitoides y entomopatógenos que afectan las distintas etapas de desarrollo de *P. guildinii* y su eficacia, d) las fluctuaciones de poblaciones de predadores y su relación con la población de huevos de *P. guildinii*. Los estudios de poblaciones de huevos se realizaron en soja y los de ninfas y adultos en este cultivo y en alfalfa.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Estación Experimental Dr. M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía (Ruta km 3 363, Paysandú, Uruguay), sobre seis ha de soja sembradas adyacentes a cinco ha de alfalfa de segundo año

destinada a pastoreo, ambos cultivos sin tratamientos con insecticidas. Los muestreos comenzaron el 15 de noviembre de 2004 y se extendieron hasta el 20 de mayo de 2005 en soja (V3-R8), y hasta el 22 de marzo en alfalfa. En este cultivo los muestreos debieron suspenderse en la fecha indicada debido a una defoliación total provocada por *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae).

## Fluctuación de la población de parasitoides

La colecta de posturas se realizó semanalmente, únicamente en soja, en tres bordes del cultivo. En cada borde se establecieron estaciones de muestreo en tres hileras comenzando desde el inicio del cultivo y tomando 10 m entre las hileras siguientes. En cada hilera se dispusieron al azar cinco estaciones de muestreo compuestas cada una por dos o tres plantas, dependiendo del número de posturas encontrado. En cada hilera, la inspección de plantas se suspendió una vez que se colectaron 10 posturas. Las posturas colectadas se llevaron al laboratorio, dónde se registró el número de:

- Huevos por postura.
- Huevos eclosionados (opérculo del huevo totalmente levantado o ausente).
- Huevos parasitados (huevo perforado con orificio circular).
- Huevos predados por masticadores (huevos con orificios irregulares o totalmente destruidos).

Las posturas se acondicionaron individualmente en frascos de 1 cm de diámetro por 4 cm de altura, tapados con algodón. Los frascos se mantuvieron dentro de un recipiente cerrado de 30 cm de largo por 19 cm de ancho y 10 cm de altura donde se colocaron, para suministrar humedad, dos tubos de 2 cm de diámetro por 4 cm de altura, conteniendo agua.

Durante todo el período se mantuvo un fotoperíodo de 14 horas de luz y 10 de oscuridad y la temperatura varió entre 20° C y 30° C.

Diariamente se registró el número de parasitoides o ninfas emergidas de cada postura. Los parasitoides fueron identificados por la Dra. Marta Loíacono, Museo de La Plata, Argentina.

Las posturas de las cuales emergieron ninfas o parasitoides en el laboratorio fueron consideradas «posturas recientes», para diferenciarlas de aquellas que habían eclosionado en el campo. Diez días después de que las emergencias cesaron, se disecaron los huevos no eclosionados y se agruparon y cuantificaron en tres categorías siguiendo el procedimiento de Moreira y Becker (1986c):

- Huevos que no completaron su desarrollo (con contenido no identificable, posiblemente predados por insectos picosuctores).

- Huevos sin ningún contenido.

- Huevos con ninfas o parasitoides no emergidos (cuando en el contenido del huevo pudieron identificarse estructuras correspondientes a esos organismos).

El número de huevos viables por postura se calculó por diferencia entre el número total de huevos en cada postura y los huevos predados y vacíos.

El cálculo de porcentaje de huevos parasitados se realizó utilizando las posturas recientes y el número de huevos viables. Se consideraron huevos parasitados, aquellos de los cuales emergieron parasitoides en el campo o laboratorio y aquellos que contenían parasitoides no emergidos (determinados por disección).

Para cada fecha de muestreo se calculó el número de huevos y posturas por planta y el porcentaje de huevos y posturas parasitadas.

### Fluctuaciones de poblaciones de predadores

Se evaluaron únicamente en soja, mediante 100 golpes de red entomológica por fecha de muestreo. Las muestras obtenidas se conservaron en *freezer*, para luego proceder a la separación de adultos e inmaduros de las especies encontradas. Las chinches predadoras fueron identificadas por el Dr. Diego Carpintero (Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Buenos Aires, Argentina) y *H. axiridis* por el Dr. Patrice Bolland (INSA, Lyon, Francia)

### Causas de mortalidad de ninfas y adultos

La colecta de ninfas y adultos se realizó quincenalmente en alfalfa y soja mediante 100 golpes de red entomológica (en grupos de 10) o hasta alcanzar 100 individuos en cada cultivo.

Las ninfas y adultos colectados se llevaron al laboratorio, donde se colocaron individualmente en recipientes de 12cm de diámetro por 4cm de altura, con el fondo cubierto por papel absorbente humedecido. Se les suministró alimento (semillas de soja) y agua (en algodón embebido), que fueron reemplazados periódicamente. Se mantuvieron en condiciones controladas a 14 horas de luz y 10 de oscuridad, y la temperatura varió entre 20° C y 30° C.

Los adultos permanecieron en esas condiciones durante 15 días y las ninfas hasta 15 días después de su muda a adulto. El control se realizó diariamente hasta la manifestación de la causa de muerte. Los individuos muertos se acondicionaron en cajas con el fondo cu-

bierto con papel absorbente humedecido, para promover la expresión de los entomopatógenos o emergencia de parasitoides. Los nemátodos obtenidos se conservaron en arena húmeda hasta su envío a la Universidad de Arizona, Estados Unidos, para su identificación por la Dra. Patricia Stock.

Se calculó el porcentaje de mortalidad debido a nemátodos y parasitoides en todo el período de estudio.

## Resultados y discusión

### Parasitismo de huevos

Las primeras posturas se encontraron el 15 de febrero (R4) y las últimas el 13 de abril (R8). El total de huevos colectados fue de 10789 en 576 posturas. De esas posturas, 287 (2086 huevos) fueron consideradas posturas recientes. El porcentaje de posturas y huevos parasitados en el total del período fue de 73,78 % y 66,54 %, respectivamente. El porcentaje de huevos parasitados fue mayor que los encontrados por Link y Concatto (1979) (17,7 %), Corrêa- Ferreira (1986) (42,4 %) y Castiglioni *et al.* (2006) (54,9 %).

Las especies de parasitoides encontradas fueron *T. podisi*, *T. brochymenae* y *T. basalis*. Estos resultados concuerdan con los de Castiglioni *et al.* (2005, 2006) y Ávila (2006) para Uruguay, y los de Corrêa- Ferreira (1986) para Brasil. Corrêa- Ferreira (2002) y Medeiros *et al.* (1998) citan otras especies de parasitoides que aún no han sido encontradas en Uruguay.

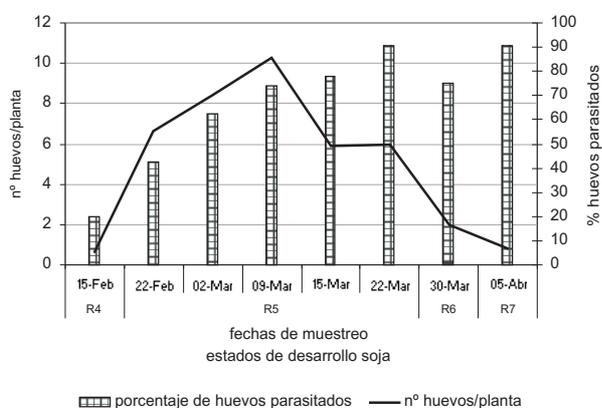
De un total de 2600 parasitoides *T. podisi* fue la especie predominante, representó el 99,65 % de los huevos parasitados (2591 individuos), *T. brochymenae* representó el 0,31 % (ocho individuos) y *T. basalis* 0,04 % (un individuo). Estos resultados coinciden con los obtenidos en Brasil (Corrêa-Ferreira, 1986; Godoy y Ávila, 2000). *T. podisi* parasitó 224 posturas (78% de las posturas recientes), y estuvo presente durante todo el período de en el que se colectaron huevos, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Moreira y Becker (1986b) para *Nezara viridula* y *T. basalis*. Según estos autores, la constatación de parasitismo en los momentos de bajas densidades de posturas evidencia la alta capacidad de búsqueda de este parasitoide.

*T. brochymenae* y *T. basalis* fueron colectados en una sola postura, en los muestreos de 15 y 22 de marzo, respectivamente. La postura parasitada por *T. brochymenae* no fue parasitada por otra especie. *T. basalis*, en cambio, parasitó un solo huevo de una postura de 29 y el resto fue parasitado por *T. podisi*. Corrêa-

Ferreira (1986) registró posturas de *P. guildinii* parasitadas simultáneamente por diferentes especies de parasitoides, donde la asociación más frecuente fue entre *T. podisi* y *T. basalis*. Esa relación también resultó ser la más frecuente en otras especies de pentatómidos (Orr *et al.*, 1986). Cividanes *et al.* (1995) encontraron que *T. podisi* y *T. brochymenae* parasitaron, respectivamente, 24,9 % y 5,3 % de huevos de *P. guildinii*. Según estos autores *T. brochymenae* parasitó desde la floración a la madurez de la soja, mientras que *T. podisi* fue encontrado a partir del estadio de formación de semillas, momento que coincidió con el período de alta población de posturas en el cultivo.

El porcentaje de huevos parasitados se incrementó desde un 19,70 % en las posturas encontradas el 15 de febrero (R4), hasta un máximo de 90,73 % el 22 de marzo (R5). El 8 de marzo, momento en el que se detectó el máximo número de huevos por planta, el parasitismo fue de 74,02 % (Figura 1).

El 46,67 % del total de posturas recientes estuvieron parcialmente parasitadas o no parasitadas (Cuadro 1). Las posturas parcialmente parasitadas se encontraron fundamentalmente en las primeras colectas (15 de fe-

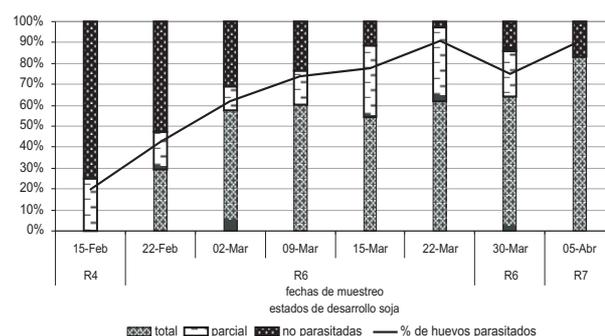


**Figura 1.** Porcentaje de huevos parasitados y número de huevos de *P. guildinii* por planta de soja en distintas fechas de muestreo.

**Cuadro 1.** Número de posturas de *P. guildinii* parasitadas totalmente, parcialmente y no parasitadas, y porcentaje sobre el total de posturas recientes.

Grado de parasitismo	Nº de posturas recientes	Porcentaje de posturas recientes
Parcialmente parasitadas	57	20,00
Totalmente parasitadas	152	53,33
No parasitadas viables	76	26,67
Total de posturas	285	100,00

brero) (R4) y las totalmente parasitadas sobre el final del período de crecimiento de la soja (R8) (5 de abril) (Figura 2). Orr *et al.* (1986), indican para varias especies de pentatómidos, que el porcentaje de posturas parcialmente parasitadas incrementó a medida que aumentó la densidad de posturas en el cultivo.



**Figura 2.** Porcentaje de huevos parasitados y parasitismo en las posturas de *P. guildinii* en diferentes fechas de muestreo (total= posturas totalmente parasitadas; parcial= posturas parcialmente parasitadas).

En el momento del máximo porcentaje de huevos parasitados, 35 % de las posturas estuvieron parcialmente parasitadas. Estos resultados podrían estar indicando que el nicho huevo está insaturado, y por lo tanto sería posible incrementar el porcentaje de parasitismo aumentando la población de parasitoides por medio de liberaciones. Sin embargo, Hokyo *et al.* (1966), trabajando con parasitoides de *N. viridula*, determinaron que a densidades altas de parasitoides, la interferencia entre las hembras, debido a su agresividad, puede disminuir los porcentajes de parasitismo alcanzados. Por su parte, Wajnberg *et al.* (2004) encontraron que una mayor interacción competitiva (a través de contacto y lucha) entre hembras de *T. basalis* determina un menor tiempo de permanencia sobre la postura huésped.

Del total de individuos de *T. podisi* encontrados, 570 (22 %) fueron machos y 2021 (78 %) fueron hembras, lo que resulta en una proporción de 3,55 hembras por cada macho; y una razón sexual, definida como el número de hembras/ n° de machos más hembras, de 0,78. Orr y Boethel (1990) encontraron que el 18,5 % de la progenie de *T. podisi* que emergió de huevos de *Podisus maculiventris*, estaba constituido por machos. Pacheco y Corrêa-Ferreira (1998) encontraron que la razón sexual de *T. podisi* no varió con el hospedero, siendo 0,67 y 0,61 en *Euschistus heros* y *P. guildinii*, respectivamente.

### Predación de huevos

Los predadores encontrados fueron: arañas, 821 individuos en todo el período de estudio; Geocoridae, principalmente *Geocoris pallipes* (Hemiptera: Lygaeidae), 108 adultos y 33 ninfas; Chrysopidae, 40 adultos y 58 larvas; Nabidae, principalmente *Tropiconabis capsiformis* (Hemiptera: Nabidae), 28 adultos y 24 ninfas; *Orius* spp (*O. tristicolor* y *O. insidiosus*) (Hemiptera: Anthocoridae), 46 adultos; *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae), 25 adultos y 18 larvas y *Harmonia axiridis* (Coleoptera: Coccinellidae), 2 adultos. En el país, *G. pallipes* y *O. insidiosus* fueron citados por Bentancourt y Scatoni (2001). *T. capsiformis* y *H. axiridis* son citados por primera vez en este trabajo.

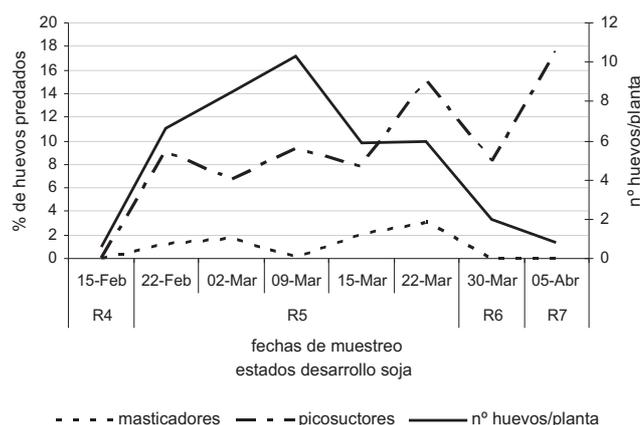
Se observó a campo predación de huevos de *P. guildinii* por insectos con aparato bucal masticador, fundamentalmente hormigas y avispas. También se observaron ninfas de Geocoridae y larvas de Chrysopidae succionando el contenido del huevo. Moreira y Becker (1986c) determinaron que entre los predadores que atacan huevos de *N. viridula* se encuentran ninfas y adultos de *N. viridula*, *Thyanta perditor* (Fabricius) (adultos y ninfas de 4° y 5° estadios), *Dichelops furcatus* (Fabricius) (adultos y ninfas de 4° estadio), adultos de *Geocoris* sp., adultos de Tettigoniidae y larvas de Chrysopidae.

El porcentaje de posturas totalmente predadas fue bajo, lo que estaría indicando que los predadores sólo aprovechan parte de los huevos de una postura. En las posturas recientes, el 10,52 % de los huevos y el 47,39 % de las posturas estuvieron predadas. Los insectos que succionan el contenido del huevo ejercieron una mayor actividad predatora que los masticadores, expresada tanto en posturas como en huevos atacados (Cuadro 2).

La predación de huevos por picosuctores fue similar cuando se consideraron el total de posturas o sólo las

posturas recientes. En el caso de los masticadores, considerando el total de posturas, los valores de predación duplican o triplican a los determinados para las posturas recientes (Cuadro 2). En el total de posturas se incluyen aquellas de mayor edad, de manera que los resultados obtenidos pueden deberse a que los predadores con aparato bucal masticador atacan a los huevos en cualquier fase del desarrollo embrionario, como indican Moreira y Becker (1986c) para *N. viridula*. Por el contrario, el endurecimiento del corion, en los huevos de mayor edad, podría dificultar la acción de los insectos picosuctores, de forma similar a lo que ocurre con los parasitoides (Austin *et al.*, 2005).

Los predadores, al dañar sólo algunos huevos de cada postura, ejercen un menor control de la población de *P. guildinii* que los parasitoides, como citaron Moreira y Becker (1986c) para *N. viridula*.



**Figura 3.** Número de huevos de *P. guildinii* por planta y porcentaje de huevos predados por masticadores o picosuctores, en posturas recientes.

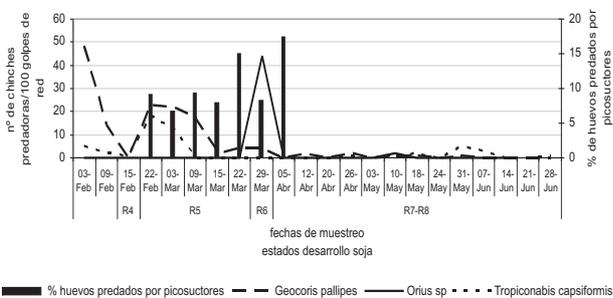
La predación fluctuó en forma ascendente a lo largo del ciclo del cultivo, a medida que se incrementó el número de posturas. La acción provocada por picosuctores se hizo máxima sobre el final del ciclo (5 de abril), momento en el cual probablemente no existían otras poblaciones de insectos de las que pudieran alimentarse estos organismos. La predación por masticadores se mantuvo entre 0,2 % y 3,0 % con un máximo el 22 de marzo, momento a partir del cual no hubo (sobre posturas recientes) acción de este grupo (Figura 3). Moreira y Becker (1986a, 1986c) encontraron que la mortalidad de huevos de *N. viridula* por predadores se hace mayor hacia el final del ciclo del cultivo de soja. Estos autores establecen que el comportamiento errático de ambos grupos de predadores puede deberse a la ausencia de

**Cuadro 2.** Porcentaje de huevos y posturas de *P. guildinii* predados en el total de posturas y posturas recientes.

	MASTICADORES		PICOSUCTORES	
	Total posturas	Posturas recientes	Total posturas	Posturas recientes
Huevos	4,76	1,34	9,19	9,18
Posturas totales	11,63	4,88	41,49	42,51
Posturas parcialmente predadas	9,72	4,88	40,97	42,51
Posturas totalmente predadas	1,91	0,00	0,52	0,00

especificidad en la relación predador/presa (Moreira y Becker, 1986c).

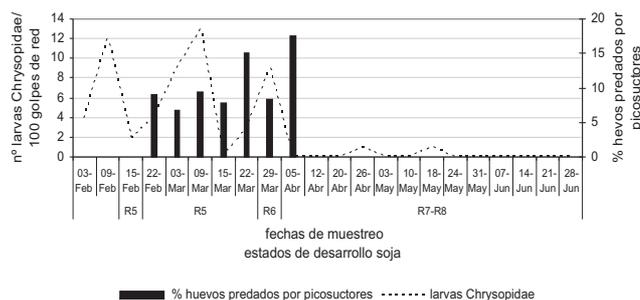
Los primeros huevos predados por picosuctores coinciden con un aumento de las poblaciones de *G. pallipes* y *T. capsiformis* y los últimos con los de las poblaciones de *Orius* spp., lo que podría indicar que estos predadores se alimentan de los huevos o ninfas chicas de *P. guildinii* (Figura 4). El máximo de población de ninfas chicas se produjo el 3 de marzo, momento en el cual había altas poblaciones de *G. pallipes* y de *T. capsiformis*. La población de *Orius* spp., en cambio, coincide con un momento en que el número de ninfas chicas en el cultivo fue bajo.



**Figura 4.** Porcentaje de huevos predados por picosuctores y fluctuaciones de poblaciones de *G. pallipes*, *T. capsiformis* y *Orius* sp. (*O. insidiosus* y *O. tristicolor*)

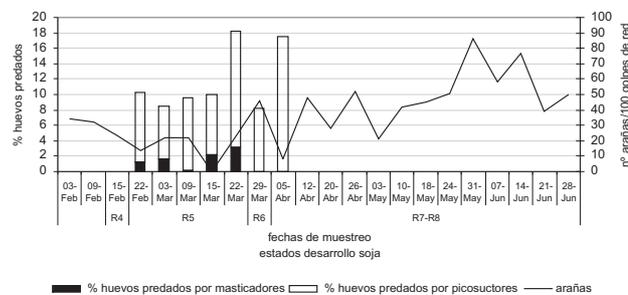
Las larvas de Chrysopidae y las arañas de tamaño pequeño perforan el huevo y succionan su contenido. La perforación puede ser tan pequeña que escape al examen visual y, por lo tanto, las poblaciones de estos organismos se incluyen en el análisis de los huevos predados por picosuctores. Como las arañas, de mayor tamaño son capaces de realizar una perforación evidente, sus poblaciones se comparan con las curvas de ambas categorías de huevos predados. Existió cierta coin-

cidencia de las curvas del porcentaje de huevos predados por picosuctores con parte de la curva de fluctuación de la población de larvas de Chrysopidae. Estas larvas también pueden contribuir a la predación de huevos. Sin embargo, su población es menor que la de chinches predadoras y parece estar menos relacionada que ellas a los huevos predados por picosuctores (Figura 5).



**Figura 5.** Porcentaje de huevos predados por picosuctores y fluctuación poblacional de larvas de Chrysopidae.

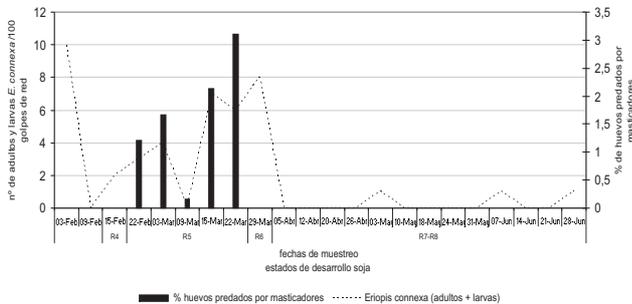
La población de arañas fluctúa ascendentemente durante el final del período de estudio. Estos predadores, aunque podrían alimentarse de los huevos de *P. guildinii*, se muestran independientes de sus poblaciones (Figura 6).



**Figura 6.** Porcentaje de huevos predados por masticadores y picosuctores y fluctuación de poblaciones de arañas.

La predación por picosuctores puede estar sobreestimada, ya que se contabilizaron como huevos predados por este grupo todos aquellos en los que el embrión no se había desarrollado. Esta falta de desarrollo del embrión puede deberse, también a los efectos de prueba con el ovipositor de parasitoides (Sousa y Spence, 2000) o a otras causas que no han sido determinadas en este trabajo.

La evolución del porcentaje de huevos predados por masticadores coincide con parte de las fluctuaciones de poblaciones de *E. connexa* (Figura 7) indicando que puede ser una de las especies importantes en este tipo de predación de huevos.



**Figura 7.** Porcentaje de población de huevos predados por masticadores y fluctuación de la población de adultos y larvas de *E. connexa*.

**Mortalidad de ninfas y adultos**

Se colectaron 344 ninfas, 185 en soja y 159 en alfalfa y 467 adultos 400 en soja y 67 en alfalfa. Tres las ninfas (0,87 %) y ocho de los adultos (1,71 %) murieron a causa de nemátodos. Se encontró una sola ninfa colectada en el cultivo de alfalfa afectada por un parasitoide, que no pudo ser identificado por no haber completado su desarrollo.

Los nemátodos, identificados como pertenecientes a los géneros *Mermis* o *Hexameris*, causaron mortalidad únicamente en los insectos provenientes del cultivo de soja, luego de un período de lluvias, desde el 6 de abril y hasta el final del período de muestreos (R7\_R8). Del total de adultos muertos por este agente, cinco fueron machos y tres hembras.

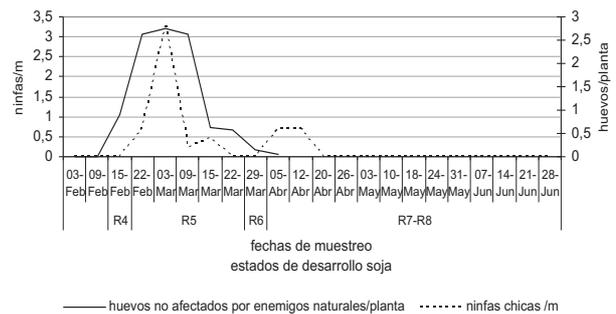
No se encontraron hongos entomopatógenos afectando ninfas o adultos de *P. guildinii*. Esto puede ser debido a que las condiciones ambientales durante el período de estudio fueron secas, o a la natural resistencia de las chinches a estos organismos, explicada por la presencia de agentes antimicóticos (Sosa-Gómez *et al.*, 1997). *Beauveria bassiana* había sido citada en Uruguay, afectando al 0,09 % de las ninfas y al 0,27 % de los adultos (Castiglioni *et al.*, 2006).

**Eficacia de los controladores biológicos de *P. guildinii***

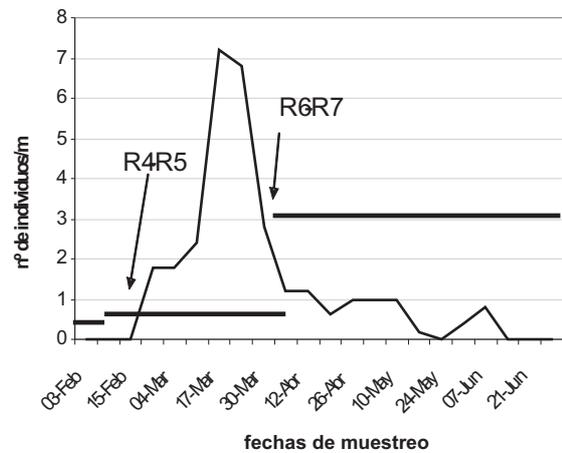
El pico de población de ninfas chicas coincidió con el pico de huevos no parasitados (Figura 8), indicando una alta relación entre el parasitismo de huevos y estos estadios ninfales.

Los estadios de desarrollo de *P. guildinii* capaces de realizar daño a la soja, se encontraron por encima del umbral de daño económico utilizado comercialmente (Iannone, 2005) desde el 24 de febrero (R5-R6) y hasta el 19 de abril (R8) (Figura 9).

La ineficacia de los parasitoides de huevos para mantener la población de chinches por debajo de umbrales de daño económico fue relatada por Orr *et al.* (1986) para otras especies de pentatómidos. Esto se debe fundamentalmente a que los umbrales de daño económico son tan bajos que es muy difícil que el control natural pueda mantener a las poblaciones de chinches por debajo de ellos.



**Figura 8.** Número de huevos no afectados por enemigos naturales y fluctuación de la población de ninfas en soja (pañó vertical).



**Figura 9.** Ninfas de tercero, cuarto y quinto estadios y adultos *P. guildinii* por metro, en cada fecha de muestreo. (Umbral de daño económico según Iannone, 2005).

## Conclusiones

El parasitoide de huevos *T. podisi* fue el principal agente de mortalidad de *P. guildinii*, con una presencia permanente mientras se encontraron posturas de su huésped.

El máximo porcentaje de huevos parasitados se produjo luego del pico de población de posturas y en un momento en que la soja ya no era susceptible al daño por chinches.

Los predadores de huevos, y los parasitoides y de ninfas y adultos tuvieron una menor contribución a la mortalidad de esta especie. Los predadores que estuvieron más relacionados con el porcentaje de huevos predados fueron *G. pallipes*, *T. capsiformis*, *Orius* spp. y larvas de Chrysopidae.

El alto porcentaje de posturas parcialmente parasitadas o parcialmente predadas sugieren que el nicho huevo de *P. guildinii* se encuentra insaturado en la soja.

Los controladores naturales fueron insuficientes para impedir que *P. guildinii* alcanzara los umbrales de daño económico utilizados habitualmente en el cultivo de soja, lo cual justificaría la utilización de técnicas de control biológico aumentativas si se quiere evitar la aplicación de insecticidas químicos.

## Agradecimientos

A la Dra. Marta Loiácono por la identificación de parasitoides de huevos. Al Dr. Diego Carpintero por la identificación de chinches predatoras. Al Dr. Patrice Bolland por la identificación de *H. axiridis*. A la Dra. Patricia Stock por la identificación de nemátodos. Al Ing. Agr. Horacio Silva por el reconocimiento de parasitoides y predadores y sus sugerencias y aportes en la redacción. Al Sr. Elio Noel García por su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.

## Bibliografía

- Alzugaray, R. y Ribeiro, A.** 2000. Insectos en pasturas. En: Zerbino, M. S.; Ribeiro, A.R. (eds.). Manejo de plagas en pasturas y cultivos. INIA. La Estanzuela. Serie Técnica 112: 13-30.
- Austin, A. D.; Johnson, N. F. and Dowton, M.** 2005. Systematics, evolution and biology of scelionid and platygastriid wasps. Annual Review of Entomology. 50: 553-582.
- Ávila, I. P.** 2006. Parasitismo de huevos de chinche (*Piezodorus guildinii*), en soja. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 49 p.
- Bentancourt, C. M. y Scatoni, I. B.** 2001. Enemigos naturales. Manual ilustrado para la agricultura y la forestación. Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 169 p.
- Castiglioni, E.** 2004. La soja avanza sobre el paisaje y la chinche avanza sobre la soja. Changué. 26: 2-6.
- Castiglioni, E.; Alzugaray, R.; Ribeiro, A. y Loiácono, M.** 2005. Parasitoides de huevos de *Piezodorus guildinii* (Westwood) en sistemas agrícola-pastoriles del Litoral Oeste uruguayo. En: SIRGEALC (Simposio de recursos genéticos para América Latina y el Caribe) (5°, 2005, Montevideo). p. 106.
- Castiglioni, E.; Ribeiro, A.; Silva, H. y Cristino, M.** 2006. Prospección de factores naturales de mortalidad de *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) en Uruguay. En: Congresso Brasileiro de Entomologia. (21°, 2006, Recife. PE, Brasil) (1271-2 CD-Rom).
- Cividanes, F. J.; Athayde, M. L. F. e Sabugosa, E. T.** 1995. Observações sobre o parasitismo em ovos de *Piezodorus guildinii* (Wes.). Revista de Agricultura, Piracicaba. 70(1): 131-137.
- Corrêa-Ferreira, B. S.** 1986. Ocorrência natural do complexo de parasitoides de ovos de percevejos da soja no Paraná. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. 15(2):189-196.
- Corrêa-Ferreira, B. S.** 2002. *Trissolcus basal* para o controle de percevejos da soja. En: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. H.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Bento, J. M.S. (eds.). Controle biológico no Brasil. Parasitoides e predadores. Manole. São Paulo. pp. 449-476.
- Godoy, K. B.; Ávila, C. J.** 2000. Parasitismo natural em ovos de dois percevejos da soja, na região de Dourados, MS. Revista de Agricultura (Piracicaba). 75(2): 271-279.
- Hokyo, N.; Kiritani, K.; Nakasuji, F. and Shiga, M.** 1966. Comparative biology of the two scelionid egg parasites of *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). Applied Entomology and Zoology. 1(2): 94-102.
- Iannone, N.** 2005. Chinches en soja: niveles de decisión para su control según especies y estados del cultivo (en línea). Consultado 18 ene. 2005. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/plagas/intapergamino/20050118ChinchesSoja.asp>
- Lanclos, D. Y.; Ferguson, R. and Morgan, D. S.** 2005. Control of red-shouldered stinkbug. Wat's goin'on. Lessons we learned in Brazil about control for *Piezodorus guildinii* (a.k.a. the red-shouldered stink bug). Louisiana Soybean and feed grain review. 3(5):1-4.
- Link., D. y Conatto, L. C.** 1979. Hábitos de postura de *Piezodorus guildinii* em soja. Revista do Centro de Ciências Rurais. 9 (1):61-72.
- Medeiros, M. A.; Loiácono, M. A.; Borges, M.; Virgulino, F. e Schmidt, G.** 1998. Incidência natural de parasitoides em ovos de percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) encontrados na soja do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 33: 1431-1435.

- Moreira, G. R. P. e Becker, M.** 1986a. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura de soja: I- Todas as causas de mortalidade. *Annais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 15(2): 271-283.
- Moreira, G. R. P. e Becker, M.** 1986b. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura de soja: II- Parasitóides. *Annais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 15(2):291-308.
- Moreira, G. R. P. e Becker, M.** 1986c. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura de soja: III. Predadores. *Annais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 15(2):309-326.
- Orr, D. B. and Boethel, D. J.** 1990. Reproductive potential of *Telenomus cristatus* and *T. podisi* (Hymenoptera: Scelionidae), two egg parasitoids of pentatomids (Heteroptera). *Annals of the Entomological Society of America*. 83(5): 902-905.
- Orr, D. B; Russin, J. S.; Boethel, D. J. and Jones W. A.** 1986. Stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) egg parasitism in Louisiana Soybeans. *Environmental Entomology*. 15(6):1250-1254.
- Pacheco, D. J. P. e Corrêa-Ferreira, B. S.** 1998. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. *Anais de Sociedade Entomológica do Brasil*. 27(4): 585-591.
- Panizzi, A. R. and Slansky Junior, F.** 1985. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in Americas. *Florida Entomologist* 68(1): 184-214.
- Sosa-Gómez, D. R.; Boucias, D. G. and Nation, J. L.** 1997. Attachment of *Metarhizium anisopliae* to the southern green stink bug *Nezara viridula* cuticle and fungistatic effect of cuticular lipids and aldehydes. *Journal of Invertebrate Pathology*. 69: 31-39.
- Sousa, J. M. and Spence, J. R.** 2000. Effects of mating status and parasitoid density on superparasitism and offspring fitness in *Tiphodytes gerriphatus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 93 (3): 548-553.
- Uruguay, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias** 2007. Anuario estadístico agropecuario 2007 (en línea). Consultado 5 jun. 2008. Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/diea/Anuario2007/pages/DIEA-Anuario-2007-cd\\_074.html](http://www.mgap.gub.uy/diea/Anuario2007/pages/DIEA-Anuario-2007-cd_074.html)
- Wajnberg, E.; Curty, C. and Colazza, S.** 2004. Genetic variation in the mechanisms of direct mutual interference in a parasitic wasp: consequences in terms of patch-time allocation. *Journal of Animal Ecology*. 73:1179-1189.

## Incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo en el modelo USLE/RUSLE para estimar erosión en Uruguay

Hill, M.<sup>1</sup>; García Prechac<sup>1</sup>, F.; Terra, J.<sup>2</sup>; Sawchik, J.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de la República Facultad de Agronomía Departamento de Suelos y Aguas Av. Gral. Eugenio Garzón 780 Montevideo – Uruguay Correo electrónico: mhill@fagro.edu.uy

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Ruta 8 km 282 Treinta y Tres - Uruguay

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Ruta 50 km 11 Colonia - Uruguay

Recibido: 16/6/08 Aceptado: 29/12/08

### Resumen

Desde 1980 se ha trabajado para adaptar y validar el modelo USLE/RUSLE a Uruguay, pero existen sobreestimaciones de pérdida de suelo respecto a resultados experimentales. La hipótesis es que ello se debe a que el modelo no considera el efecto del contenido de agua en el suelo. El objetivo de este estudio fue comprobar la hipótesis y proponer y validar un procedimiento para estimar el factor «contenido de agua del suelo» e incluirlo en las estimaciones del modelo USLE/RUSLE. Se comprobó una mejora en la estimación al incorporar el efecto del agua del suelo a partir de datos medidos experimentalmente con la incorporación del subfactor «contenido de agua en el suelo» del modelo RUSLE eliminándose la sobreestimación. La pendiente de la regresión entre valores estimados y medidos pasó de 1.21 a 0.99 y el  $R^2$  de 0.93 a 0.97. El modelo de balance hídrico que mejor estimó el contenido de agua del suelo fue el de Témez (1977), calibrado para Uruguay por Genta *et al.*, (2005). Estimando el contenido de agua en el suelo por Témez, se logró pasar de una sobreestimación de la erosión en USLE/RUSLE de 25 % a una leve subestimación de 4 %, con cambios en los valores de  $R^2$ , Índice de Nash - Sutcliffe y PBIAS de 0.94 a 0.97, de 0.73 a 0.97 y de -56 a 4, respectivamente.

**Palabras clave:** erosión, USLE-RUSLE, agua en el suelo

### Summary

## Soil water content effect in the USLE/RUSLE model to estimate erosion in Uruguay

USLE/RUSLE has been tested and used in Uruguay since 1980, but erosion is overestimated when compared with experimental long-term data. It is hypothesized that this is due to not considering the effect of soil water content. The objectives of this work were to prove the hypothesis and to develop a procedure to include the effect of SWC into the erosion estimation with the model. Calculating the RUSLE soil water content subfactor, with experimental data, and including it in the model, the linear regression coefficient between estimated and measured data changed from 1.21 to 0.99 and  $R^2$  from 0.93 to 0.97. The best soil water balance procedure to estimate SWC was the one of Témez (1977) calibrated in Uruguay by Genta *et al.* (2005). Using this balance estimates to calculate the CA subfactor and including it in erosion estimations with USLE/RUSLE, soil erosion overestimation changed from 25 % to 4 %, and  $R^2$ , Nash-Sutcliffe index and PBIAS changed from 0.94 to 0.97, 0.73 to 0.97 and -56 to 4, respectively.

**Key words:** erosion, USLE/RUSLE, soil water content

## Introducción

El modelo Universal Soil Loss Equation - Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, USLE (Wischmeier y Smith, 1960) y su versión revisada RUSLE (Renard *et al.*, 1997), es el más utilizado en el mundo para la toma de decisiones en planificación de uso y manejo de suelos para minimizar la erosión a nivel predial. El modelo fue desarrollado en la década de 1950, utilizando información experimental de 10.000 combinaciones de parcelas de escurrimiento, con eventos de lluvia natural durante varios años. Desde 1980, se avanzó en adaptar y validar el modelo a Uruguay (Puentes, 1981; García y Baethgen, 1982; García Préchac, 1982; Puentes y Szogi, 1983; García Préchac, 1992 y 2003; García Préchac *et al.*, 1997, 1998, 1999; Clérici y García Préchac, 2001). El trabajo incluyó un programa nacional de medición experimental de erosión a largo plazo en parcelas de escurrimiento bajo lluvia natural, continuado en varios proyectos hasta 2000, con cuyos datos se elaboró el presente trabajo. El modelo, desarrollado en el hemisferio Norte, asume, explícitamente, que el contenido de agua en el suelo siempre permanece alto, ya que la principal estación de crecimiento comienza con el suelo completamente saturado de agua luego del deshielo primaveral. Esto se mantiene durante los períodos de mayor riesgo de erosión de los suelos, desde el comienzo de la preparación del suelo para la siembra hasta la cobertura del suelo por la parte aérea de los cultivos. En nuestras condiciones donde la siembra de cultivos de verano se realiza a mitad de primavera, generalmente el suelo no permanece desnudo y puede presentar bajos contenidos de agua, al menos en la parte superficial, lo que reduce el riesgo de erosión. La información experimental obtenida durante dos años en parcelas de escurrimiento de Aguas Blancas, Lavalleja, permitió calcular el subfactor «contenido de agua en el suelo» según RUSLE (Renard *et al.*, 1997). Agregando este subfactor a la estimación de erosión para las cuatro alternativas de uso y manejo ensayadas en ese sitio, excluyendo suelo desnudo, se obtuvo una disminución de la sobreestimación del modelo del orden de 20 % y una mejora del  $R^2$  entre lo estimado y lo medido de 0.88 a 0.97 (García Préchac, 1992). Por tanto, la hipótesis de este trabajo es que, la incorporación del subfactor «contenido de agua del suelo» al modelo, mejorará la performance estimativa del mismo. El objetivo de este trabajo fue comprobar dicha hipótesis, utilizando la información experimental de erosión de largo plazo obtenida en el país y desarrollar un procedimiento de balance hídrico para estimar

el contenido de agua del suelo promedio anual e incorporarlo al modelo de estimación de erosión para las condiciones de Uruguay.

## Materiales y métodos

### Estimación de la pérdida de suelo: Modelo USLE y su versión revisada RUSLE

El modelo se basa en la ecuación:  $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ , donde A, es la pérdida de suelo promedio anual por unidad de superficie y se expresa en  $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . El Factor R, erosividad de la lluvia, es el producto acumulado promedio anual de la energía cinética por la máxima intensidad de las lluvias erosivas en 30 minutos (mayores a 13 mm, según Wischmeier y Smith, 1960), en  $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . El Factor K, erodabilidad del suelo, es la cantidad promedio de suelo perdido por unidad de Factor R ( $Mg \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ), cuando el suelo en cuestión es mantenido permanentemente desnudo, con laboreo secundario a favor de la pendiente. Los demás factores son relaciones a estándares sin unidades. El Factor L, longitud de la pendiente, es la relación entre la erosión con una longitud de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 22.1 m de longitud, a igualdad de los demás factores. El Factor S, inclinación de la pendiente, es la relación entre la erosión con una inclinación de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 9 % de inclinación, a igualdad de los demás factores. El Factor C, uso y manejo, es la relación promedio anual entre la erosión de un suelo con un determinado sistema de uso y manejo y la que ocurre en las condiciones estándar en que se definió el Factor K, a igualdad de los demás factores. El Factor P, práctica mecánica de apoyo es la relación entre la erosión que ocurre con una determinada práctica mecánica de apoyo y la que ocurre con la condición estándar de laboreo a favor de la pendiente, a igualdad de los demás factores.

Para estimar la pérdida de suelo en cada caso, se utilizó el programa EROSION 5.0 (García Préchac *et al.*, 2005), que estima pérdidas de suelo a partir del modelo USLE/RUSLE. La versión actual del programa asume que el contenido de agua del suelo, promedio anual, es alto y constante.

### Sitios. Parcelas de escurrimiento

Se trabajó con datos de parcelas de escurrimiento bajo lluvia natural existente en el país, que se generaron en experimentos de erosión en Aguas Blancas (AB, Lavalleja), en el período 1982-1986; en la Unidad Ex-

perimental Palo a Pique (PAP, Treinta y Tres), en el período 1994-1999 y en la Estación Experimental La Estanzuela (LE, Colonia), en el período 1984-1989. El tamaño estándar de las parcelas fue de 22.1 m de largo por 3.5 m de ancho (Wünsche, 1983), localizadas con su largo en el sentido de la pendiente. El cálculo de la capacidad de captación del sistema se hizo de acuerdo a Bertoni *et al.* (1975). La metodologías de muestreo y de laboratorio fueron las descritas por Cogo *et al.* (1978) y Wünsche (1983). La erosión generada en cada evento climático individual se midió del escurrimiento su-

perficial y la concentración de sedimentos. En el período considerado, se registraron en total 144, 137 y 89 tormentas de más de 13mm que implicaron, en promedio, 29, 27 y 36 tormentas por año, para LE, PAP y AB, respectivamente. En los cuadros 1 y 2 se presenta las características de los suelos dominantes de las Unidades de Suelo de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay en las que se encontraban las parcelas de escurrimiento, la ubicación geográfica de las mismas y los parámetros hídricos de dichas unidades.

**Cuadro 1.** Coordenadas geográficas, Factor K, Factor R, suelos dominantes de la Unidad y su correspondiente en el Soil Taxonomy.

Sitio	Coordenadas geográficas	Factor K <sup>1</sup> MJ mm ha <sup>-1</sup> rr <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Factor R <sup>2</sup> Mghr año MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	Pendiente %	Suelo dominante <sup>3</sup>	Soil Taxonomy <sup>4</sup>
AB	34° 20' S 55° 0' W	0.390	382	4	Brunosol Éútrico	Typic Argiudoll
PAP	33° 12' S 54° 22' W	0.480	462	3,5	Argisol Subéútrico	Abruptic Argiudoll
LE	34° 25' S 58° 0' W	0.230	532	3	Brunosol Éútrico	Vertic Argiudoll

<sup>1</sup>Factor K (Puentes, 1981), <sup>2</sup>Factor R (García Préchac *et al.*, 1999), <sup>3</sup>Carta de Reconocimiento de suelos del Uruguay 1:1.000.000 (MGAP-DSA, 1976), <sup>4</sup>Soil Taxonomy (Durán *et al.*, 1999).

**Cuadro 2.** Agua retenida a capacidad de campo y punto de marchitez permanente de los suelos de las parcelas de escurrimiento calculados en base a Silva *et al.*, (1988).

SITIO	Hor <sup>1</sup>	LI <sup>2</sup> cm.	CC <sup>3</sup>	PMP <sup>4</sup> mm.
AB	Ap	14	55.4	26.5
	B <sub>1t</sub>	47	134.5	91.9
	B <sub>12</sub>	66	82.3	56.1
	BC	120	193.5	113.2
	Total		466	288
PAP	A <sub>u1</sub>	16	72.9	25.6
	B <sub>21t</sub>	40	97.4	65.9
	B <sub>22t</sub>	58	77.7	53.5
	B <sub>3k</sub>	75	72.8	49.4
	C <sub>k</sub>	120	185.7	119.5
Total		507	314	
LE	A	24	99.4	47.4
	B <sub>t</sub>	56	129.1	88.4
	BC	75	80.9	55.8
	C <sub>k</sub>	120	191.1	129.3
	Total		501	321

<sup>1</sup>: horizonte, <sup>2</sup> límite inferior del horizonte desde la superficie del suelo, <sup>3</sup>: capacidad de campo de todo el horizonte, <sup>4</sup>: punto de marchitez permanente de todo el horizonte

### Sistemas de uso y manejo de suelos

En los tres sitios existieron dos parcelas de referencia: una con el suelo pronto para una siembra convencional a favor de la pendiente, uso y manejo de referencia según Wischmeier y Smith, (1978) y otra con el suelo bajo la pastura natural del sitio, manejada bajo corte. Los demás sistemas de uso y manejo en cada sitio-parcela se detallan a continuación.

#### *Sistemas de uso y manejo en Aguas Blancas (García Préchac, 1982)*

- Agricultura continua de Maíz (*Zea mays*) tradicional para la época. Se define como un cultivo realizado sin fertilización, baja densidad de plantas (menor a 30000 plantas ha<sup>-1</sup>), control de malezas mecánico, con rendimiento promedio de 1Mg ha<sup>-1</sup> de grano.

- Rotación anual Maíz – Cobertura de invierno anual de avena (*Avena sativa*) manejada bajo corte. El Maíz se realizó con fertilización, población de 50.000 pl ha<sup>-1</sup>, control químico de malezas y rendimiento promedio de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de grano.

- Rotación cultivo (2 años) – pastura (2 años). La parte agrícola fue idéntica a la realizada en el sistema de agricultura continua con cobertura de invierno anual y una pastura de 2 años de duración, mezcla de trébol rojo (*Trifolium pratense*) y raigrás (*Lolium multiflorum*).

Todos los sistemas se realizaron con laboreo convencional (LC), que consistió en arada con inversión como laboreo primario y laboreo secundario realizado en base a rastras de discos y de dientes.

*Sistemas de uso y manejo en Palo a Pique (Terra y García Préchac 2001)*

- Agricultura continua, con doble cultivo anual. Como especies de invierno se sembraron avena o trigo en mezcla con raigrás, y en verano sorgo (*Sorghum bicolor*) o moha (*Setaria italica*). Tanto los cultivos de invierno como los de verano se cosecharon por corte y retiro de restos. Uno de los sistemas se realizó con siembra directa (SD) y otro con laboreo reducido (LR), que consistió en dos pasadas de excéntrica y una pasada de vibrocultivador.

- Rotación de seis años de duración con un ciclo de dos años de cultivo igual al sistema anterior y cuatro años de pastura de trébol blanco (*Trifolium repens*), lotus (*Lotus corniculatus*), dactylis (*Dactylis glomerata*) y festuca (*Schedonorus arundinaceus*). Esta rotación se realizó usando dos sistemas de laboreo, LR y SD. Estas rotaciones, al realizarse en 3 parcelas cada una, determinaron que en cada año se encuentren la mitad de los componentes de cada rotación al mismo tiempo, los correspondientes a los años pares en un año y los correspondientes a los años impares en el otro.

*Sistemas de uso y manejo en La Estanzuela (García Préchac, 1992)*

- Agricultura continua, con doble cultivo anual bajo LR y SD. Se sembró sorgo en la primera quincena de octubre en todos los sistemas. A este le siguió un cultivo de invierno: cebada (*Hordeum vulgare*) o trigo (*Triticum aestivum*) y luego girasol (*Heliaantus annus*) de segunda, sembrado inmediatamente después del cultivo de invierno.

- Rotación de cultivos anuales (3 años) con pasturas (3 años). La etapa de cultivo fue similar a la descrita para el sistema anterior, y la pastura consistió de una mezcla de festuca, trébol blanco y trébol rojo. La rotación se realizó en LR y en SD.

Por lo tanto, la base de datos combinada de los tres sitios experimentales definió 17 sistemas de uso y manejo en 24 parcelas: campo natural, suelo desnudo, do-

ble cultivo anual en LR, doble cultivo anual en SD, rotación cultivo pastura en LR, rotación cultivo pastura en SD, rotación cultivo pastura con LC y agricultura continua con LC.

### Medidas de agua en el suelo

En los sitios experimentales AB y PAP se realizaron determinaciones de contenido de agua en el suelo con sonda de neutrones según el método de Hignett y Evett, (2002), en tubos de acceso, ubicados en cada parcela. La frecuencia de medición fue variable para cada localidad. Las mediciones se hicieron hasta una profundidad de 120 cm.

### Estimaciones de agua en el suelo

#### VARIABLES CLIMÁTICAS

Los datos de precipitación utilizados para estimar agua en el suelo se tomaron de INIA GRAS para LE ([www.inia.org.uy/GRAS](http://www.inia.org.uy/GRAS)) y de estaciones meteorológicas instaladas en los sitios experimentales donde se encontraban las parcelas para AB y PAP. La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) de cultivos y como ETR de campo natural y praderas permanentes, se calculó por el método de Penman (Doorembos y Pruitt, 1976). Los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), que multiplicados por la  $ET_0$ , estiman la  $ET_R$  de cada cultivo o pastura en cada etapa del crecimiento, se utilizaron para estimar la evapotranspiración respecto al cultivo de referencia (Allen *et al.*, 1998), en ambos procedimientos de estimación de contenido de agua en el suelo.

#### Modelos de balance hídrico utilizados

Se realizaron balances hídricos climáticos, mensuales, según los modelos de Thornthwaite y Mather (1955) (TM) y de Témez (1977). Este último calibrado para el uso en cuencas en Uruguay por Genta *et al.* (2005), (TG), para el período considerado en cada localidad. Se consideró la variación de almacenaje de agua en el suelo hasta 120cm de profundidad.

El modelo TM, propuesto originalmente en 1955 (Pizarro *et al.*, 2005) asume que el suelo tiene una capacidad de almacenamiento de agua ( $S_i$ ). Además, dada una precipitación ( $P_i$ ) y una evapotranspiración potencial ( $ETP_i$ ), el almacenamiento de humedad al final del período ( $S_i$ ) viene dado por:

$$S_i = \min(P_i - ETP_i + S_{i-1}, \emptyset) \quad \text{si } P \geq ETP_i$$

$$S_i = S_{i-1} \times e^{P-ETP/CAAD} \quad \text{si } P < ETP_i$$

Se producirá excedente cuando el agua total del suelo exceda su capacidad de almacenamiento siendo este excedente  $T_i$ , el que se expresa por:

$$T_i = (P_i - ETP_i) + S_{i-1} - \emptyset \quad \text{si } S_i = \emptyset$$

$$T_i = 0 \quad \text{si } S_i < \emptyset$$

El modelo de Témez, (Pizarro *et al.*, 2005), supone que el perfil del suelo está dividido en una zona superior insaturada, y otra inferior que se halla completamente saturada, asemejando su comportamiento a un embalse subterráneo que desagua en la red superficial. El agua precipitada ( $P_i$ ), se divide en evapotranspiración ( $ETP_i$ ) y excedente ( $T_i$ ), cuyo cálculo se efectúa según la siguiente ecuación:

$$T_i = 0 \quad \text{si } P \leq P_0$$

$$T_i = \frac{(P_i - P_0)^2}{P_i - \delta_i - 2P_0} \quad \text{si } P > P_0$$

Donde:

$T_i$  es el excedente del mes  $i$

$P_i$  es la precipitación del mes  $i$

$$= H_{\max} - S_{i-1} + ETP_i$$

$$P_0 = CP_0 \times (H_{\max} - S_{i-1})$$

$CP_0$  es la precipitación mínima para que exista escurrimiento

$H_{\max}$  es la máxima capacidad de almacenamiento en la capa superior del suelo

$S_{i-1}$  es el contenido de agua en el suelo en el mes  $i-1$

$ETP_i$  es la evapotranspiración potencial del mes  $i$

La ETR, con la condición de que la máxima es la ETP es:

$$ETR_i = \min\{H_{i-1} + P_i - T_i, ETP_i\}$$

$$ETP_{\text{Penman}} = 1.38 \times ETP_{\text{Thorntwaite}}$$

La humedad en el suelo al final del mes está representada por:

$$S_i = \max\{0; -S_{i-1} - P_i - T_i - ETP_i\}$$

Los parámetros que utiliza el modelo fueron calibrados para Uruguay por Genta *et al.*, (2005) y son los siguientes:

$$H_{\max} = 0.916 \times \text{Agua disponible (AD)}$$

$$CP_0 = 0.30$$

### Incorporación del efecto del contenido de agua en el modelo

La relación de pérdida de suelo (RPS), pérdida de suelo de un determinado uso y manejo respecto al estándar, se estimó con el modelo USLE/RUSLE para cada período de cultivo. USLE proporciona tablas de datos de pérdida de suelo basados en información empírica. RUSLE proporciona un submodelo basado en ecuaciones que estiman un valor concreto de RPS a partir de información cuantitativa basada en determinaciones experimentales directas de las siguientes variables: cobertura por residuos, cobertura y altura vegetal, rugosidad superficial, uso previo y contenido de agua en el suelo. Las variables generan subfactores que multiplicados dan el RPS del período en consideración. Una de esas variables genera el subfactor «contenido de agua» (CA). Este subfactor, fue calculado en base al contenido de agua promedio medido y estimado en el suelo. Dicho subfactor vale 0 cuando el contenido de agua del suelo es igual o menor al punto de marchitez permanente (PMP), 1 cuando es igual o mayor a capacidad de campo (CC) y varía linealmente entre 0 y 1 con contenidos de agua en el suelo en el rango de agua disponible. Este subfactor se calculó para períodos en el que la vegetación presente es uniforme («período de cultivo», Wischmeier y Smith, 1978). Estos períodos son: barbecho rugoso, siembra - emergencia, establecimiento, crecimiento - maduración y rastrojo, (Brady y Weil, 2002).

El procedimiento seguido en este trabajo es multiplicar la RPS promedio anual de cada período de crecimiento, por el subfactor CA promedio anual de cada uno de esos mismos períodos.

### Validación de los modelos

Se compararon los valores estimados y medidos del contenido de agua en el suelo mediante el ajuste de una regresión lineal simple y su ajuste con intercepto 0.

La erosión medida y la estimada se comparó mediante una regresión lineal y se estudió la bondad de ajuste del modelo a través del coeficiente de determinación ( $R^2$ ). El procedimiento es altamente sensible a valores

extremos, poco sensible a diferencias proporcionales entre valores medidos y estimados y se pueden obtener altos valores de  $R^2$  aún cuando los valores estimados y medidos sean diferentes (Legates y McCabe, 1999). Por lo anterior, se utilizaron además, otros dos procedimientos estadísticos:

Índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash y Sutcliffe, 1970), que determina la relación entre la magnitud de la varianza del error (CME) y la varianza de los valores observados.

Sesgo en % (PBIAS) (Gupta *et al.*, 1999), que indica la tendencia promedio de los valores estimados a ser mayores o menores a los valores medidos.

Moriasi *et al.* (2007) recomienda la metodología propuesta para datos diarios o promedios mensuales. En el presente trabajo se utilizaron promedios anuales. Los procedimientos citados se aplican a los modelos antes y después de la incorporación del efecto del contenido de agua en las estimaciones de erosión.

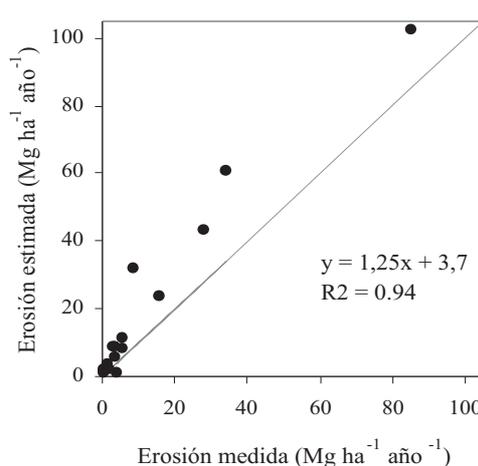
## Resultados y discusión

### Erosión medida experimentalmente versus erosión estimada

En el cuadro 3 se presentan los valores de Factor C para los sistemas de uso y manejo de los sitios estudiados. Estos son coincidentes con las estimaciones realizadas en el país para sistemas similares de uso y manejo del suelo (Clérici y García Préchac, 2001).

De acuerdo a los criterios de Puentes (1981), la pérdida tolerable para los suelos de los tres sitios es  $7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

La Figura 1 muestra que existe una sobreestimación de la erosión promedio anual medida, cuya magnitud depende de la erosión real. Por ejemplo para una erosión medida de  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  la erosión estimada es



**Figura 1.** Relación entre erosión promedio anual estimada mediante el modelo USLE/RUSLE sin considerar el contenido de agua medido en el suelo y erosión promedio anual medida experimentalmente en parcelas de escurrimiento de tres localidades (la línea recta representa ajuste perfecto).

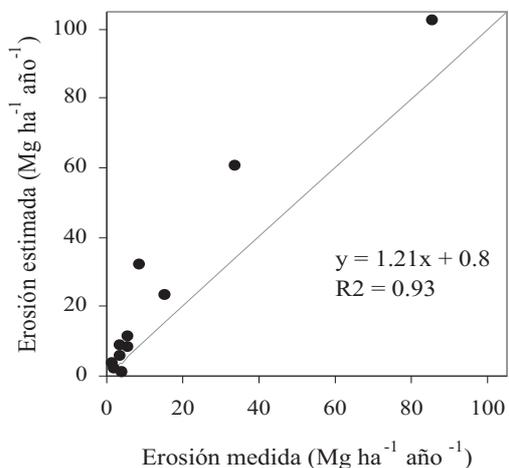
**Cuadro 3.** Valores de Factor C generados por el generados por el modelo USLE/RUSLE para cada sistema de uso y manejo del suelo en cada sitio experimental

Sitio	Uso y Manejo del suelo	Factor C
AB	Maíz tradicional con laboreo convencional	0.527
	Maíz – cobertura invernal con laboreo convencional	0.190
	Rotación cultivo pastura con siembra directa	0.134
PAP	Cultivo continuo con laboreo reducido	0.230
	Cultivo continuo con siembra directa	0.057
	Rotación cultivo pastura con laboreo reducido	0.085
	Rotación cultivo pastura con siembra directa	0.036
LE	Cultivo continuo con laboreo	0.203
	Cultivo continuo con siembra directa	0.076
	Rotación cultivo pastura con laboreo reducido	0.096
	Rotación cultivo pastura con siembra directa	0.041

16 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, o sea 60 % más alta. Esta es muy importante en situaciones de alta erosión, ya que puede llevar a tomar la decisión de no adopción de determinados sistemas de uso y manejo del suelo por superar los límites tolerables de pérdida de suelo.

Introducción del subfactor «contenido de agua en el suelo» en modelo USLE/RUSLE, calculado con el contenido de agua medida experimentalmente.

La Figura 2 muestra una sobreestimación de la pérdida de suelo para los sitios AB y PAP, coincidiendo con los valores de sobreestimación encontrados cuando se consideraron las tres localidades. En este caso no se incluye LE debido a que no habían datos de conteni-

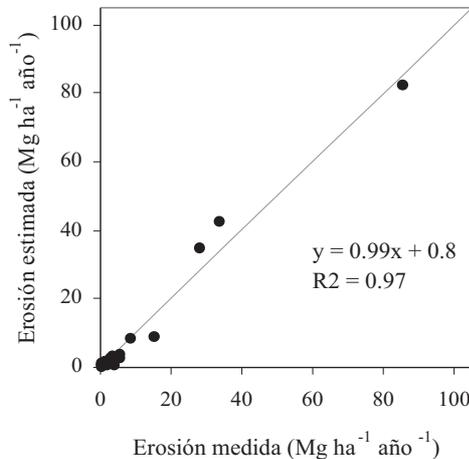


**Figura 2.** Relación entre erosión promedio anual estimada mediante el modelo USLE RUSLE sin considerar el contenido de agua medido en el suelo y erosión promedio anual medida experimentalmente en parcelas de escurrimiento localizadas en los sitios experimentales AB y PAP.

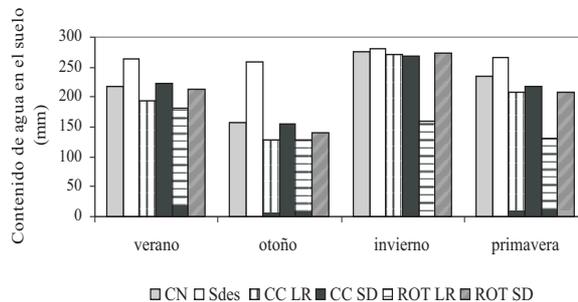
do de agua en el suelo lo que impidió calcular el subfactor CA para dicha localidad. Sin embargo, cuando se incorpora el subfactor CA calculado en base al contenido de agua en el suelo medido experimentalmente, para el cálculo del Factor C, se elimina la sobreestimación. (Figura 3). Esta mejoría en la estimación de erosión es importante para Uruguay, donde existe una alta variación del contenido de agua del suelo en las distintas situaciones de uso y manejo (Figura 4).

**Estimación del contenido de agua en el suelo**

Se buscó un procedimiento de balance hídrico adecuado y sencillo para estimarlo, que permita ser utili-



**Figura 3.** Relación entre erosión promedio anual estimada mediante el modelo USLE RUSLE incorporando el subfactor CA y erosión promedio anual medida experimentalmente en parcelas de escurrimiento localizadas en los sitios experimentales AB y PAP.



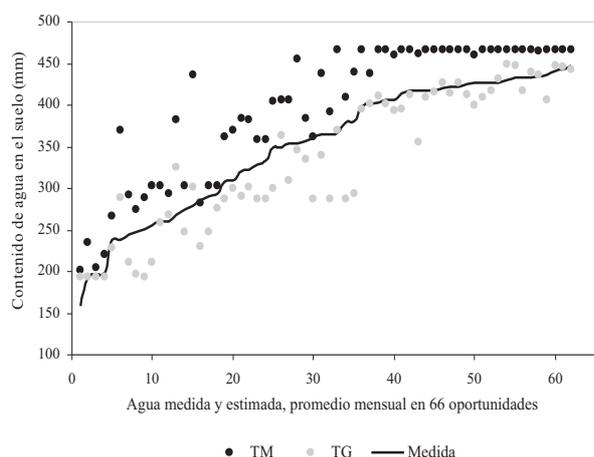
**Figura 4.** Contenido promedio de agua en el suelo a una profundidad de 75 cm, en cada estación en la Unidad Experimental Palo a Pique.

CN: campo natural, Sdes: suelo desnudo, CCLR, cultivo continuo con LR, CCSD: cultivo continuo en SD, ROT LR: Rotación cultivo pastura con LR, ROT SD: rotación cultivo pastura con SD.

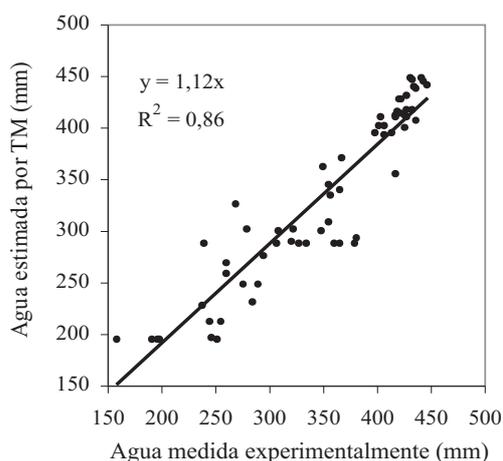
zado para el cálculo del subfactor «contenido de agua» en el suelo (CA) en las mismas condiciones en que se realizó la estimación de erosión.

En todos los casos, existe una sobreestimación del contenido de agua en el suelo respecto al agua medida en el caso del método TM. Esto resultaría en una sobreestimación de la erosión. Para el caso del mode-

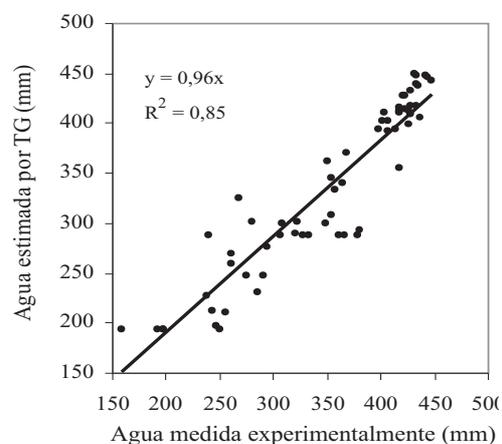
lo TG, no se observa un sesgo sistemático (Figura 5), siendo el agua estimada con el modelo TG en promedio 4 % inferior que la medida, indicando una leve subestimación (Figuras 6 y 7).



**Figura 5.** Relación entre la estimación del promedio mensual de contenido de agua en el suelo estimado por el método de balance indicado (TM y TG) y el promedio mensual del contenido de agua medido experimentalmente con sonda de neutrones, hasta 120 cm. de profundidad, en 66 oportunidades, en las parcelas bajo campo natural en PAP y AB.



**Figura 6.** Relación entre contenido de agua en el suelo en mm estimada a partir del método TM y contenido de agua en el suelo medido experimentalmente en las parcelas de escurrimiento.



**Figura 7.** Relación entre contenido de agua en el suelo en mm estimada a partir del método TG y contenido de agua en el suelo medido experimentalmente en las parcelas de escurrimiento.

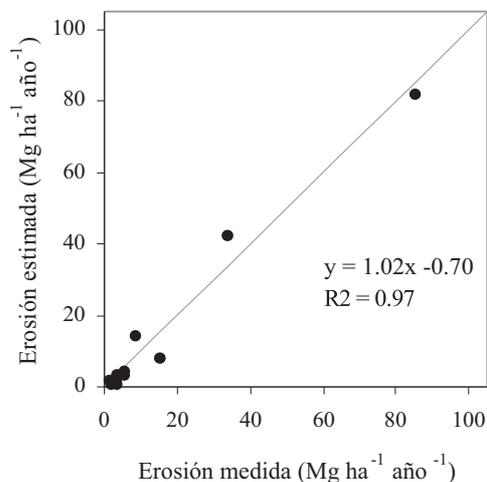
El mejor ajuste del modelo de TG para estimar el agua en el suelo, se debe a que éste considera el escurrimiento superficial, a diferencia del de TM, que asume que toda la precipitación es igualmente efectiva, no existiendo escurrimiento superficial ni drenaje profundo en tanto no se haya colmado primero el almacenamiento en el suelo. Esto es probablemente la razón de la sobreestimación ya que, de acuerdo a los datos experimentales en parcelas de campo natural, para PAP, el coeficiente de escurrimiento superficial fue en promedio para el período considerado de 25 %. Esto, es de suma importancia en años de abundantes precipitaciones, con mayor probabilidad de escurrimiento.

Se destaca la facilidad de aplicación del método de balance mencionado en nuestras condiciones a partir del trabajo de adaptación a las condiciones de Uruguay.

Introducción del subfactor «contenido de agua en el suelo» en modelo USLE/RUSLE, calculado en base al contenido de agua estimado por el modelo TG.

La Figura 8 muestra que la pérdida de suelo estimada considerando el contenido de agua en el suelo estimado a partir del modelo TG, tiene una relación con la erosión medida cercana a 1 a 1, lo que logra mejorar la estimación de pérdida de suelo eliminando la sobreestimación, tal como se logró considerando el agua medida experimentalmente.

La erosión en las parcelas con vegetación disminuyó durante el verano y comienzo del otoño. En el período estival, el subfactor CA toma valores bajos, sobre todo cuando hay vegetación densa en activo crecimiento

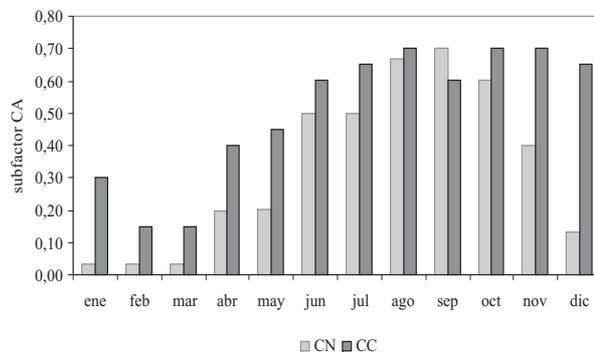


**Figura 8.** Relación entre erosión promedio anual medida en parcelas experimentales y erosión promedio anual estimada por USLE/RUSLE, considerando el contenido de agua en el suelo estimado por el modelo TG.

como el caso del CN (Figura 9). Para el caso de los cultivos anuales, el contenido de agua en el suelo responde al estado fenológico siendo noviembre y diciembre el período de implantación, de bajo consumo de agua, lo que determina que el subfactor CA sea en promedio 0.7.

**Validación del Modelo**

Si bien los valores de intercepto y pendiente, así como el R<sup>2</sup> son altamente satisfactorios, por las limitantes anteriormente mencionadas, se presentan en el cuadro 4 los estadísticos utilizados.



**Figura 9.** Subfactor CA promedio calculado en base al contenido de agua estimado por TG para las parcelas de campo natural (CN) y cultivo continuo (CC) en AB, PAP y LE.

Se observa un buen ajuste para el modelo USLE/RUSLE, que considera el contenido de agua en el suelo con el subfactor CA. Los índices para el modelo ajustado por contenido de agua en el suelo, entran en el rango «muy bueno». De acuerdo a PBIAS, el modelo ajustado muestra una leve subestimación dentro del rango «muy bueno». El nivel de sobreestimación del modelo cuando no se tiene en cuenta el contenido de agua en el suelo está fuera del rango que los autores indican como «buenos» y «muy buenos».

**Conclusiones**

El modelo USLE/RUSLE aplicado en nuestras condiciones sin tener en cuenta el contenido de agua del suelo produce una sobreestimación de pérdida de suelo.

Lo anterior se comprueba al incorporar el efecto del contenido de agua en las estimaciones, logrando una relación estrecha entre la pérdida de suelo medida y

**Cuadro 4.** Valores de los métodos estadísticos utilizados para la validación del modelo USLE/RUSLE pre y luego de incluir el subfactor CA y rangos estadísticos recomendados como aceptables (Moriais *et al.*, 2007).

Estadístico	Sin subfactor CA	Con Subfactor CA	Rango muy bueno <sup>1</sup>	Rango bueno <sup>2</sup>
R <sup>2</sup>	0.94	0.97		
Intercepto	3.70	- 0.69		
Pendiente	1.25	1.02		
NASH	0.73	0.97	0.75<NSE<1	0.65<NSE<0.75
PBIAS	- 56	4	< 15	15 < PBIAS<20

<sup>1</sup>= Los valores de los rangos se refieren a promedios mensuales.

<sup>2</sup>= Para producción de sedimentos.

estimada, lo que soluciona la actual tendencia a la sobreestimación que muestra el modelo.

La sobreestimación se debe a que el contenido de agua en el suelo varía según las estaciones del año, siendo en promedio bajos durante el verano y comienzo del otoño a diferencia de las regiones en que se generaron la mayoría de los datos experimentales con los que el modelo original fue desarrollado, en los cuales los suelos en invierno están congelados y cubiertos de nieve, que en el deshielo generan un alto contenido de agua en el suelo en primavera - verano.

El método de Balance Hídrico Thornthwaite y Mather (1957) mostró una sobreestimación promedio del orden de de 13 % del contenido de agua en el suelo en todas las situaciones. La estimación del contenido de agua en el suelo, a través del modelo precipitación-escorrimento de Témez (1977), calibrado para Uruguay por Genta *et al.* (2005), ha mostrado un buen ajuste con el contenido de agua medido experimentalmente por lo que se incorpora como metodología para el cálculo del subfactor contenido de agua a ser usado en la estimación de pérdida de suelo por erosión en el modelo USLE/RUSLE. Esto se debe a que tiene en cuenta el escurrimiento superficial que puede generarse previo al ingreso de agua al suelo, sobre todo en situaciones de altas precipitaciones que son a su vez las que provocan mayores pérdidas de suelo por erosión.

Lo validación del modelo con la incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo, en base a las estadísticas utilizadas, es consistente y permite ser utilizado en las condiciones de Uruguay.

### Agradecimientos

A la Comisión Sectorial de Investigación Científica por la financiación del proyecto que dio origen a este trabajo.

Al Ing. Agr. (Ph.D) Mario Pérez Bidegain y la Ing. Agr. (Ph.D) Mónica Barbazán por la lectura crítica de este trabajo.

### Bibliografía

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Dirk, R. and Smith, M.** 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper. N° 56. Crop evapotranspiration. (Guidelines for computing crop water requirements) pp 89 – 101.
- Brady, N. and Weil, R.** 2002. The nature and properties of soils. 13 Th. Ed., Prentice May. New Jersey. 960 p.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. e Benatti, R. (Jr.)** 1975. Equação da perdas do solo. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Boletín Técnico N° 21. Instituto Agronómico.
- Clérico, C. y García Préchac, F.** 2001. Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del Río de la Plata. Agrociencia. (Revista Científica de la Facultad de Agronomía - UDELAR). Montevideo. Uruguay. Vol. 5. N° 1. pp: 92 - 103.
- Cogo, N.; Drews, C. e Gianello, C.** 1978. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de guaiba, Ijuí e Passo Fundo no Estado do rio Grande do Sul. II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservacao do solo. Anais Passo fundo.
- Doorembos, J. y Pruitt, C.** 1976 Las necesidades de agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje. N° 24. Roma. FAO.
- Durán, A.; Califra, A. y Molfino, J.H.** 1999. Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy. [En línea]. [www.fagro.edu.uy: Dpto. de Suelo y Aguas, Edafología. 20/4/2007](http://www.fagro.edu.uy: Dpto. de Suelo y Aguas, Edafología. 20/4/2007)
- García Préchac, F.** 1982. Predicción de pérdidas de suelo por erosión hídrica. Facultad de Agronomía. Universidad de la República O. del Uruguay. Depto. de suelos, 57 p.
- García Préchac, F.** 1992. Conservación de suelos. Serie Técnica N°26. INIA. Uruguay 63 pp.
- García Préchac, F.** 2003. Propiedades físicas y erosión en los trabajos de larga duración de La Estanzuela. In Morón, A. y Díaz, R. Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. INIA-La Estanzuela. Serie Técnica N°. 134. pp. 19-23.
- García Préchac, F. y Baethgen, W.** 1982. Utilización de la información disponible en conservación de suelos y aguas. Anales del congreso de ingeniería agronómica 1982. Inédito.
- García Préchac, F.; Clérico, C. y Denis, V.** 1997. Actualización de la información para el uso del modelo USLE-RUSLE en Uruguay. In F. García Préchac (Ed.) Curso de Actualización Técnica sobre Siembra Directa y Conservación de Suelos. FA (UDELAR). U. de Ed. Perm. Cód. No. 438. pp: 1-10

- García Préchac, F.; Terra, J. A. y Clérici, C.** 1998. Validación del factor uso y manejo del suelo (C) de la RUSLE en Uruguay. In II Reunião Brasileira do Ciencia do Solo, Sociedade Brasileira do Conservação do Solo, Santa Maria, p: 223-226.
- García Préchac, F.; Clérici, C. y Terra, J. A.** 1999. Avances con USLE-RUSLE para estimar erosión y pérdidas de productividad en Uruguay. In 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón. Chile. CD ROM. Comisión VIII. 17 p.
- García Préchac, F.; Clérici, C.; Hill, M. y Hill, E.** 2005. EROSION versión 5.0, Programa de computación para el uso de la USLE/RUSLE en la Región Sur de la Cuenca del Plata. Versión operativa en Windows. DINAMA-UNDP. Proyecto URU/03/G31 y CSIC, disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~manejo/>. Dpto. de Suelo y Aguas. Manejo y Conservación.
- Genta, J.L.; Charbonier, F.; Failache, N. y Alonso, J.** 2005. Modelo precipitación - escurrimiento de paso mensual. Curso de Hidrología Superficial de pequeñas cuencas, Instituto Mecánico de los Fluidos de Importancia Ambiental. UDELAR.
- Gupta, H.V.; Sorooshian, S. and Yapo, P.O.** 1999. Status of automatic calibration for hydrologic models. Optimization algorithms, catchment conditions, and model structure. *J. Hydrology Eng.* 4(2): 135-143.
- Hignett C. and Evett, R.S.** 2002. Neutron Thermalization. In *Methods of soil analysis. Part 4. Physical Methods.* Book Series: 5. ASA-SSSA. pp 501-521.
- Legates, D.R. and McCabe, G.J.** 1999. Evaluating the use of «goodness of fit» measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Res.* 35 (1): 233 -241.
- MGAP - DSF. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Tomo III. Descripción de las unidades de suelos, Min. de Agric. Y Pesca / Dirección de Suelos y Fertilizante. Montevideo, Uruguay, 452 p.
- Moriassi, D.N.; Arnold, J.G.; Van Liew, M.W.; Bigner, R.L. and Veith, T.L.** 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, ISSN 0001 - 2351 Vol. (50): 885 – 900
- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V.** 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part 1. A discussion of principles. *J. Hydrology* 10(3) 282-290.
- Pizarro, T.R.; Soto, M.B.; Farias, C.D. y Jordan, C.D.** 2005. [en línea] Aplicación de dos modelos de simulación integral hidrológica para la estimación de caudales medios mensuales, en dos cuencas de Chile Central. Nota Técnica. In. *Bosque* 26(2):123 – 129. 20/11/2007.
- Puentes, R.** 1981. A framework for the use of the Universal Soil Loss Equation in Uruguay. M.Sci. Thesis. Texas A & M University. 80 p.
- Puentes, R. y Szogi, A.** 1983. Manual para la Utilización de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en Uruguay. Serie: Normas Técnicas en Conservación de suelos. N° 1. DS - MAP. Montevideo. Uruguay. 80p.
- Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G. A.; Mc Cool, D.K. and Yonder, D.C.** 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United State Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook Number 703.
- Silva, A.; Ponce de León, J.; García, F. y Durán, A.** 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. Boletín de investigación N° 10. Facultad de Agronomía. 20 p.
- Témez, J.** 1977. Modelo Matemático de transferencia, precipitación y aportación. ASINEL. **Terra, J.A. y García Préchac, F.** 2001. Siembra directa y rotaciones forrajeras en las lomadas del este: Síntesis 1995-2000. INIA Treinta y Tres. Ser. Téc. No. 125, 100 p.
- Thorntwaite, C.W. and Mather, J.R.** 1955. The water balance. Centerton. N.J. Laboratory of Climatology.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D.** 1960. A Universal Soil Loss Equation to Guide Conservation Farm Planning. In. 7<sup>th</sup> International Congress of Soil Science. Madison. U.S.A. 418 - 425 p.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D.** 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA Agricultural Handbook N° 537, 58 p.
- Wünsche, W.A.** 1983. Misión de asistencia preparatoria para un proyecto de conservación de suelos y aguas en el Uruguay (RU/82/003/02/12). Informe final. Archivo DUMA.

## Degradación de tejidos foliares en *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *E. scabriglumis* (Gramineae)

Nuciari, M.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Mar del Plata-Cátedra de Botánica agrícola. Cc 276-CP 7620- Balcarce- Argentina. Correo electrónico: mnuciari@balcarce.inta.gov.ar

Recibido: 26/5/08 Aceptado: 29/12/08

### Resumen

Se caracterizó la degradación de tejidos foliares de *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *Elymus scabriglumis* en estado vegetativo y reproductivo, durante 24, 48 y 72 h de digestión *in situ* y se estimó la tasa de degradación en cada caso. El patrón de degradación de tejidos foliares en las especies estudiadas coincidió en general con lo reportado para especies templadas C<sub>3</sub>. Se estimaron porcentajes promedio de digestión de los tejidos mayoritarios parénquima y clorénquima en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* de 80,2 y 29 %, a las 72 h, mientras que los valores en *E. scabriglumis* fueron 86,5 y 29,5 %. Las tasas de degradación del clorénquima y xilema variaron entre especies según la fracción de la hoja. La tasa de degradación del xilema fue similar en láminas de ambas especies, mientras que en vainas fue superior en *E. scabriglumis*. Las tasas de degradación del clorénquima y floema difirieron según la fracción foliar y el estado de desarrollo. La diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de cada tejido. Los resultados sugieren que *E. scabriglumis* sería un valioso recurso para la Depresión del Salado en períodos de escasez de forraje.

**Palabras clave:** digestión ruminal, *Elymus* spp., gramíneas templadas, especies naturalizadas

### Summary

## Foliar tissue degradation in *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* and *E. scabriglumis* (Gramineae)

Foliar tissue degradation in *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* and *Elymus scabriglumis* was characterized at vegetative and reproductive stages during 24, 48 and 72 h of *in situ* digestion and degradation rate was estimated. Tissue degradation pattern in studied species presented similar information reported for temperate C<sub>3</sub> plants. Parenchyma and chlorenchyma means were 80.2 and 29 % for both main tissues when estimated in *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius*, at 72 h of digestion time, and 86.5 and 29.5 % in *E. scabriglumis*, respectively. Degradation rates of chlorenchyma and xylem were different according to leaf part. Xylem degradation rate was similar between blades of both species. Also chlorenchyma and phloem degradation rates were different according to leaf parts and developmental stages. Differences in biodegradability found should be explained by quality and quantitative tissue characteristics. Results suggest that *E. scabriglumis* should be a valuable resource in The Flooding Pampa Area at periods of limited supply forage.

**Key words:** ruminal digestion, *Elymus* spp., cool season grasses, naturalized species.

## Introducción

La calidad nutritiva de un forraje se evalúa desde el punto de vista de su composición química y del aprovechamiento por el animal que lo consume (Pujol Palol, 1998). La energía obtenida del forraje para la producción animal depende de la fermentación de la pared celular de los tejidos por los microorganismos del rumen. Esta acción es influenciada por varios factores, algunos de ellos relacionados con la planta, con el animal y con los microorganismos y su capacidad enzimática (Van Soest, 1994; Dehority, 1993). A nivel estructural, los distintos órganos, como hojas y tallos pueden limitar el ataque microbiano y su digestibilidad de acuerdo al grado de degradación de los distintos tejidos presentes (Buxton *et al.*, 1996). Las características de los distintos tejidos foliares influyen en su resistencia a la degradación por la microbiota ruminal bovina y la estimación de la tasa y el grado de degradación tisular han permitido diferenciar especies y cultivares (Queiroz *et al.*, 1997).

A partir de la década del 60 comienzan a realizarse estudios que evalúan la calidad de las especies forrajeras en base al porcentaje de los distintos tejidos foliares y a la resistencia de los mismos a la degradación por acción de la microbiota ruminal. Esto ha hecho posible la clasificación de los tejidos vegetales en base a su respuesta a la digestión microbiana en rápidamente degradables, lentamente degradables e indegradables (Tivano y Heinzen, 1996). Akin y Burdick (1975) clasifican los distintos tejidos foliares según su degradación. Así, los que superan el 60 % son *degradados*. Los que se degradan entre 10 y 60 % son *parcialmente degradados*, mientras que aquellos que no alcanzan el 10 % son *indegradados*. En estudios con Poáceas, se ha establecido un patrón general de degradación de los distintos tejidos para varias especies del grupo Festucoideas durante 96 h de digestión *in vitro* (Wilson y Kennedy, 1996). Sin embargo, la degradación varía entre especies, cultivares y/o entre las fracciones hoja y tallo, y aún dentro de una misma fracción, según demostraron en varias especies  $C_3$  y  $C_4$  (Silva Lima *et al.*, 2001; Gasser *et al.*, 2005). Estas diferencias se deben, en parte, a características anatómicas, tal como el área ocupada por cada tejido en órganos de la planta (Wilson y Hatfield, 1997; Fernández, 2000; Tivano *et al.*, 2007). También influyen en la proporción de los diferentes tejidos las características morfológicas del forraje, como la proporción tallo: hoja a través del período de crecimiento (Stritzler *et al.*, 1996). A nivel molecular, cambios en la composición y arquitectura de las paredes de

los distintos tipos celulares limitan la biodegradación (Himmelsbach, 1993; Buxton *et al.*, 1996), afectan la dinámica de la digestión ruminal (Jung y Allen, 1995; Noguera y Posada Ochoa, 2007) y los parámetros de calidad nutritiva (Queiroz *et al.*, 1997; Wilman y Ahmad, 1999). La cuantificación de los tejidos y su degradación permitirá relacionar esta información con posteriores análisis de calidad en laboratorio de las especies en estudio.

*Elymus breviaristatus* (Hitche.) Á. Löve *subsp. scabrifolius* «agropiro criollo» y *Elymus scabriglumis* (Hack.) Á. Löve son especies perennes, invierno-primaverales, naturalizadas en los pastizales naturales del sudeste bonaerense. Poseen características que sugieren que serían potenciales forrajeras en la zona (Nuciari *et al.*, 2000). Estas especies poseen porcentajes más altos de tejidos lentamente degradables y no degradables (Nuciari *et al.*, 1997) con el avance del estado de madurez, y en la fracción vaina. Particularmente el tejido esclerenquimático presenta incluso diferencias entre ambas especies (Nuciari, 2006). Sin embargo, analizando parámetros químicos de calidad (Nuciari *et al.*, 2000) mostraron una relación diferente según la especie, estado de desarrollo y la fracción foliar. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la degradación de tejidos foliares de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis*, en estado vegetativo y reproductivo, durante 24, 48 y 72 h de digestión ruminal *in situ*, y estimar la tasa de degradación en cada caso.

## Materiales y métodos

Se trabajó con plantas obtenidas a partir de semillas del banco de germoplasma de la Unidad Integrada (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata—Estación experimental agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) provenientes de dos localidades de la provincia de Buenos Aires: *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius*, (Sigla del Herbario de la Unidad Integrada y número de Introducción: BAL 890082) y *E. scabriglumis*, (BAL 890069). Las semillas de cada especie germinaron bajo condiciones óptimas de temperatura (16 h a 15° C y 8 h a 20° C para *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, y 16 h a 20° C y 8 h a 30° C en *E. scabriglumis* y fotoperíodo (luz:oscuridad) de 8:16 h (Guma y Alonso, 1997). Las plántulas se mantuvieron en invernáculo 60 días. Luego se implantaron en parcelas de 2 x 2 m con un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada parcela se implantaron nueve plantas equidistantes a 0,5 m entre sí. Se realiza-

ron cortes para estimular el macollaje en mayo y septiembre, a una altura de 10 y 20 cm sobre el nivel del suelo en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis*, respectivamente, a nivel de la última hoja extendida (Nuciari *et al.*, 2000). Los muestreos se realizaron en agosto (estado vegetativo, EV) y en diciembre (estado reproductivo, ER). Se recolectaron todas las hojas verdes de cada parcela, las que se separaron en láminas y vainas en el período vegetativo, y láminas y vainas más tallos en el período reproductivo. En cada fecha de muestreo, se tomaron alícuotas de fragmentos de material fresco de cada especie, que fue secado 48 h a 60° C y colocado en bolsitas de nylon (10 x 5 cm) de poro aproximado de 36 µm. Las bolsas se suspendieron durante 24, 48 y 72h en el rumen de 3 vaquillonas fistuladas de raza Holando Argentina y de un peso vivo promedio de 400 kg. En el rumen de cada una de ellas se colocaron 18 bolsas por especie (dos fracciones foliares, tres tiempos de digestión y tres repeticiones). De acuerdo a la relación peso forraje/superficie de bolsa recomendada en la bibliografía (0,015 g/cm<sup>2</sup>) (Huntington y Givens, 1995), en cada bolsa se colocaron 1,5 g de fragmentos de láminas y vainas (o láminas y vainas más tallo en período reproductivo) por separado. Los animales estaban sometidos a una dieta de heno de *Medicago sativa* L. «alfalfa» de buena calidad. El material fue extraído del rumen a las 24, 48 y 72 h de digestión. Los residuos de la digestión se lavaron, secaron y fijaron en solución de alcohol etílico, agua destilada, formol y ácido acético, y se procesaron según técnica de inclusión en parafina para cortes con micrótopo manual (Sass, 1958) y coloración doble safranina-verde rápido (Johansen, 1940). Se analizaron tres transcortes por especie, estado, parte de la planta, animal y tiempo de digestión, abarcando cada uno de ellos de 2 a 5 haces vasculares. Los dibujos de cada transcorte se realizaron con tubo de dibujo a 100 x (Microscopio Wild M20, Heerbrugg, Suiza). Se digitalizaron las áreas con el programa de diseño gráfico Auto CAD R14, utilizando una tableta digitalizadora Genius 1812 cuya exactitud es de 0,2 mm. Posteriormente el dibujo se transformó en una red de polígonos mediante el programa Arc CAD (cada tejido se representó por un polígono distinto) que permite calcular, entre otras, la superficie (en mm<sup>2</sup>) de cada uno. Los resultados de la degradación se expresaron como porcentajes del área total que hubiera ocupado cada tejido (presencia = 100 %) en el corte analizado, en ausencia de incubación ruminal.

La tasa de desaparición de tejido en función del tiempo se estimó a partir de la siguiente ecuación:

$$Dt_{(Y)} = 100 - Pt_{(Y)}$$

Donde:

$Dt_{(Y)}$  = desaparición porcentual de superficie del tejido y en el tiempo de incubación t y

$Pt_{(Y)}$  = superficie porcentual del tejido y presente en el tiempo de incubación t.

La información obtenida se procesó por un modelo que cuantifica la tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable a través de una ecuación de primer orden, que relaciona el logaritmo natural del residuo y el tiempo de incubación. Así, el grado de degradación es una regresión del porcentaje potencialmente digestible que permanece en digestión (Stritzler *et al.*, 1997). La fórmula es:

$$R = -K t + R_0$$

Donde:

R = logaritmo natural (ln) del tejido presente (%), para t > 0;

K = tasa de degradación (pendiente);

t = tiempo (horas) y

$R_0$  = Presencia total del tejido (100 %) para t = 0 (intercepto).

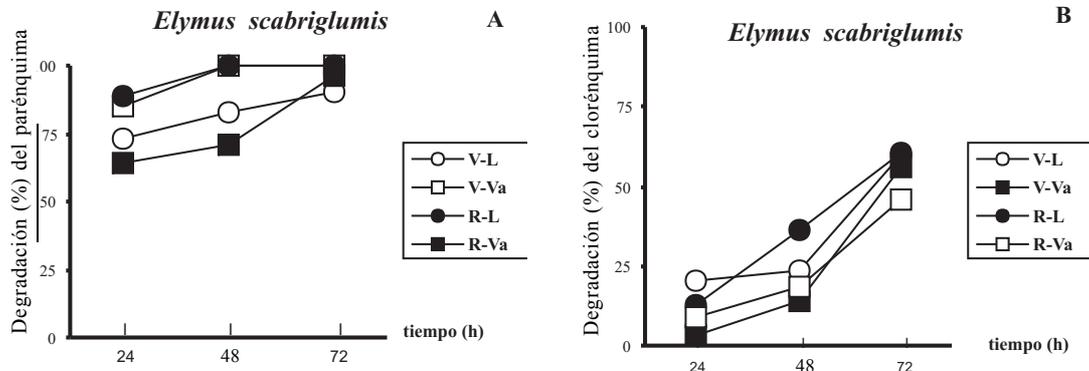
Los resultados se analizaron por ANVA, con paquete estadístico SAS (1999) con un diseño de bloques completos aleatorizados con especie, estado y fracción como fuentes de variación.

Las diferencias entre medias se consideran significativas a nivel de p<0,05, a menos que se especifique otra cosa.

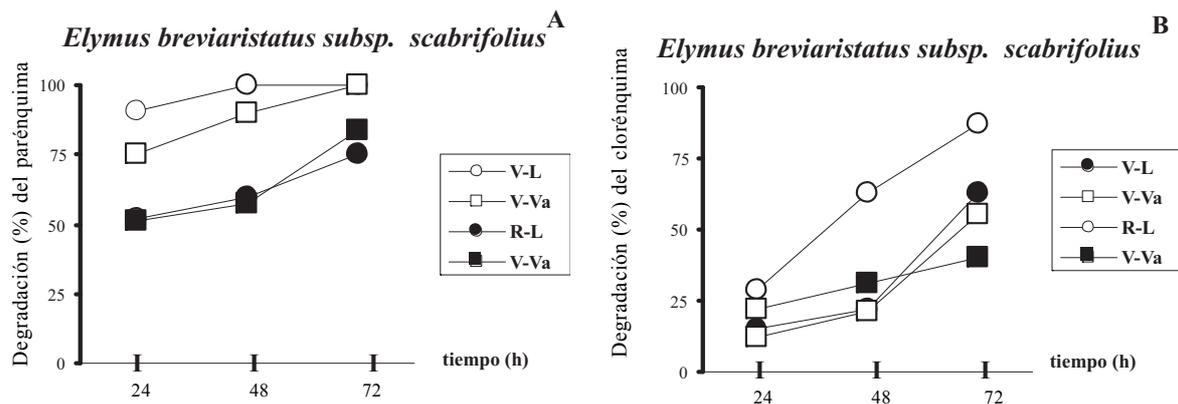
## Resultados y discusión

En el presente estudio se caracterizó la degradación tisular, basándose en la categorización de Akin Burdick (1975) según el porcentaje degradado. El parénquima fue degradado a las 24 h en *E. scabriglumis*, tanto en láminas como en vainas y en los dos estados de desarrollo considerados (Figura 1 A).

El mínimo porcentaje degradado en las primeras 24 h del ensayo fue 64,2 % en vainas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo. A las 72 h de incubación en rumen se observó 100 % degradación en ambas fracciones de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en estado vegetativo (Figura 2 A); en vainas de *E. scabriglumis* en estado vegetativo, y en láminas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo (Figura 1). Sólo fue parcialmente



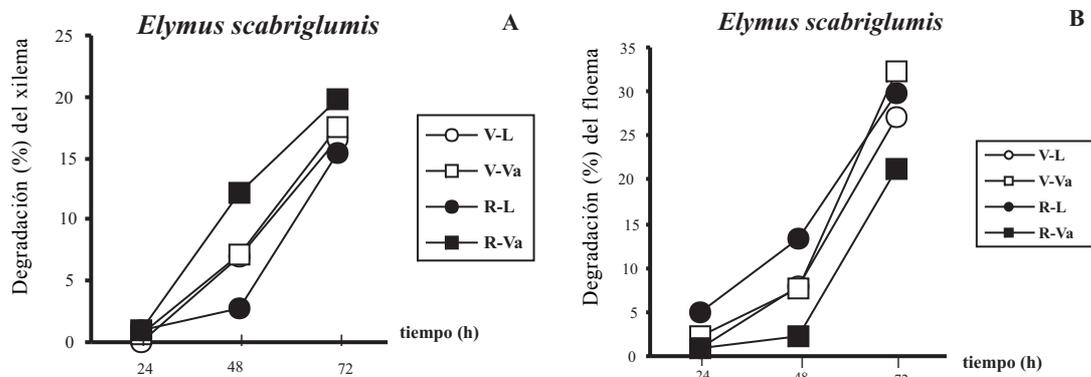
**Figura 1.** Porcentaje de degradación del parénquima (A) y del clorénquima (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus scabriglumis* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.



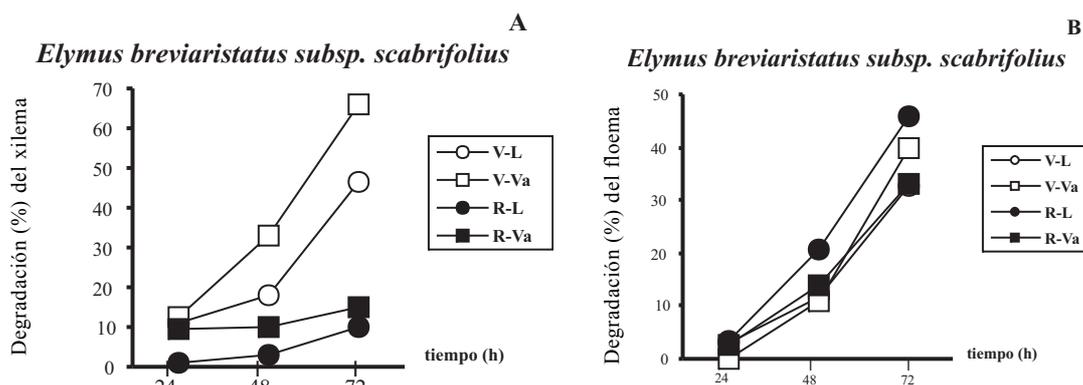
**Figura 2.** Porcentaje de degradación del parénquima (A) y del clorénquima (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

degradado en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* en el estado reproductivo, en ambas fracciones a las 24 h y en vainas a las 48 h (Figura 2 A). El clorénquima fue en todos los casos parcialmente degradado hasta las 48 h (Figura 1 B) aunque mayormente degradado en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* al final de las 72 h (3,97 puntos porcentuales) (Figura 2B). Las características histológicas del clorénquima y su arreglo estructural permiten su rápida degradación (Buxton y Redfearn, 1997). De allí que en el patrón secuencial de digestión sea uno de los tejidos que primero se digiere, habiéndose observado su degradación casi completa luego de 8 h de digestión en el rumen, 12 ó 24 h (Wilson, 1993) en varias Festucoideas. En *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *E. scabriglumis* sólo el 50 % de degradación se alcanzó luego de 48 h de digestión en

láminas de *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* en estado reproductivo, y en el resto, después de 72 h. En las estimaciones realizadas en el presente estudio, el mínimo porcentaje de clorénquima degradado (promedio entre especies, fracciones foliares y estados de desarrollo) se midió a las 24 h, alcanzando casi en todos los casos un 100 % de degradación al término del ensayo. El xilema no fue degradado en *E. scabriglumis* hasta las 48 h (7,2 %), permaneciendo parcialmente degradado al final de las 72 h (17,5 % en vainas y 19,8 % en láminas; (Figura 3A). La degradación del xilema fue de 4,6 % promedio entre especies, estados y fracciones de la hoja, excepto en ambas fracciones de *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* en el estado vegetativo (6,8 %), degradándose más extensamente



**Figura 3.** Porcentaje de degradación del xilema (A) y del floema (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus scabriglumis* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.



**Figura 4.** Porcentaje de degradación del xilema (A) y del floema (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

sólo en las vainas a las 72 h en ese mismo período (Figura 4A).

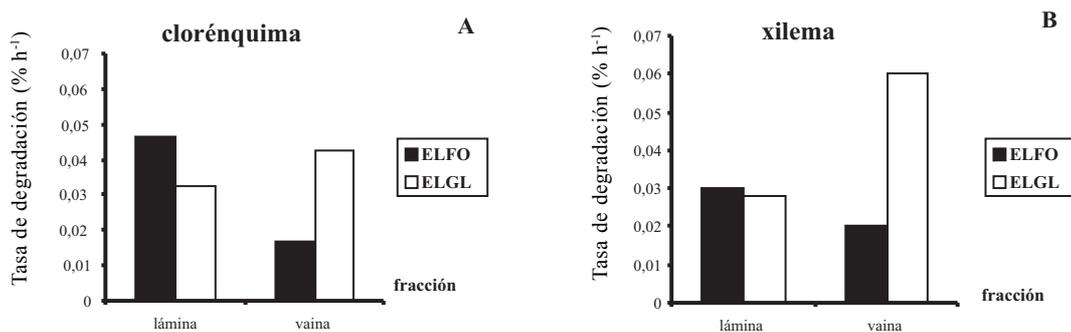
En cuanto al floema, fue totalmente indegradado a las 24 h en todos los casos, aunque a las 48 h fue en general más degradado que el xilema y hasta el final de las 72 h permaneció degradado en forma parcial (Figuras 3 y 4). El mínimo porcentaje de degradación del floema fue 21,3 % en las vainas de *E. scabriglumis* en el mismo estado (Figura 3 B), y el máximo 46 % a las 72 h en láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en estado reproductivo (Figura 4 B). Por último, ambas epidermis, el esclerénquima y las vainas de los haces se observaron indegradados aún después de 72 h de incubación en rumen.

Las tasas de degradación del clorénquima y del xilema variaron entre *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* según la fracción de la hoja (interacción especie x fracción  $p < 0,05$ ; Cuadro 1). En láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* el clorénquima se degradó más rápido que en las vainas (0,046 vs. 0,017 %  $h^{-1}$ ; Figura 5 A), mientras que en ambas fracciones el xilema fue igualmente degradado en dicha especie (Figura 5 B). En cambio, en *E. scabriglumis* los dos tejidos fueron degradados más rápidamente en las vainas (Figura 5). Además, la tasa de degradación del clorénquima y del floema fue diferente si se considera el estado de desarrollo y la fracción foliar (interacción estado x fracción,  $p < 0,05$ ; Figura 6). El clorénquima se

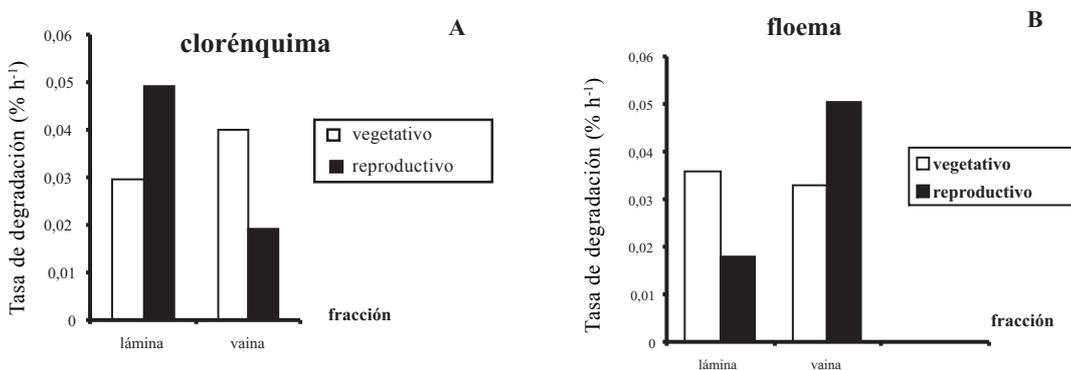
**Cuadro 1.** Cuadrados medios y nivel de significación en el ANVA de las tasas de degradación del clorénquima, parénquima, xilema y floema en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

Fuentes de variación	Tasas de degradación (% h <sup>-1</sup> )							
	Clorénquima		Parénquima		Xilema		Floema	
Especie	2 x 10 <sup>-4</sup>	NS	4 x 10 <sup>-7</sup>	NS	2 x 10 <sup>-3</sup>	*	2 x 10 <sup>-3</sup>	**
Estado	4 x 10 <sup>-6</sup>	NS	6 x 10 <sup>-5</sup>	NS	1 x 10 <sup>-4</sup>	NS	2 x 10 <sup>-7</sup>	NS
Fracción	4 x 10 <sup>-4</sup>	NS	1 x 10 <sup>-2</sup>	NS	7 x 10 <sup>-3</sup>	NS	1 x 10 <sup>-3</sup>	NS
Animal	4 x 10 <sup>-4</sup>	NS	6 x 10 <sup>-5</sup>	NS	4 x 10 <sup>-4</sup>	NS	1 x 10 <sup>-4</sup>	NS
Especie x Fracción	2 x 10 <sup>-2</sup>	*	1 x 10 <sup>-5</sup>	NS	2 x 10 <sup>-3</sup>	*	3 x 10 <sup>-4</sup>	NS
Estado x Fracción	2 x 10 <sup>-2</sup>	*	2 x 10 <sup>-5</sup>	NS	6 x 10 <sup>-6</sup>	NS	2 x 10 <sup>-3</sup>	*

Ref: \* p < 0,05 \*\* p < 0,01 NS = no significativo.



**Figura 5.** Tasa de degradación del clorénquima (A) y xilema (B) en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* (ELFO) y *E. scabriglumis* (ELGL) en estados vegetativo y reproductivo. Desviación estándar = 0



**Figura 6.** Tasa de degradación del clorénquima (A) y floema (B) en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo. Desviación estándar = 0

degradó más rápidamente en las vainas que en las láminas en estado vegetativo (0,040 vs. 0,029 % h<sup>-1</sup>), mientras que en estado reproductivo su degradación fue más rápida en láminas (Figura 6 A). En el floema la tasa de degradación fue similar en ambas fracciones de la hoja en el estado vegetativo, mientras que en estado reproductivo fue superior en vainas (Figura 6 B). La tasa de degradación del clorénquima en las dos especies de *Elymus* en este estudio varió desde valores similares a los observados en *Lolium* (0,004 % h<sup>-1</sup>; Wilson y Mertens, 1995) hasta valores muy superiores (Figuras 5 y 6), dependiendo de la especie, fracción de la hoja y estado fenológico. La diferencia en la tasa de degradación del clorénquima en las distintas fracciones y estados (mayor degradación en las vainas en estado vegetativo, y en las láminas en estado reproductivo) podría estar relacionada con la deposición diferencial de inhibidores de la digestión microbiana en las paredes de células cercanas, como la lignina. Las diferencias en el contenido relativo de tejido esclerenquimático, de difícil digestión, y probablemente lignificado en este período, adyacente con el clorénquima, pueden ser parcialmente responsables de los resultados obtenidos en la degradación de este último tejido. Las características propias de las células esclerenquimáticas explican su resistencia física a la digestión (Buxton y Redfearn, 1997) como lo observado en las especies de este estudio. *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* poseen bajo porcentaje de este tejido (Nuciari *et al.*, 1997), fundamental en la evaluación de la calidad de especies nativas como recursos potenciales en la depresión del Salado, en base a caracteres histológicos. Wilson y Mertens (1995) estudiaron las limitaciones estructurales de los distintos tejidos a la acción de la microbiota ruminal. Los autores analizan la relación entre la superficie de la pared celular de cada tejido y el volumen celular, la tasa de digestión bacteriana y la accesibilidad de éstas a la pared celular. En el caso del parénquima y esclerénquima, la organización en bloques de fibras requiere mayor tiempo de difusión microbiana a través del tejido y el tiempo de degradación es mayor que en otros tejidos (Wilson y Mertens, 1995; Wilson y Kennedy, 1996; Buxton y Redfearn, 1997). Por lo tanto, es razonable encontrar una degradación más lenta del parénquima y esclerénquima que del clorénquima, tal como la mencionada en los resultados de este estudio. Sin embargo, en orden secuencial, el parénquima es de los primeros tejidos en ser degradados (Silva Lima *et al.*, 2001). El parénquima en *E. scabriglumis* fue degradado para ambas fracciones y estados a las 24 h, mientras que en *E.*

*breviaristatus subsp. scabrifolius* esto fue válido sólo para el estado vegetativo. El tamaño de las células y su densidad son importantes en la evaluación de tejidos de lenta degradación (Wilman y Rezvani Moghaddam, 1998). Un análisis particular en este sentido podría explicar la diferencia encontrada a nivel de las fracciones de la hoja y entre estados fenológicos. Las dos especies en estudio difirieron en las tasas de degradación del xilema ( $p < 0,05$ ), la que fue más alta en *E. scabriglumis*, ya que el xilema de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* permaneció indegradado en el período de madurez. La rusticidad propia de las matas de esta especie podría deberse en parte a la lignificación de las paredes a nivel de este tejido. Esta rusticidad es característica de especies C<sub>4</sub>, con altos porcentajes de tejidos indegradables (Gasser *et al.*, 2005), intactos aún después de 64 h de digestión en rumen. El mayor porcentaje degradado del xilema en *E. scabriglumis*, tejido considerado indegradable, sugiere que ambas fracciones (vaina y lámina) de esta especie serían de mayor valor nutritivo que las de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, probablemente por la menor lignificación de las paredes celulares del xilema. Efectivamente, las digestibilidades estimadas en *E. scabriglumis* fueron 11,7 y 17,4 % superiores a las de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, para láminas y vainas, respectivamente, y las diferencias en el contenido de proteína bruta fueron de 4,8 y 2,8 % mayores para las mismas fracciones (Nuciari, M. C. datos no publicados). Probablemente la concentración de lignina del xilema explique la diferencia de calidad de las dos especies. Por otra parte, con mayor tiempo de exposición en rumen que los empleados en este trabajo, la degradación diferencial podría ser más acentuada. En términos de porcentajes, Wilson y Mertens (1995) mencionan valores de 13 a 32 % de degradación de xilema en *Poáceas* tropicales luego de 48 h de digestión, datos que concuerdan en general con los presentados en este trabajo. El otro tejido vascular, el floema, fue en este estudio uno de los que menos se degradó, con porcentajes de degradación reducidos a las 24 h (entre 0 y 1 %) y parcialmente degradado a las 48 h (20,7 %) y a las 72 h (39,8 % máximo digerido). En este estudio, la tasa de degradación del floema difirió entre las dos fracciones de la hoja según el estado de desarrollo ( $p < 0,05$ ). La diferente tasa de degradación del floema en las vainas podría ser debida a la presencia en mayores porcentajes de otros tejidos como el clorénquima, que es necesario degradar en el proceso de digestión microbiana, previamente al contacto con el tejido vascular. Esto fue así sólo en las vainas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo. Además,

la epidermis, cuyas células pueden estar más cutinizadas en el estado reproductivo, en ambas especies constituye un alto porcentaje del área total de las hojas (Nuciari *et al.*, 1997), lo que también dificulta el acceso de microorganismos. Información obtenida previamente al inicio de este estudio indicó mayor grosor de paredes de células epidérmicas en vainas en estado reproductivo, pero similar en láminas de ambas especies. (Nuciari, M. C. datos no publicados). Es probable que la diferencia mencionada en la degradación del tejido vascular se deba también al porcentaje lignificado de las células epidérmicas o a la presencia de cutícula en ellas. Según Wilson (1993), ambas características serían más acentuadas en las vainas foliares, lo que concuerda con lo observado en este estudio. En las especies estudiadas, a las 48 h de exposición en rumen, el parénquima y parte del tejido vascular habían comenzado a ser degradados, pero la epidermis permanecía intacta en ambas fracciones foliares. En otras especies, tales como *Cynodon dactylon* (L.) Pers. «gramilla-gramón» y *Festuca arundinacea* Schreb. «festuca alta» la epidermis también permaneció sin degradar aún después de siete días de incubación (Akin y Rigsby, 1992) quizás debido a la presencia de compuestos fenólicos. Por el marcado engrosamiento observado en las paredes celulares de las especies de este estudio, dicha presencia fue probablemente la causa de su permanencia sin degradar en el material incubado en rumen.

Por la restricción que ejercen los tejidos a la digestión, la variación en el contenido y distribución de lignina puede ser complementaria (Wilson, 1993) para establecer relaciones entre dicho contenido y la degradación de los tejidos lignificados. En este estudio se evidencia que las diferencias más notables entre las especies de *Elymus* están relacionadas con la digestión de los tejidos cuantitativamente y cualitativamente más importantes: parénquima y clorénquima. Estas diferencias implican necesariamente una distinta dinámica de digestión ruminal. Suponiendo una tasa de pasaje ruminal constante para todos los tejidos (Van Soest, 1994) y teniendo en cuenta la uniformidad en las condiciones y en los animales del ensayo llevado a cabo en este trabajo, las degradabilidades de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en rumen podrían ser, por lo tanto, distintas. El grado de degradación del

parénquima fue, excepto en la lámina en estado vegetativo, siempre más alto para *E. scabriglumis* que para *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*. Por lo anterior, si bien el patrón de degradación tisular en las especies de este estudio concuerda con el reportado para varias especies  $C_3$ , la dinámica de digestión ha sido diferente. La diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de cada tejido. Un estudio más exhaustivo en cuanto a densidad, tamaño de células, y proporción de lignina en cada tejido, arrojaría más luz a la relación entre caracteres anatómicos y calidad nutritiva en estas especies, como así también la consideración de variables de la cinética de la digestión.

### Conclusiones

Los patrones de degradación de tejidos foliares en ambas especies coinciden en general con los publicados para especies templadas de tipo fotosintético  $C_3$ . El clorénquima y el parénquima fueron los tejidos más rápidamente degradados, con un máximo acumulado de 63 y 100 % respectivamente, a las 72 h de incubación ruminal. El floema tuvo muy bajo porcentaje de degradación en las primeras 24 h con un máximo degradado a las 72 h de 40 %. El xilema, ambas epidermis, y las vainas de los haces vasculares permanecieron indegradados. La dinámica de la digestión tisular fue diferente entre las especies consideradas. La más lenta degradación del tejido fundamental (clorénquima) y vascular (xilema) en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, sobre todo con el avance del período de madurez, respondería a la rigidez observada en las hojas de esta especie. Sin embargo, los porcentajes de estos tejidos son similares entre especies, por lo que la diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de los otros tejidos adyacentes. Los resultados de este trabajo pueden sentar la base para posteriores estudios a nivel histológico que permitan clarificar la degradación preferencial de los tejidos, su relación con calidad nutritiva y su comparación con otras especies de uso potencial en los sistemas de producción ganadera.

## Agradecimientos

Al Dr. Néstor Stritzler, a la Dra. María Silvia Cid, al Dr. Patricio Fay y a la Dra. Gabriela Cendoya por sus inestimables participaciones en el proyecto que dio origen a este trabajo.

## Bibliografía

- Akin, D. E. and Burdick, D.** 1975. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissue by rumen microorganisms. *Crop Science* 15 (5):661-668.
- Akin, D. E. and Rigsby, L. L.** 1992. Scanning electron microscopy and ultraviolet absorption microspectrophotometry of plant cell types of different biodegradabilities. *Food Structure* 11 (3):259-271.
- Auto CAD.** 1998. Release 14. LT. Architectural Desktop. Autodesk, Inc. USA.
- Buxton, D. R. and Casler, M. D.** 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. En: *Forage cell wall structure and digestibility*. Jung; H. G., Buxton; D.R., Hatfield, R.D. y Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 685-714.
- Buxton, D. R.; Mertens, D. R. and Fisher, D. S.** 1996. Forage quality and utilization. En: *Cool- season forage grasses*. Moser, L. E.; Mertens, D. R. y Fisher, D. S. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 471-502.
- Buxton, D. R. and Redfearn, D. D.** 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. En: *Proceeding Annual ruminant nutrition Conference «New developments in forage science»*. American Society for Nutritional Science. pp. 814-818.
- Dehority, B. A.** 1993. Ecology of cell wall fermentation. En: *Forage cell wall structure and digestibility*. H.G. Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R.D. y Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 425-447.
- Fernández, J. A.** 2000. Relación entre la calidad del forraje y las características fenológicas, morfológicas y anatómicas en materiales genéticos de agropiro alargado. 91p. Tesis M. Sci. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina.
- Gasser, M.; Ramos, J.; Vegetti, A. y Tivano, J. C.** 2005. Digestión de láminas foliares de *Bromus auleticus* Trin. ex Nees sometidas a diferentes tiempos de incubación ruminal. *Agricultura Técnica* 65 (1): 48-54.
- Guma, R. and Alonso, S.** 1997. Germination and seedling growth in *Elytrigia scabrifolia* and *E. scabriglumis*. *Seed Science Technology* 25 (3):343-350.
- Himmelsbach D.S.** 1993. Structure of forage cell-wall-Session Synopsis. In: H.G.Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield y J. Ralph (eds.). *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Pp. 271-283. ASA, CSSA, SSA. Madison. Wisconsin. USA.
- Huntington, J. A. and Givens, D I.** 1995. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstracts Reviews* 65 (1):63-93.
- Johansen, D.** 1940. *Plant microtechniques*. 1st. ed. Mc Graw-Hill. Co. New York, USA. 523 pp.
- Jung, H. G. y Allen, M. S.** 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forage by ruminants. *Journal of Animal Science* 73 (9): 2774-2790.
- Minson, D. J. and Wilson, J. R.** 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. En: *Forage quality, evaluation and utilization*. Fahey Jr., G. C. Associate (eds.). ASA, CSSA, SSA. Madison. USA. pp. 533-561.
- Noguera, R. R. y Posada Ochoa, S. L.** 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (2):174-182.
- Nuciari, M. C.** 2006. Valor forrajero de *Elymus breviaristatus* (Hitchc.) Á. Löve subsp. *scabrifolius* y *E. scabriglumis* (Hack.) Á. Löve (Poaceae) del sudeste bonaerense (Argentina) a partir de caracteres histofoliares. *Agrociencia X* (1):1-16.
- Nuciari, M. C.; Cid, M. S.; Fay, P. y Stritzler, N.** 1997. Porcentajes de tejidos lentamente digestibles e indigestibles en *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5 (1):118-121.
- Nuciari, M. C.; Cid, M. S.; Fay, P. y Stritzler, N.** 2000. Producción y parámetros de calidad del rebrote invernal y primaveral de matas de *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis* (Gramineae). *Revista Argentina de Producción Animal* 20 (1):1-15.
- Pujol Palol, M.** 1998. Gramíneas; aplicaciones agronómicas. Universitat Politècnica de Catalunya. (ed), Barcelona, España. 219 pp.
- Queiroz, S.; Gomide, J. A. and Maria, J.** 1997. Anatomic and chemical traits, and *in vitro* digestibility of three tropical grasses. *Proceeding XVII International Grassland Congress (Canada)* 2:85-86.
- SAS Institute. Inc.** 1999. SAS®. Usa's Guide): Statistics SAS Institute Inc., Cary, NC. 34 pp.
- Silva Lima, L. M., Alquini, Y., Freixeiro Alves, C. J. y Deschamps, F. C.** 2001. Area de tecidos de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flugge) K. y *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm. *Ciencia Rural* 31 (3) pp. 509-515.
- Sass, J.** 1958. *Botanical microtechnique*. 3ra. ed. Iowa State, Univ. Press. Ames. Iowa. 228pp.
- Stritzler, N. P.; Ferri, C. M. y Jouve, V. V.** 1997. Comparación de modelos utilizados para estimar la desaparición de la materia seca *in sacco* y la degradabilidad efectiva. *Revista Argentina de Producción Animal* 17(4):353-364.

- Stritzler, N. P.; Pagella, J. H ; Jouve, V. V. and Ferri, C. M.** 1996. Yield and nutritive value of some warm-season grasses grown under semi-arid conditions in La Pampa, Argentina. *Journal of Range Management* 49 (2):121-125.
- Tivano, J. C. y Heinzen, F. A.** 1996. Anatomía cuantitativa en 3 cultivares de *Dichanthum aristatum* (Poir.) C. E. Hubbard (Poaceae) para inferir su valor forrajero. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 101 (1):15-23.
- Tivano, J.; Vegetti, A. y Brollo, M.** 1990. Uso de caracteres histofoliarios en la evaluación de la calidad forrajera de líneas de *Paspalum dilatatum*. *Revista Argentina de Producción Animal* 10 (1):13-17.
- Tivano, J. C.; Ramos, J.C. y Gasser, M.** 2007. Digestibilidad de los pastos: Bases histoquímicas. Ed. UNL. 63 pp.
- Van Soest, P. J.** 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed., Cornell Univ. Press, Ithaca and London, UK. 476 pp.
- Wilman, D. and Ahmad, N.** 1999. *In vitro* digestibility, neutral detergent fibre, lignin and cell wall thickness in plant parts of three forage species. *Journal of Agricultural Science* 133(1):103-109.
- Wilman, D. and Rezvani Moghaddam, P.** 1998. Volume, surface area and cellular composition of chewed particles of plant parts of eight forage species estimated degradation of cell wall. *Journal of Agricultural Science* 131 (1):69-77.
- Wilson, J. R.** 1993. Organization of forage plant tissues. En: Forage cell wall structure and digestibility Jung, H. G.; Buxton., D. R., Hatfield, R.; Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp.1-3.
- Wilson, J. R.** 1997. Chemical composition and anatomical traits. Simposio Internacional sobre produção animal em pastejo. Viçosa. Anais. Viçosa, pp. 209-234.
- Wilson, J. R. and Hatfield, R. D.** 1997. Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequence for fibre degradation rumen microflora. *Australian Journal of Agricultural Research*.48 (2 ):165-180.
- Wilson, J. R. and Kennedy, P. M.** 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research*.47 (2 ):199-225.
- Wilson, J. R. and Mertens, D. R.** 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science* 35 (1 ):251-259.

## Capacidades de investigación en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales en Uruguay

Bianco M.<sup>1</sup>; Cajarville C.<sup>2</sup>; Castro A.<sup>3</sup>; Dalla Rizza M.<sup>4</sup>; Ungerfeld R.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Depto. Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía y Unidad Académica de CSIC, Universidad de la República. Jackson 1303, Mdeo. 11200, Uruguay. Correo electrónico: sur@csic.edu.uy.*

<sup>2</sup>*Depto. Nutrición Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.*

<sup>3</sup>*Depto. Producción Vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de la República.*

<sup>4</sup>*Unidad de Biotecnología. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.*

<sup>5</sup>*Depto. Fisiología. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.*

Recibido: 1/12/08 Aceptado: 30/12/08

### Resumen

El desarrollo de la investigación y formación de posgrado en ciencias y tecnologías para el sector agropecuario y agroindustrial requiere de competencias académicas y sinergias institucionales orientadas a potenciar las capacidades existentes y posicionarlas en el marco de las nuevas demandas de investigación. El presente artículo resume los resultados de un relevamiento de capacidades efectuado a nivel nacional identificando las características principales de los grupos de investigación existentes y las oportunidades para el desarrollo de competencias nacionales en distintas áreas de vinculadas al agro y la agroindustria. Se detectan situaciones de distinto grado de desarrollo académico que se clasifican en dos conglomerados de grupos de investigación. El conocimiento de sus particularidades constituye un insumo para la implementación de políticas de desarrollo en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales.

**Palabras clave:** ciencia y tecnología agrícola, grupo de investigación, capacidades de investigación

### Summary

## Research capacities on agricultural and agroindustrial science and technology in Uruguay

The development of research and graduate training in agricultural science and technology requires academic competencies and institutional synergies for the promotion of current capabilities and their orientation in a context of new demands for agricultural research. This article examines the results from a survey of agricultural research capacities conducted at the national level highlighting the main characteristics of existing research groups and the opportunities for the development of national competencies on different research fields related to agriculture and agroindustry. Results show situations with different levels of development which are classified into two clusters of research groups. Knowledge about their distinctive characteristics are an input for the implementation of policies for the promotion of agricultural and agroindustrial science and technology.

**Key words:** agricultural science and technology, research group, research capacities

## Introducción

La investigación en ciencias agrarias, que ha hecho importantes contribuciones al desarrollo del sector agropecuario, enfrenta desde hace algunos años nuevas demandas y oportunidades de desarrollo. Factores diversos como los cambios ocurridos en las lógicas orientadoras de la producción agropecuaria, avances en ciencia y tecnología aplicados a distintas disciplinas, vínculos crecientes con las comunidades académicas de los países de la región, entre otros, delimitan nuevos escenarios para los sistemas de investigación en ciencias y tecnologías para el agro (Echeverría y Trigo, 2008).

El desarrollo agropecuario y agroindustrial requiere hoy en día productos y procesos intensivos en conocimiento tanto o más que una buena dotación de recursos naturales. Ejemplo de ello son la aplicación de la bioinformática al agro, la biotecnología de última generación y el desarrollo de la nanotecnología aplicada a diversos procesos. En este contexto, las capacidades científico tecnológicas se tornan centrales para incidir en las capacidades productivas de cara a un nuevo paradigma en el que el concepto de competitividad excede los logros en materia de estricta productividad de los factores de producción (Salles-Filho *et al.*, 2000).

El conocimiento y la información, la calidad de los productos y procesos de producción, así como la capacidad para dar respuesta a cambiantes demandas específicas constituyen factores de fundamental importancia en la competitividad de los sectores productivos. Por ello, fortalecer el capital humano adquiere relevancia estratégica en la construcción de ventajas competitivas dinámicas que potencien las tradicionales ventajas comparativas basadas en la dotación de recursos naturales de un país.

Con la intención de enfrentar los desafíos planteados por los nuevos escenarios para el desarrollo de un sistema de investigación e innovación agropecuario, el gobierno uruguayo ha considerado de importancia estratégica fortalecer y expandir la investigación y potenciar el desarrollo del capital humano en el área agropecuaria y agroindustrial. En este marco se realizó un estudio de las capacidades existentes en Uruguay, parte de cuyos resultados el presente artículo da a conocer<sup>1</sup>. El énfasis específico del estudio estuvo en la identificación y caracterización de capacidades colec-

tivas de investigación y desarrollo en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales.

## Métodos

Se realizó un relevamiento de capacidades existentes en distintas instituciones vinculadas a la ciencia y tecnología agropecuaria y agroindustrial. La unidad de relevamiento y análisis de la información fue el *grupo de investigación*, entendido como un colectivo de dos o más personas con una estructura organizativa y actividades interdependientes en la producción y reproducción de conocimiento. El propósito del relevamiento fue el estudio de las características generales de los grupos de investigación que demostraran actividad a partir de 2002 y de sus estrategias principales de articulación con otros grupos académicos y entidades del sector productivo.

Se examinaron grupos activos con líneas de investigación vinculadas al amplio espectro de temáticas incluidas en las ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales. El relevamiento se realizó con un carácter incluyente procurando abarcar a la mayor diversidad de colectivos involucrados con temas de investigación de interés potencial para un futuro programa nacional de desarrollo en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales. Por ello se incluyeron colectivos cuyo quehacer de investigación se inscribe en las diversas disciplinas agropecuarias y agroindustriales y otros que sin estar directamente enmarcados en las anteriores producen resultados de investigación que son aplicables a distintos rubros de producción agropecuaria y/o agroindustrial, como por ejemplo el tratamiento de residuos o la hidromecánica.

La identificación de los grupos relevados se efectuó a través de consultas a distintos referentes en instituciones de interés, sugerencias obtenidas de los propios grupos encuestados y del conocimiento particular de los autores en distintas instituciones. El proceso de identificación no buscó un tipo específico de agrupamiento de investigadores por lo que el relevamiento resultante refleja la diversidad existente en las distintas instituciones consideradas. La recolección de datos se realizó, en todos los casos, a partir del investigador identificado y confirmado como responsable del grupo. Los grupos efectivamente relevados corresponden a las siguientes instituciones: Universidad de la República (Fa-

<sup>1</sup>El estudio tuvo lugar en el marco de la convocatoria pública «Programa de Desarrollo en Ciencias y Tecnologías Agropecuarias y Agroindustriales (PEDEAGRIND): consultoría sobre el diseño.» El mismo fue realizado por los autores entre junio de 2007 y abril de 2008 a solicitud del Equipo Operativo del Gabinete Nacional de la Innovación.

cultades de Agronomía, Veterinaria, Química, Ingeniería, Ciencias, Ciencias Sociales, Medicina), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Estaciones La Estanzuela, Tacuarembó, Salto Grande, Treinta y Tres y Las Brujas), Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Instituto Pasteur, Dirección de Laboratorios Veterinarios Miguel Rubino, Instituto Nacional de Semillas, Instituto Nacional de Vitivinicultura, Secretariado Uruguayo de la Lana, Cooperativa Laboratorio Veterinario de Colonia, e Instituto de Reproducción Animal del Uruguay<sup>2</sup>.

La recolección de datos se realizó entre principios de agosto y mediados de octubre de 2007. La misma se basó en la aplicación de un formulario de encuesta, acompañado de una carta de presentación, enviado a los responsables de los grupos de investigación. El formulario relevó datos acerca de las características de los grupos de investigación (afiliación institucional, área temática, líneas de investigación, formación académica de sus integrantes, fuentes de financiamiento, actividades de formación de recursos humanos, producción científica tecnológica), acerca de las modalidades de articulación con otros grupos de investigación y con el sector productivo, así como la opinión del responsable del grupo sobre las necesidades de desarrollo del conocimiento en su especialidad. La participación en el relevamiento fue voluntaria habiéndose recolectado un total de 119 formularios de un total de 156 grupos detectados. Aproximadamente, la mitad de ellos se completó en entrevistas presenciales acordadas entre los autores y los responsables de grupo. La otra mitad se efectuó de forma autoadministrada con algunas consultas y/o asesoramiento sobre aspectos específicos, y fue enviada en forma impresa o electrónica a los autores.

Corresponde aclarar que el diagnóstico realizado es indicativo del panorama actual de grupos de investigación en ciencias y tecnologías agropecuarias y agroindustriales sin haberse propuesto una cobertura total de su universo. Sin embargo, el elevado nivel de respuesta obtenido así como la cobertura institucional lograda permiten analizar los datos recogidos con un importante grado de confianza en la representatividad de los mismos para describir la realidad estudiada. El Cuadro 1 muestra la distribución institucional de los grupos de investigación relevados.

**Cuadro 1.** Grupos de Investigación Relevados.

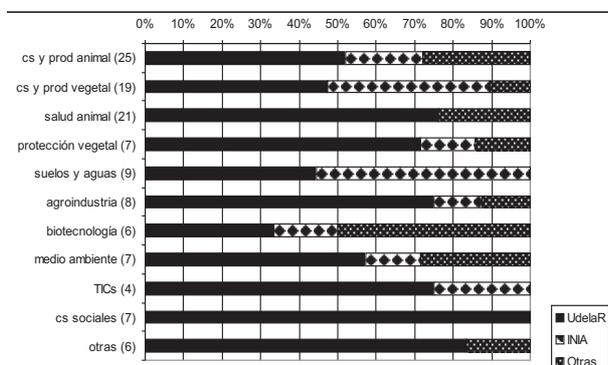
<b>Institución</b>	<b>Grupos</b>	<b>Porcentaje</b>	
<b>UdelaR</b>	Agronomía	30	25,2
	Veterinaria	21	17,6
	Ingeniería	9	7,6
	Química	7	5,9
	Ciencias	5	4,2
	Medicina	3	2,5
	Cs. Sociales	2	1,7
<b>INIA</b>	Las Brujas	12	10,1
	La Estanzuela	6	5
	Salto Grande	1	0,8
	Tacuarembó	2	1,7
	Treinta y Tres	2	1,7
<b>Otros</b>	IIBCE	8	6,7
	SUL	5	4,2
	COLAVECO	1	0,8
	DILAVE	1	0,8
	INASE	1	0,8
	INAVI	1	0,8
	I. Pasteur	1	0,8
	IRAUy	1	0,8
	Total	119	100

## Resultados

### Capacidades identificadas

El área temática principal de cada grupo de investigación fue considerada el foco central de interés en el que se concentraban las actividades de producción de conocimiento y formación de investigadores. Aún cuando algunos grupos pudieran desarrollar más de una temática en simultáneo, todos los colectivos relevados lograron identificar un área principal de trabajo que reunía la mayor parte de sus esfuerzos de investigación. Más de la tercera parte de los grupos se concentró en temas vinculados a ciencia, producción y salud animal, mientras algo más de la quinta parte lo hizo en temas de ciencia, producción y protección vegetal. Aproximadamente, un 8 % investigaba en biotecnología y ciencias y tecnologías de la información y la comunicación aplicadas al agro como temática principal aunque estas áreas se encontraban también integradas en varios grupos que se clasifican en ciencias y producción animal y vegetal. La Figura 1 resume la distribución de áreas temáticas de acuerdo a las instituciones concentradoras de la mayor cantidad de grupos de investigación. Puede verse

<sup>2</sup>Se realizaron también contactos en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay y en las Universidades ORT, UCUDAL y de Montevideo.



**Figura 1.** Distribución de Áreas Temáticas según Institución

que algunas áreas de investigación como las ciencias sociales aplicadas al agro y salud animal aparecen concentradas en el ámbito universitario.

Naturalmente, los grupos de investigación están compuestos por recursos humanos con distinto nivel de calificación formal integrando aquellos investigadores que han completado su formación académica con los que recién se inician en su etapa de formación de grado. La interacción entre unos y otros en torno a prácticas concretas de investigación constituye un proceso fundamental en la formación de las futuras generaciones de investigadores por lo que es vital contar con una adecuada relación entre investigadores consolidados e investigadores en formación. La cuarta parte de los integrantes de los grupos estudiados había culminado su formación a nivel de Doctorado y un 11 % adicional se encontraba cursando estudios a este nivel. El Cuadro 2 muestra la distribución del total de integrantes de los grupos de acuerdo al máximo nivel de formación alcanzado. Es interesante para el desarrollo académico de la investigación en el área considerar que algo más del 40% de los integrantes de los grupos requiere estímulos y oportunidades que le permitan desarrollar su carrera académica iniciando o culminando estudios de

**Cuadro 2.** Nivel de Formación de Integrantes de Grupos.

Nivel	Investigadores	Porcentaje
Estudiante Grado	41	6,4
Grado	141	22,1
Estudiante Mastría	98	15,4
Master	122	19,1
Estudiante Doctorado	70	11
Doctor	166	26
Total	638	100%

Maestría, el primer nivel de formación de posgrado. Adicionalmente, si se considera investigadores consolidados a aquellos que tienen al menos un título de posgrado (56 % de los integrantes de los grupos), resulta que éstos presentan un potencial para la formación de recursos humanos superior al que efectivamente desarrollan. En otras palabras, parecería haber en los grupos de investigación examinados un espacio subutilizado para la integración de estudiantes y formación de nuevas capacidades.

**Formación de nuevas capacidades**

Las actividades de formación de posgrado conforman espacios de adiestramiento curricular de nuevos investigadores como de producción conjunta de conocimiento. Los grupos de investigación suelen ser el ámbito natural donde se insertan los trabajos de tesis de Maestría y Doctorado y se vincula a investigadores en formación que eventualmente se integrarán de manera más estable a las prácticas de la ciencia y la tecnología.

El formulario de relevamiento recogió información acerca de la enseñanza de cursos y dirección de tesis de Maestría y Doctorado desarrolladas por los grupos de investigación durante los cinco años anteriores a la encuesta. Los datos relevados se integraron a un índice de actividades de posgrado que combina ambos tipos de actividades. Los resultados del mismo muestran que algo más de la mitad de los grupos de investigación estaba activamente involucrado en ambas actividades dando cuenta de un núcleo sustantivo de recursos humanos comprometido con la creación de nuevas capacidades en ciencias y tecnologías para el agro. En la situación opuesta, se identificó que algo más de la décima parte de los grupos no había registrado en los últimos cinco años ninguna actividad de este tipo. En situaciones intermedias, se encuentra un subconjunto que comprende algo más de la quinta parte de los grupos que declaró haber participado de la formación de posgrado a través de una sola de las dos actividades consideradas.

**Cuadro 3.** Índice de Actividades de Posgrado.

Tesis de Ms. o Dr.	Cursos de Ms. o Dr.		
	No tiene	Tiene	Total
No tiene	15	12	27
% del total	12,6%	10,1%	23%
Tiene	26	66	92
% del total	21,8%	55,5%	77,3%
% del total	41	78	119
% del total	34,5%	65,5%	100%

### Vínculos para fortalecer capacidades

La investigación requiere cada vez más de intercambio de información, materiales y habilidades entre investigadores e instituciones ubicados en distintas partes del mundo. El enriquecimiento natural de la producción de conocimiento y las posibilidades de proporcionar soluciones tecnológicas a problemas productivos se nutre naturalmente de la interacción entre unidades académicas y el capital social desarrollado por los investigadores. En este sentido, el relevamiento efectuado recogió información relativa a las actividades regulares de investigación realizadas en colaboración con otros grupos de investigación nacionales y extranjeros en los 3 años anteriores a la encuesta. Más del 90 % de los grupos mantenía vínculos regulares con otros grupos académicos dando lugar al desarrollo de investigaciones conjuntas, uso de equipamiento compartido, organización de eventos y cursos de posgrado, co-dirección de tesis, entre otros. La red de vinculaciones es densa abarcando instituciones ubicadas en diversas regiones del planeta. Asimismo, es interesante que cuatro de cada diez de los vínculos mencionados corresponden a grupos nacionales ubicados en distintas instituciones de investigación, lo que da cuenta del potencial de articulación existente a nivel nacional.

De manera similar, los grupos relevados indicaron en el formulario sus dos principales vínculos estableci-

dos con entidades públicas o privadas del sector productivo u organizaciones de productores. Aproximadamente, las tres cuartas partes de los grupos mantuvo algún vínculo de este tipo durante los últimos tres años ya sea para el desarrollo de proyectos conjuntos, el establecimiento de convenios de distinto tipo, o la realización de asesorías puntuales o continuadas en el tiempo. Sin embargo, resulta inquietante que el 23% de los grupos no manifestó haber tenido vínculos con los sectores productivos durante el periodo, lo que sugiere dificultades potenciales de articulación con la producción.

### Tipología de grupos

Los datos de caracterización de los grupos relevados se integraron a un análisis multivariado para elaborar una clasificación que permitiera una mejor comprensión de las capacidades detectadas. El análisis se realizó a través de la técnica de análisis de conglomerados a efectos de identificar conjuntos de casos relativamente homogéneos para un subgrupo de características seleccionadas. Se realizaron varias pruebas a partir de la herramienta disponible en el SPSS optándose por la solución de 2 conglomerados dividiendo el universo de grupos de investigación estudiado en dos conjuntos distintos. Las variables consideradas para la definición de los conglomerados se incluyen en el Cuadro 5<sup>3</sup>.

**Cuadro 4.** Variables de Clasificación para Análisis de Conglomerados.

Variable	
Tamaño del grupo	número de investigadores
Edad del investigador responsable	años
Índice de actividades de posgrado (dirección de tesis de Ms. o Dr., dictado de cursos de Ms. o Dr. en los últimos 5 años)	no tiene cursos ni tesis no tiene cursos tiene tesis tiene cursos no tiene tesis tiene cursos y tesis
Producción tecnológica en los últimos 5 años	tienen no tiene
Vínculos con sector productivo en los últimos 3 años	tiene no tiene no tiene
Vínculos académicos en los últimos 3 años	sólo en Uruguay en Uruguay y exterior sólo en el exterior
Fuentes de financiamiento de proyectos utilizadas en los últimos 5 años	número

Nota: Otras variables como publicaciones y nivel de formación fueron descartadas por su baja capacidad discriminante.

<sup>3</sup>Por razones de espacio, los datos descriptivos referidos a tamaño del grupo, edad del investigador responsable, producción tecnológica, y fuentes de financiamiento no se incluyeron en las secciones anteriores del presente artículo; éstas y otras informaciones pueden encontrarse en Bianco *et al.*, 2007.

El ordenamiento de grupos de investigación de acuerdo a las variables seleccionadas permitió categorizar 116 casos; tres grupos debieron ser descartados por información incompleta en alguna de las variables de clasificación. La distribución resultante agrupa 56 grupos en el Conglomerado 1 y 60 grupos en el Conglomerado 2. El Cuadro 5 presenta las características de ambos conglomerados permitiendo distinguir un conjunto de grupos activamente involucrado con la producción de conocimiento, formación de posgrado y articulación con los sectores productivos (Conglomerado 2) y otro con un grado de desarrollo comparativamente menor en los aspectos considerados (Conglomerado 1).

Independientemente de que las distintas misiones de las instituciones incluidas en el relevamiento pudieran arrojar diferencias sustantivas entre las capacidades de sus cuerpos de investigación, resulta interesante que el Conglomerado 2 que concentra las principales fortalezas para la implementación de un programa de desarrollo de las ciencias agropecuarias y agroindustriales registra grupos pertenecientes a los dos ámbitos institucionales de mayor envergadura (Universidad de la República e INIA). No obstante, se detectaron algunas diferencias al interior de la Universidad de la República ubicando a la Facultad de Veterinaria en una situación de menor desarrollo comparativo por presentar

menos de la tercera parte de los grupos de investigación en el Conglomerado 2.

Habiéndose identificado realidades distintas en el universo de grupos de investigación estudiados, corresponde examinar la distribución de las diferentes capacidades en términos de áreas temáticas principales en los dos Conglomerados. Como puede verse en la Figura 2, la distribución reflejó situaciones de distinto grado de desarrollo académico. Así se registran áreas de mayor concentración de grupos clasificados en el Conglomerado 2 (suelos y aguas, medio ambiente, ciencias sociales) y áreas que tienden a concentrarse en torno al

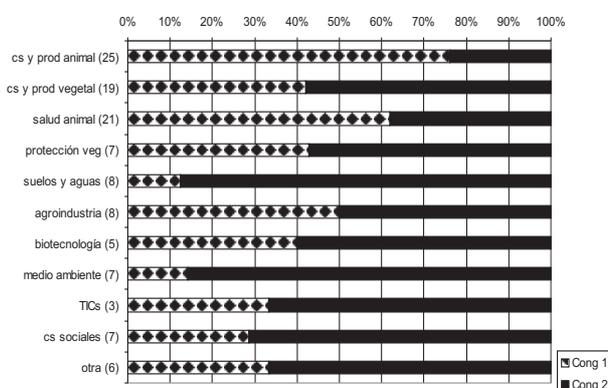


Figura 2. Area Temática de los Grupos en Dos Conglomerados.

Cuadro 5. Características de los Conglomerados Identificados.

Variable	Conglomerado 1	Conglomerado 2
	48,3%	51,7%
<b>Índice de actividades de posgrado:</b>		
no tiene cursos ni tesis	26,8%	0%
no tiene cursos tiene tesis	25,0%	20,0%
tiene cursos no tiene tesis	16,1%	3,3%
tiene cursos y tesis	32,1%	76,7%
<b>Grupos con producción tecnológica</b>	28,6%	61,7%
<b>Promedio de fuentes de financiamiento de proyectos utilizadas</b>	2	4
<b>Grupos con vínculos con sector productivo</b>	60,7%	91,7%
<b>Vínculos académicos:</b>		
no tiene	17,9%	0%
sólo en Uruguay	41,1%	0%
en Uruguay y exterior	16,1%	58,3%
sólo en el exterior	25,0%	41,7%
<b>Afiliación institucional</b>		
UdelaR	60,7%	63,3%
INIA	12,5%	26,7%
Otros	26,8%	10,0%

Conglomerado 1 con menor grado de desarrollo comparativo (ciencias y producción animal, salud animal).

### Síntesis

La información presentada es sólo una síntesis de los principales hallazgos del relevamiento de grupos de investigación realizado. Aún así, sobre la base de los datos examinados es posible afirmar que existe una gran potencialidad para el desarrollo de las ciencias y tecnologías para el agro que atraviesa la trama institucional estudiada. Resulta evidente que las instituciones relevadas registran grupos con fortalezas interesantes y complementarias para la implementación de un programa de desarrollo de las ciencias agropecuarias y agroindustriales que deben ser aprovechadas.

Paralelamente, el estudio detecta la necesidad de políticas de estímulo al fortalecimiento de capacidades al menos en dos aspectos sustantivos. Por un lado, evidencia que una porción sustantiva de los integrantes de grupos de investigación en actividad no ha culminado su formación de posgrado. Por otro, muestra que la relación entre investigadores en formación e investigadores consolidados al interior de los grupos es deficitaria habiendo capital académico para albergar, con las políticas adecuadas, un mayor contingente de recursos humanos en etapa de formación. Ambos aspectos convergen en la conveniencia de implementar medidas tendientes al desarrollo pleno de las capacidades de formación y producción de conocimiento y tecnología.

Finalmente, los resultados del relevamiento también indican la compatibilidad entre actividades de formación de posgrado, investigación académica orientada al avance del conocimiento e investigación orientada a la

resolución de problemas en conjunto con los sectores productivos. Evidencia de ello es que tanto las capacidades de producción de conocimiento y formación de nuevos cuerpos de investigadores como las capacidades de articulación con entidades productivas tienden a concentrarse en el mismo conglomerado de grupos de investigación. Por esta razón, las políticas de fortalecimiento de las capacidades académicas impactarán, indudablemente, sobre la fortaleza de las acciones emprendidas con el sector agropecuario y agroindustrial.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Br. Enrique Nogueira por su colaboración en la recolección de información, a los investigadores que amablemente contestaron el relevamiento y a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por la financiación que hizo posible el estudio.

### Bibliografía

- Bianco, M.; Cajarville, C.; Castro, A.; Dalla Rizza, M. y Ungerfeld, R.** 2007. Diagnóstico de Capacidades Existentes. Primer Informe de Programa de Desarrollo en Ciencias y Tecnologías Agropecuarias y Agroindustriales, Consultoría sobre el Diseño.
- Echeverría, R. y Trigo, E.** 2008. Los retos de la investigación agroalimentaria en América Latina. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 219 (71-112).
- Salles-Filho, S.; Bonacelli, M. e Zackiewicz, M.** 2000. Desafíos para a Inovação na Agricultura da América Latina e Caribe. Documento del Projeto Desafios Tecnológicos para a Agricultura na América Latina e Caribe realizado por GEOPI/DPCT/Unicamp, Brasil.

## **Población rural y forestación: estudio de la dinámica poblacional en los territorios forestales del Uruguay**

Riella, A.<sup>1</sup>; Ramírez, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República Constituyente 1502, 5to. Piso, Montevideo. Correo Electrónico: alberto@fcs.edu.uy*

<sup>2</sup>*Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Constituyente 1502, 5to. Piso, Montevideo.*

Recibido: 16/7/08 Aceptado: 15/12/08

### **Resumen**

En Uruguay, al igual que en el resto de la región, la importancia económica y social de la forestación ha venido en aumento desde principios de los 90. Si bien se ha avanzado considerablemente en los análisis ambientales y económicos de la actividad, son escasos y muy parciales los estudios sobre sus efectos sociales. En alguna medida, esta falta de estudios ha contribuido a que se instale una polémica pública entorno a la capacidad de la forestación de generar retornos sociales positivos. Este artículo busca avanzar sobre esta dimensión social mediante el estudio de los efectos de la forestación en la dinámica poblacional de los territorios rurales. A través de un reprocesamiento de los datos de los censos de población y del último censo agropecuario se realizó un diseño longitudinal que permitió observar el comportamiento demográfico en las regiones bajo influencia forestal y en las no forestadas. De esta manera se logró una aproximación con la mayor rigurosidad posible a la incidencia de dicha actividad en la dinámica poblacional de los territorios rurales y sus pequeñas localidades en las últimas dos décadas.

**Palabras clave:** sociología rural, desarrollo forestal, población rural

### **Summary**

## **Rural population and forestation: study of population dynamics in the forest territories of Uruguay**

In Uruguay, as well as in the rest of the region, the economic and social impacts of the forestry has been increasing since the early 90's. While considerable progress has been made in research and analysis of this environmental and economic activity, the studies about its social impacts are still short and partial. In some way, the lack of research has brought a public discussion about the ability of forestry to generate positive social returns. This article looks forward to move on at this social dimension by means of the study of the effects of forestry on the population dynamics at the rural areas. With a reprocessing of data from population census and the last agricultural census was developed a longitudinal design that showed the demographic behaviour in areas influenced by forestry and a comparison at non forested areas. This analysis has achieved an approach to the best possible rigorous study about the incidence of such activity on the population dynamics in rural territories and small towns in the past two decades.

**Key words:** rural sociology, forestry development, rural population

## Introducción

En Uruguay, al igual que en el resto de la región, la importancia económica y social de la forestación ha venido en aumento desde principios de los 90. Si bien se ha avanzado considerablemente en los análisis ambientales y económicos de la actividad, son escasos y muy parciales los estudios sobre sus efectos sociales. En alguna medida, esta falta de estudios ha contribuido a que se instale una polémica pública entorno a la capacidad de la forestación de generar retornos sociales positivos.

Muchos de los argumentos presentados en el marco de la discusión para promover al sector forestal sostenían que la expansión de esta actividad ayudaría a reducir las asimetrías en el desarrollo social entre el mundo rural y urbano, ya que posibilitaría mejores condiciones de empleo, de trabajo y de vida, generando así, mejores niveles de equidad social.

La transferencia de recursos realizada para la expansión del sector en la última década en Uruguay se justificaría si estos supuestos logros en el desarrollo social para las regiones rurales se concretasen. Sin embargo, no existen evidencias empíricas que permitan discutir científicamente si la expansión de las plantaciones forestales efectivamente está induciendo un desarrollo social con equidad en el territorio.

Por tanto, se torna ineludible concentrar los esfuerzos en generar con la mayor rigurosidad técnica posible los datos necesarios para el seguimiento y la evaluación de los efectos sociales de la actividad.

Este artículo busca ser una contribución en este sentido analizando la dinámica poblacional en los territorios afectados por la forestación. Este aspecto es uno de los temas centrales que deben abordarse para realizar un diagnóstico ajustado del efecto de la actividad forestal y como primer paso ineludible en la dirección de poder establecer otros efectos sociales relacionados con la condición de vida de esta población<sup>1</sup>.

En función de este objetivo, en primer término, se describen brevemente en el artículo las características de la expansión de la forestación en el Uruguay y se exponen los antecedentes académicos que discuten los efectos sociales de la forestación. Luego, se delimitan

y caracterizan los territorios forestales a estudiar. Posteriormente, se plantean los principales procesos demográficos del medio rural del país y en las áreas bajo estudio y, por último, se presentan los hallazgos de la investigación analizando la evolución de la población rural en los territorios forestados y el efecto sobre el entramado de localidades rurales.

## El desarrollo de la forestación en el Uruguay

El área forestada en Uruguay se multiplica más de 15 veces en el período 1988-2005. De un total de 45 mil hectáreas forestadas entre 1975 y 1988<sup>2</sup>, pasan a registrarse más de 740 mil hectáreas en el 2005<sup>3</sup>, (MGAP-DIEA, 2005). De acuerdo al último Censo General Agropecuario del año 2000, casi el 72% de las plantaciones forestales se desarrolló 'bajo proyecto', esto es, en el marco de las leyes de promoción forestal<sup>4</sup>. La tasa promedio anual de forestación es casi de 50 mil hectáreas por año, con un registro máximo en el año 1998 de 83 mil hectáreas plantadas.

Respetando tendencias del contexto económico mundial, esta expansión sostenida de las plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento y alto requerimiento en el mercado internacional, se da en nuestro país en el marco de un conjunto de medidas estatales que vienen incentivando las exportaciones de productos no tradicionales. Si bien estas medidas dejaron de aplicarse en el 2005, los propios mecanismos de promoción –que consistían básicamente en la exoneración de impuestos a los terrenos afectados por la forestación– determinaron en que tipo de tierras se desarrolló la actividad, lo que generó que la forestación tenga una concentración importante en determinadas áreas volviendo relevante su impacto territorial.

Como se observa en la figura 1, la distribución de la forestación en el país está concentrada en un eje que va desde el noroeste al noreste. La distribución en secciones censales permite visualizar áreas de concentración –donde se albergan los mayores emprendimientos– muy cercanas a otras donde la forestación no se desarrolla.

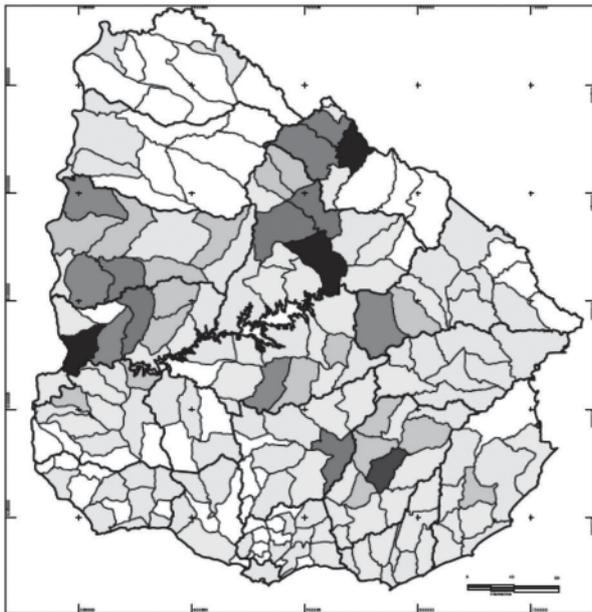
Asimismo, en el gráfico que sigue se visualizan los departamentos que reciben el mayor impacto de esta actividad, aquellos que cuentan con suelos declarados

<sup>1</sup>Este aspecto no es abordado en este artículo siendo actualmente tema de otras investigaciones.

<sup>2</sup>Se entiende que las plantaciones forestales en este período responden a los incentivos establecidos por la primera ley de promoción forestal del año 1968 (Ley N° 13.723). La segunda ley de promoción del sector en Uruguay es promulgada en 1987, Ley N° 15.939.

<sup>3</sup>Estimaciones recientes del Ing. Agr. Daniel San Román, encargado de la Dirección General Forestal del MGAP, sostienen que las hectáreas forestadas alcanzarían actualmente las 850.000. Publicado en La República, 20/4/2008.

<sup>4</sup>El procesamiento de los datos del CGA del año 2000 da las siguientes cifras: un total de 660.667 hectáreas forestadas y 473.116 hectáreas forestadas en el marco de las leyes de promoción forestal.



**REFERENCIAS**  
Superficie en ha

30.000 a 60.000
25.000 a 30.000
20.000 a 25.000
15.000 a 20.000
10.000 a 15.000
5.000 a 10.000
1.000 a 5.000
1 a 1.000
0

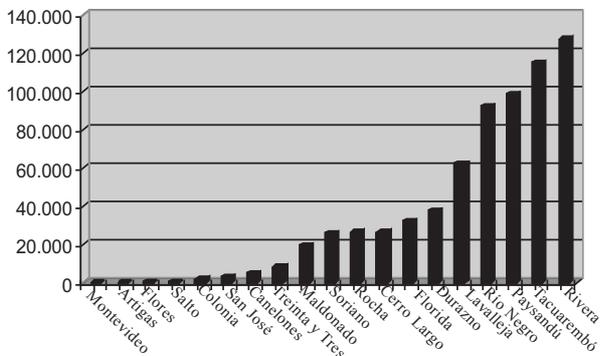
**Figura 1.** Superficie forestada por Sección Censal todos los Géneros.

Fuente: Boletín Estadístico 2005.

MGAP.

de prioridad forestal según la citada ley. En tal sentido, Rivera, Tacuarembó, Paysandú y Río Negro, concentran mayoritariamente las plantaciones bajo proyecto en el país.

En síntesis, la forestación presenta una alta concentración regional en cuatro departamentos y a su vez, convive al interior de éstos, con otras microregiones donde la actividad no se desarrolla (figura 2)..



**Figura 2.** Superficie forestada bajo proyecto por Departamento (1975-2006).

Fuente: MGAP – Dirección General Forestal.

**Debate sobre el efecto poblacional de la forestación**

En nuestro país no existe consenso respecto a los efectos que produce la forestación en la dinámica poblacional de las regiones. La discusión se abre entre los que afirman que la concentración de plantaciones en las zonas rurales se convierte en un factor de retención de población y quienes sostienen que la forestación tiende a reducir los residentes rurales.

Los argumentos de quienes mantienen la existencia de un efecto de retención de la población en el medio rural, se centran en el incremento de la demanda de mano de obra del sector forestal, principalmente en tareas de silvicultura, de cosecha y en actividades conexas.

En cambio, los que enfatizan la tendencia de pérdida de población en las áreas forestadas argumentan, que el modelo de grandes extensiones de forestación seguido en nuestro país termina por debilitar la radicación de los pequeños productores en el medio rural, obligándolos a desplazarse al medio urbano. Asimismo, sostienen que, el largo tiempo de crecimiento relativo de los bosques lleva a que se reduzcan demasiado los requerimientos de mano de obra durante ese período.

Ambos efectos, la reducción del número de pequeños predios productivos y la baja mano de obra necesaria en todo el ciclo de producción forestal, serían los factores que estarían operando para aumentar la emigración de los territorios forestales.

En acuerdo con la primera de las corrientes expuestas, Schiavo y Córdoba mantienen que el desarrollo del sector forestal en Uruguay se está convirtiendo en un factor de contención de mano de obra rural, contribuyendo en zonas de alta concentración de plantaciones a frenar la emigración de la población rural. Fundamentalmente los empleos generados en los viveros y en las empresas de plantación serían los que explicarían la duplicación desde 1989 de la mano de obra ocupada en el sector. Los autores entienden que el sector forestal conserva en las zonas más forestadas a población que de no existir esta actividad emigraría hacia las ciudades. (Schiavo, Córdoba; 2001).

En el mismo sentido, informes realizados por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) expresan que la actividad forestal genera más puestos de trabajo que la actividad tradicional de nuestro país. En el año 2000 los puestos permanentes contratados directamente por la empresa forestal son de dos a nueve cada mil hectáreas dependiendo del tamaño del emprendimiento; brecha que se estima se irá reduciendo.

do en la medida que todos los establecimientos entren en la etapa de superposición de actividades<sup>5</sup>. Esto supera a los trabajadores permanentes de la actividad pecuaria, que se calculan de 1,96 a 2,65 cada mil hectáreas según el tamaño del establecimiento. (San Román; 2004).

Estimaciones realizadas por la misma Dirección General Forestal (DGF) sostienen que en la Fase Agraria Forestal los puestos de trabajo alcanzarían los 11 por cada mil hectáreas plantadas si se incluyesen los ocupados en los viveros y los empleados por las empresas contratistas.

Este conjunto de información contribuye a sustentar la hipótesis respecto al efecto de retención de población rural en los territorios forestados. Sin embargo, estos datos y su forma de procesamiento han sido cuestionados por otros autores que sostienen que estas estimaciones son poco confiables y parciales.

En tal sentido, Pérez Arrarte<sup>6</sup> duda sobre la capacidad del sector de generar un desarrollo sustentable mejorando las condiciones de vida de la población de las regiones en que se emplaza. En cuanto a la dinámica de los efectos poblacionales de la forestación pone el acento en el desplazamiento de los pequeños productores que genera esta actividad y si bien reconoce un aumento inicial de la mano de obra en el momento de la implementación de los bosques y en su cosecha sostiene que este incremento se da solo en períodos acotados de tiempo, generando vacíos poblacionales posteriores. (Pérez Arrarte; 2006)

En la misma línea, estudios realizados en Chile para la Novena Región muestran que la importante expansión forestal de la región ha acentuado el fenómeno de la migración rural, que si bien se entiende como un fenómeno complejo, presenta una mayor tasa de emigración en las comunas con alta concentración de plantaciones forestales que en las predominantemente agrícolas. Unda y Stuardo sostienen la hipótesis de que tanto la expansión de la empresa forestal como los cambios en las microeconomías generados por ésta, acentúan el proceso de emigración del medio rural (Unda y Stuardo; 1996).

Por otro lado, estos antecedentes hipotetizan efectos diferenciales de la forestación sobre la población rural dispersa y sobre los pequeños centros poblados de las regiones. Desde esta perspectiva, se sostiene que el mayor impacto de la forestación se manifiesta en los

centros urbanos cercanos a las zonas de plantaciones al convertirse en centros de reclutamiento de trabajadores. (Schiavo, Córdoba; 2001).

A partir de un estudio cualitativo en tres poblados con diferente vinculación con la actividad forestal se abona también esta hipótesis. Carámbula y Piñeiro sostienen que una de las consecuencias que ha tenido la rápida expansión de la superficie forestada en Uruguay se manifiesta en el mercado de trabajo rural; pero dadas las características variables en cantidad y calidad de la demanda sobretudo en las etapas iniciales del proceso de forestación y a lo extendidas en el tiempo, solo se generan grandes concentraciones de trabajadores temporarios en períodos acotados de tiempo (Carámbula y Piñeiro; 2006).

Estos autores plantean que las pautas de asentamiento diferenciales en localidades rurales se presentan con la generación de puestos de trabajo de calidad en la fase industrial del proceso de la madera; de otra forma sólo se está frente a población flotante asociada al trabajo más precario de la fase agraria. En forma general se acepta que la forestación ha tenido un impacto poblacional positivo en las pequeñas localidades asociado a la creación de empleo en la actividad forestal aunque el crecimiento demográfico se da en forma diferente de acuerdo a la calidad del empleo generado en cada localidad (Carámbula y Piñeiro; 2006).

### Hipótesis de trabajo

Siguiendo el razonamiento de estos antecedentes, parece oportuno, en primera instancia, contrastar las dos hipótesis referidas a la evolución de la población rural dispersa, en tanto existe una que sostiene que la población del medio rural se reduce en los territorios forestados y otra que mantiene que la forestación actuaría como un factor de retención de residentes rurales. En segundo lugar someter a prueba la hipótesis respecto a la evolución de la población de las localidades rurales, verificando el cambio que produce la forestación en la evolución de estas localidades.

### Objetivos del trabajo

El objetivo general del trabajo es determinar con la mayor precisión posible, el efecto de la forestación en

<sup>5</sup> La superposición de actividades refiere a la realización en un mismo momento del tiempo de diversas tareas del ciclo productivo: laboreo de la tierra, plantación, podas y raleo y cosecha.

<sup>6</sup> Este autor junto con otros investigadores cuestiona centralmente los efectos negativos ambientales del modelo de monocultivo forestal desarrollado en el país, tema que no es posible abordar en este trabajo. De la misma forma, no son abordados los efectos ambientales que los efectos poblacionales estudiados puedan producir.

la dinámica de la población rural dispersa y en la de las localidades menores de los territorios con influencia forestal seleccionados en el período 1985-2004.

Los objetivos específicos que se desprenden del anterior son:

- Comparar la evolución de la población rural dispersa en áreas con influencia forestal y sin influencia forestal.
- Analizar el efecto de la intensidad de la forestación en la población rural dispersa.
- Comparar la evolución de la población de las localidades rurales en áreas con y sin influencia forestal.
- Analizar si el efecto de la forestación presenta diferencias intra-regionales debido a diferentes contextos socio-productivo.

## Materiales y métodos

A través de un reprocesamiento de los datos de los censos de población y del último censo agropecuario se realizó un diseño longitudinal comparando el comportamiento demográfico en las regiones con influencia de la actividad forestal y sin influencia forestal en los cuatro departamentos de mayor forestación (Rivera, Tacuarembó, Paysandú y Río Negro).

La metodología utilizada estuvo centrada en el tratamiento de los microdatos generados en el Censo de Población 1985, Censo de Población 2004 del Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Censo General Agropecuario 2000 del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

Los reprocesamientos consistieron en tomar la información del CGA 2000 y llevarla a nivel de segmento censal del INE, unificando las unidades de análisis del Censo de Población, Censo y Censo Agropecuario<sup>7</sup>. De esta forma, la unidad de análisis mínima construida queda establecida por el segmento censal del INE, pudiendo entonces, subdividir los departamentos en 200 segmentos<sup>8</sup>. Con esto se puede obtener la cantidad de población y de forestación en cada uno de los segmentos en los distintos momentos del tiempo.

Con el reprocesamiento del censo agropecuario se logró contar con información sobre la superficie total de las explotaciones agropecuarias y sobre la superfi-

cie forestada 'bajo proyecto' (en el marco de las leyes de promoción forestal) en cada uno de los segmentos censales. Con estos datos se clasificó cada segmento rural según el nivel de forestación en su superficie.

Respecto a la población se dividió en dos universos, estudiando por separado su comportamiento. El primero es la población rural dispersa y el segundo es conformado por las localidades rurales; éstas a su vez son divididas en tres tramos: localidades rurales pequeñas (hasta 1000 habitantes), localidades rurales medianas (hasta 2000 habitantes) -que contiene a la anterior- y localidades rurales mayores (hasta 5000 habitantes) que, a su vez, contiene a las dos anteriores<sup>9</sup>.

Para la población rural dispersa se tomó directamente el porcentaje de forestación del segmento y para el caso de las localidades se consideró el nivel de forestación en su entorno próximo, definido por los segmentos rurales que las rodean.

Según estos procedimientos metodológicos y el diseño de investigación propuesto se puede formalizar el efecto de la forestación de la siguiente manera:

$$EF = (Y_{10}^B - Y_{11}^B) - (Y_{10}^C - Y_{11}^C)$$

EF= Efecto forestación

$Y_{10}^B$  = total de población en los segmentos con forestación en 1985.

$Y_{11}^B$  = total de población en los segmentos con forestación en 2004.

$Y_{10}^C$  = total de población en los segmentos sin forestación en 1985.

$Y_{11}^C$  = total de población en los segmentos sin forestación en 2004.

Este modelo de diferencia en diferencia se aplicó en forma separada para cada uno de los universos en consideración: tanto para la población rural dispersa como para la población de las localidades rurales.

## Delimitación de las áreas de estudio

Para este estudio se seleccionaron los departamentos de Paysandú, Río Negro, Rivera y Tacuarembó dado que son los que presentan la mayor concentración de plantaciones forestales: representando el 27% de la superficie total de Uruguay, contienen casi el 62% de la forestación al amparo de las leyes de promoción fores-

<sup>7</sup>Esto fue posible gracias a que en el CGA del año 2000 se incluyó por primera vez como unidad de relevamiento alternativa el segmento censal del INE, para justamente facilitar las comparaciones en la misma unidad territorial. Este procedimiento no estuvo exento de dificultades ya que existieron un sinnúmero de decisiones que tomar por falta de una única metodología de tratamiento para las áreas definidas como rurales y urbanas.

<sup>8</sup>Las localidades son consideradas, para este estudio, como un único segmento.

<sup>9</sup>Además de las localidades de más de 5000 habitantes se excluyeron las localidades ubicadas en las zonas metropolitanas de las capitales departamentales dado que se considera que están bajo la influencia de la capital y no de los procesos de la forestación.

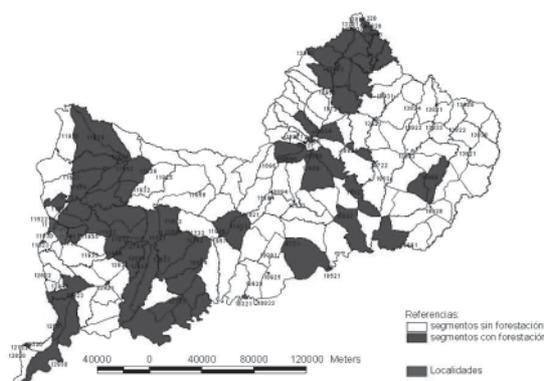
tal. Por tanto es en este territorio donde sería plausible encontrar efectos de la forestación sobre la población<sup>10</sup>.

A su vez, del conjunto de los segmentos rurales el 36 % está afectado en algún grado por la forestación, en tanto en el 64 % restante la forestación es nula o aparece como una actividad marginal. La conformación de estas dos áreas nos permite comparar la evolución de la población en las distintas áreas. De esta forma, es posible aislar, en términos relativos, los posibles efectos de la forestación en el movimiento poblacional comparándolo con los movimientos de población en los territorios sin forestación.

La determinación de las áreas con forestación no estuvo exenta de dificultades: los segmentos que componen este territorio muestran una dispersión importante en la superficie dedicada a la forestación, mientras unos pueden tener menos del 5%, otros pueden alcanzar más del 50 % de la superficie. En promedio, el conjunto del área con forestación tiene dedicada a esta actividad el 16 % del total.

Por otra parte, el área sin forestación definida, presenta menos de un 0,2% de plantaciones forestales 'bajo proyecto' en su superficie<sup>11</sup>. Por tanto la diferencia entre las dos áreas es considerablemente importante, teniendo en cuenta además, que los efectos de la forestación no sólo hacen específicamente a las áreas con bosques sino al entorno que rodea a los bosques que están incluidos en las áreas definidas de influencia forestal, mientras que las áreas sin influencia tendrán muy poco de esta dinámica.

En la figura 3 se visualizan las áreas con y sin influencia de la forestación, donde puede descubrirse una relativa continuidad en el territorio configurando ejes forestales, uno conformado en los departamentos de Paysandú y Río Negro y el otro sobre la Ruta N° 5 en Tacuarembó y Rivera.



**Figura 3.** Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera. Segmentos censales con forestación y sin forestación bajo proyecto.

Fuente: elaboración en base a Cartografía del INE 2004 y Censo General Agropecuario 2000.

### Población rural en Uruguay y en las áreas bajo estudio

Para analizar los efectos de la forestación en la dinámica poblacional rural es necesario contextualizar brevemente las tendencias demográficas de la población rural del país.

El Uruguay se caracteriza por ser un país de lento crecimiento poblacional, siendo la tasa de crecimiento media anual de 6 por mil habitantes. En este contexto desde hace más de 3 décadas viene produciéndose una acelerada disminución de la población rural, que en los últimos 10 años entra en un proceso de relativa estabilidad. Como puede verse en el cuadro 1 la población rural<sup>12</sup> pasa de 17 % en el año 1975 a un 9 % en el año 1996 y un 8 % en el 2004.

**Cuadro 1.** Población rural y urbana en el país.

Año censal	Población total	Población urbana	Población rural	Pob. Rural %
1975	2.788.429	2.314.356	474.073	17
1985	2.955.241	2.581.087	374.154	12,7
1996	3.163.763	2.872.077	291.686	9,2
2004	3.241.003	2.974.714	266.289	8,2

Fuente: Censos de Población, INE, 1975, 1985, 1996 y Censo Fase I 2004

<sup>10</sup>Últimamente comienzan a concentrarse plantaciones forestales también en algunas regiones del centroeste del país.

<sup>11</sup>Los bosques naturales y 'bajo proyecto' en estos segmentos censales alcanzan el 5,4%.

<sup>12</sup>Se refiere a población rural dispersa, no incluyendo pequeños centros poblados.

Como es esperable, (cuadro 2), el porcentaje de población rural en Río Negro, Paysandú, Tacuarembó y Rivera es significativamente mayor que en el total del país; en el año 1975 más de la cuarta parte de la población de estos departamentos (26,5 %), vive en el medio rural, en 2004 esta población se reduce a poco más de la mitad, (13,8 %). En el período de referencia del estudio, 1985-2004, se observa una variación negativa de población rural en los departamentos de 29 puntos porcentuales.

El proceso de disminución de la población rural en el conjunto de los departamentos presenta diferencias con lo observado en el total del país: en el último período intercensal continúa el descenso marcado no presentando el enlentecimiento de la tendencia encontrado en el país.

En el cuadro 3 puede observarse que este descenso es muy marcado en los dos departamentos del norte y que en el litoral es similar al del conjunto del país. La población rural en el litoral pasa de 22 % en 1975 a 13% en 2004, mientras que en el norte lo hace de 31 % a 15 %. Asimismo, se visualiza que el proceso de disminución de esta población en los departamentos del norte no presenta el enlentecimiento del litoral en la

última década, lo que hace que los guarismos se aproximen al final del período. Si se toma el período de referencia del estudio se observa que la variación porcentual es similar en las dos subregiones: -28,3 y -29,6 en el litoral y norte respectivamente.

Estas tendencias en la evolución de la población rural bajo estudio permiten contextualizar los resultados hallados en la dinámica poblacional de las áreas seleccionadas.

### Análisis de resultados

#### El efecto de la forestación en la población rural dispersa

En el cuadro 4 se presenta la población rural dispersa de las áreas con influencia forestal y sin influencia forestal. En las primeras, la población ascendía en 1985 a 24021 personas mientras que en el 2004 la población se había reducido a 17638 personas, presentando una variación negativa de 26,57%. En el área sin influencia forestal la población rural en 1985 era de 41734 reduciéndose en el 2004 a 29001, representando una variación negativa de 30,51%.

**Cuadro 2.** Población rural y urbana. Río Negro - Paysandú - Tacuarembó- Rivera.

Año censal	Población total	Población urbana	Población rural	Pob. Rural %
1975	315.209	231.735	83.474	26,5
1985	325.380	253.238	72.142	22,2
1996	346.613	287.283	59.330	17,1
2004	362.643	312.527	50.116	13,8
Variación 1985-2004 Población Rural:				<b>-29,07*</b>

Fuente: Censos de Población, INE, 1975, 1985, 1996 y Censo Fase I 2004.

\*Esta cifra refiere a la variación de población rural en los segmentos censales bajo estudio de los departamentos, por lo que puede presentar diferencias con los totales departamentales rurales. Ver Cuadro N° 4.

**Cuadro 3 .** Porcentaje de Población Rural Río Negro - Paysandú - Tacuarembó- Rivera

Año censal	Litoral	Norte	RN-Pay-Tac-Riv.
1975	21,71	30,74	26,48
1985	17,64	26,17	22,17
1996	13,71	20,15	17,12
2004	12,84	14,66	13,82
Variación 85-04	<b>-28,34*</b>	<b>-29,55*</b>	<b>rtimes</b>

Fuente: Censos de Población, INE, 1975, 1985, 1996 y Censo Fase I 2004.

\*Esta cifra refiere a la variación de población rural en los segmentos censales bajo estudio de los departamentos, por lo que puede presentar diferencias con los totales departamentales rurales. Ver Cuadro N° 5.

En síntesis, la población rural dispersa en la región estudiada se redujo en un porcentaje importante (29%) pero el descenso en las áreas con influencia forestal fue menor que el registrado en las áreas sin influencia de la forestación.

**Cuadro 4.** Población Rural Dispersa- Variación (%) 1985-2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	41734	29001	-30,51
Con forestación	24021	17638	-26,57
Total	65755	46639	-29,07

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

Por tanto, es posible afirmar que en los territorios bajo estudio, la forestación no acelera el proceso de despoblamiento rural. Si bien las diferencias son pequeñas y podrían estar asociadas a los volúmenes de población de cada agrupamiento y a efectos de microáreas, es posible desechar la hipótesis que plantea una reducción significativa de la población rural en los territorios con influencia forestal, al menos a esta escala de observación territorial.

A continuación, se busca observar si existe algún efecto diferencial de la forestación sobre la dinámica poblacional considerando el nivel de concentración de las plantaciones forestales en las áreas. Como se indica en el cuadro 5, se mantiene el área sin forestación como control y se divide el área con forestación en grupos según el porcentaje de forestación en su superficie.

La región que menos pierde población es la que tiene menos de 4 % de su superficie con forestación (-18,9 %), registrándose una marcada diferencia con las zonas con más intensidad de forestación (-29 y 29,9 %). De todas

**Cuadro 5.** Población Rural Dispersa- Variación (%) 1985-2004 Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
sin forestación	41734	29001	-30,51
1 a 4%	6639	5381	-18,95
4 a 10%	7796	5533	-29,03
Más de 10%	9586	6724	-29,86
Total	65755	46639	-29,07

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

formas, en ningún caso se supera el descenso observado en los territorios sin forestación (-30,5 %).

Puede observarse que los resultados siguen mostrando, que más allá del nivel de forestación de los territorios, la reducción de la población en ellos es menor que en el área sin forestación. Lo que aparece como muy significativo es que el área que presenta mayor capacidad de retener población es aquella que posee forestación entre un 1 y un 4 %: la reducción de la población allí es más de un tercio menor que en las otras áreas forestadas.

Esto permitiría hipotetizar, que cuando la forestación no cubre superficies importantes de los segmentos, éstos presentan mayor capacidad de retener población rural que cuando presentan un considerable grado de concentración forestal o que cuando no tienen forestación<sup>13</sup>.

#### *Diferencias regionales*

En el cuadro 6, se explora la existencia de posibles diferencias regionales entre los departamentos del norte y del litoral por posibles efectos de las diferencias en sus matrices socio-productivas<sup>14</sup>. Cuando se realiza la comparación de la variación poblacional en los departa-

**Cuadro 6.** Población Rural Dispersa. Variación (%) 1985-2004.

Segmentos Censales	Litoral	Norte	Región
Sin forestación	-29,17	-31,17	-30,51
Con forestación	-27,38	-25,76	-26,57
Total	-28,34	-29,55	-29,07

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

tamentos del litoral del país (Río Negro y Paysandú) con la de los departamentos del norte (Tacuarembó y Rivera), se observa en ambas regiones que los territorios forestados pierden en menor medida población rural, pero que las diferencias en la reducción de la población entre las áreas con influencia forestal y sin influencia forestal en el litoral son menores (-1,8) que las que se encuentran en el norte (-5,4).

En primer lugar, entonces, se verifica que las tendencias del conjunto de la región, se mantienen en las sub-regiones en tanto las áreas con forestación presen-

<sup>13</sup>Estas relaciones están mediadas por la poca población que presenta cada una de las subdivisiones de los segmentos rurales.

<sup>14</sup>Los departamentos de Paysandú y Río Negro conforman una matriz productiva más intensiva en el uso del suelo mientras que en Rivera y Tacuarembó el uso es más extensivo, lo que permite estudiar efectos diferenciales según la matriz socio-productiva sobre la que se instala la forestación.

tan siempre una menor pérdida de población que las áreas sin forestación. Analizando estas diferencias entre las sub-regiones, es posible sostener que la forestación en los departamentos del norte produciría un mayor enlentecimiento de la despoblación rural, en tanto la diferencia entre las áreas con y sin forestación es mayor que en el conjunto de la región y que en la subregión litoral.

*La estructura agraria y el aprovechamiento de la tierra en las áreas bajo estudio como variable de control*

En este apartado se busca describir la estructura agraria y la evolución en el aprovechamiento de la tierra como forma de introducir variables de control que permitan observar si se han producido cambios en las áreas bajo estudio que hayan acompañado el proceso de forestación y que puedan estar incidiendo en los resultados presentados anteriormente<sup>15</sup>.

Como se observa en el cuadro 7, la concentración agraria en el año 2000, es similar en las áreas sin forestación y en aquellas con influencia forestal. En las primeras, el 54% de los establecimientos agropecuarios tienen menos de 100 hectáreas controlando el 3% de la superficie explotada; en el área con influencia forestal casi el 52% son establecimientos familiares y poseen también, como en el área anterior, casi el 3% de la tierra.

El peso de los establecimientos de más de 1000 hectáreas es similar (11,68% y 12,43%) en las áreas sin o con influencia forestal y concentran el 68 y 72% de la superficie explotada respectivamente.

Respecto al aprovechamiento de la tierra, se observa que el cambio más significativo procesado en el período intercensal 1980-2000<sup>16</sup>, es el pasaje de suelos dedicados a la ganadería (pastos permanentes) a suelos con bosques artificiales. (Cuadro 8).

**Cuadro 7.** Concentración de la tierra por tamaño de establecimiento según territorios con influencia forestal. (%) Río Negro - Paysandú - Tabuarembó – Rivera.

	Segmentos Sin forestación		Segmentos Con forestación	
	% establec.	% superficie	% establec.	% superficie
<b>menos de 100 ha</b>	54,5	3,22	51,85	2,77
<b>100 a 999 ha</b>	33,82	28,71	35,72	25,43
<b>1000 y más ha</b>	11,68	68,08	12,43	71,79

Fuente: elaboración en base Censo Agropecuario 2000

**Cuadro 8.** Aprovechamiento de la tierra: superficie explotada por uso del suelo, según regiones (%) Río Negro – Paysandú – Tacuarembó – Rivera

	Norte		Litoral	
	1980	2000	1980	2000
<b>Pastos permanentes</b>	90,07	83,82	80,28	76,01
<b>Tierra de labranza</b>	2,56	2,72	13,22	11,81
<b>Cultivos permanentes</b>	0,05	0,01	0,28	0,43
<b>Bosques*</b>	4,98	12,41	4,77	10,9
<b>Tierra Improductiva</b>	2,33	1,04	1,45	0,84

Fuente: elaboración en base Censos Agropecuarios 1980 y 2000.

\*De acuerdo a las especificaciones de DIEA- MGAP, en esta categoría se incluyen los bosques naturales y artificiales.

<sup>15</sup>Las fuentes de información disponibles no permiten analizar los mismos períodos para el Censo Agropecuario, (en el que se puede estudiar la evolución 1980-2000 para el uso del suelo), y para el Censo de Población, (donde la serie es 1985-2004). Si bien esto es una limitante en el trabajo no invalida el esfuerzo para comprender los fenómenos analizados ya que los mismos remiten a procesos estructurales que no se modifican sustancialmente en plazos tan cortos como el del desfasaje de las series.

<sup>16</sup>La información del CGA de 1980 no permite una desagregación por segmento censal, por tanto se realiza la comparación 1980-2000 en el uso del suelo a nivel departamental.

Por tanto, es posible sostener que la forestación en estas regiones y en estos años, básicamente, se desarrolla ganando terreno a la ganadería<sup>17</sup>.

Los datos presentados hasta aquí muestran que en los territorios estudiados no se ha procesado en las últimas dos décadas otro cambio significativo en el uso del suelo que acompañe la extensión de la actividad forestal.

Asimismo, el análisis de la estructura agraria -como otro elemento que puede incidir en el modelo explicativo- arroja una concentración similar en los territorios con y sin influencia forestal, por tanto no incorpora un nuevo factor explicativo al modelo y no invalida y podría explicar el comportamiento similar de reducción poblacional de ambas áreas.

*Estructura por sexo y edad en el área rural bajo estudio como variable de control*

En este apartado se busca observar si los efectos poblacionales de la forestación expuestos anteriormente, presentan alguna discriminación según sexo y edad. En tal sentido se analiza la evolución del Índice de Masculinidad y Estructura de sexo por edad de los territorios bajo estudio.

Como se muestra en el Cuadro 9, el Índice de Masculinidad en 1985 en las zonas sin forestación era de 148, en tanto que en las zonas con forestación era de 157. En el año 2004 se produce una reducción relativa similar en ambas áreas, variando en -14 en las primeras y -16 en las segundas.

**Cuadro 9.** Índice de Masculinidad - Población Rural dispersa Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

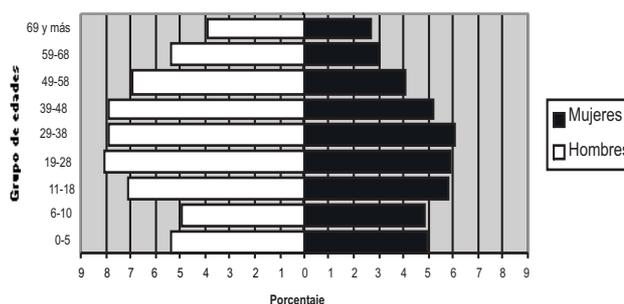
Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	148	134	-14
Con forestación	157	141	-16

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

Se constata entonces, que ambas áreas siguen mostrando el mismo desequilibrio entre hombres y mujeres que al inicio del período. Por tanto la forestación no estaría necesariamente influyendo en la estructura por sexo del territorio.

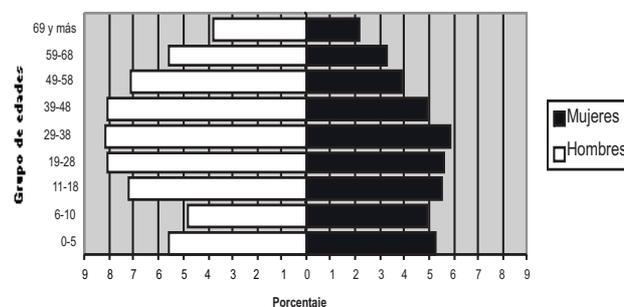
Respecto a la estructura de sexo por edad se observa en las figuras 4 y 5 que tampoco existen diferencias significativas entre las regiones sin y con influencia forestal<sup>18</sup>.

En síntesis, la forestación en el medio rural, no estaría introduciendo ningún sesgo de edad y sexo, en tanto la estructura se mantiene casi constante en las zonas sin y con influencia forestal.



**Figura 4.** Población rural dispersa. Año 2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera. Segmentos sin forestación.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.



**Figura 5.** Pequeñas localidades. Año 2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera. Segmentos con forestación.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

<sup>17</sup>Con los datos del Censo General Agropecuario del año 2000, es posible realizar una lectura de momento a nivel de segmento censal del INE. Se confirma que en los departamentos seleccionados, la principal diferencia en el aprovechamiento de la tierra entre las áreas sin y con influencia forestal está en que éstos últimos reducen los suelos con pastos permanentes y a la vez aumentan la superficie explotada con bosques. En el año 2000, en el área definida sin influencia forestal, el 86,62% de la superficie presenta pastos permanentes y el 5,4% bosques naturales y artificiales mientras que en el área con influencia forestal la superficie dedicada a la ganadería desciende a 69,46% y la de bosques naturales y artificiales asciende a 21,57%.

<sup>18</sup>Esto es una medida sólo para el 2004.

### El efecto de la forestación en las localidades rurales

Este apartado intenta explorar los efectos de la forestación en la red de localidades rurales del territorio de estudio. En segundo término, como se realizó para la población rural dispersa, se busca analizar las diferencias regionales

La información se presenta en primer término para el conjunto de las localidades menores de 1000 habitantes, las que se consideran claramente rurales, posteriormente se analiza la evolución de las localidades rurales medianas, menores de 2000 habitantes y finalmente la variación en las localidades menores de 5000 habitantes, siempre diferenciando entre las localidades en áreas bajo influencia forestal de aquellas que no lo están.

El crecimiento de la población de las localidades rurales de menos de 1000 habitantes es marcadamente diferente según estén en áreas con influencia directa de la forestación o sin influencia de ella.

Como se observa en el cuadro 10, los poblados en áreas con forestación crecen 43 %, en tanto que los de las áreas sin forestación lo hacen un 24 %. Se registra entonces, en los primeros un crecimiento de 20 puntos porcentuales más que en los segundos.

**Cuadro 10.** Localidades rurales pequeñas\*. Variación (%) 1985-2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	2965	3672	23,84
Con forestación	5485	7845	43,03
Total	8450	11517	36,3

\*Refiere a localidades menores a 1000 habitantes.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

Estos datos estarían verificando la hipótesis que sostiene que la forestación dinamiza la red de localidades rurales, en tanto les otorgaría un nuevo papel articulándolas con el proceso de producción y la demanda de mano de obra y de servicios.

Al ampliar el análisis a localidades menores de 2000 habitantes, se observa que, en las que están insertas en áreas bajo influencia de la forestación se registra un aumento de 45,5% mientras que en las que están alejadas de las plantaciones el crecimiento es de 20,9%. La diferencia en el crecimiento poblacional entre ambos grupos de localidades rurales es de casi 25 puntos por-

centuales, por lo que se mantiene el efecto de crecimiento superior en las localidades que están bajo influencia directa de la actividad forestal.

**Cuadro 11.** Localidades rurales medianas\*. Variación (%) 1985-2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	4426	5352	20,92
Con forestación	10422	15168	45,54
Total	14848	20520	38,2

\*Refiere a localidades menores a 2000 habitantes.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

Esto reforzaría la verificación de la hipótesis anterior y estaría indicando con claridad que el efecto de la forestación en el territorio estaría haciendo crecer también a las localidades rurales medianas (menores a 2000 habitantes). Lo que sugiere que efectivamente estaríamos frente a una revitalización de poblados y pequeñas localidades en los territorios donde se asienta la forestación.

Para cerrar con el análisis de las localidades, se considera ahora el conjunto de localidades menores a 5000 habitantes; como se indica en el cuadro 12, éstas registran un crecimiento de 39 y 37 % según se encuentren en zonas con forestación o sin forestación respectivamente. Esta diferencia de 2% en un marco de crecimiento importante (39 %) parece ser muy bajo, lo que no permitiría afirmar que existe un efecto relevante de la forestación en este grupo de localidades rurales mayores.

Teniendo en cuenta, entonces, la magnitud del efecto en las localidades menores a 1000 y 2000 habitantes y la baja relevancia en las menores de 5000, se podría concluir que el efecto de la forestación es importante en el conjunto de los centros poblados menores a 2000

**Cuadro 12.** Localidades rurales mayores\*. Variación (%) 1985-2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	9381	12870	37,19
Con forestación	24130	33588	39,19
Total	33511	46458	38,63

\*Refiere a localidades menores a 5000 habitantes.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

habitantes. Mientras que, en las localidades rurales mayores los efectos de la forestación se diluirían, ya que en la dinámica de estas localidades estarían interviniendo varios sectores económicos además de la forestación.

#### *Diferencias regionales*

De la misma forma que se observó el efecto diferencial de la forestación en la población rural dispersa según las sub-regiones, se procedió a dividir las localidades según su ubicación en el litoral o en el norte del país, de manera de poder observar si la matriz socio-productiva sub-regional determina efectos diferenciados de la forestación sobre las mismas<sup>19</sup>.

**Cuadro 13.** Localidades rurales medianas\*. Variación (%) 1985-2004.

Segmentos Censales	Litoral	Norte	Región
Sin forestación	13,23	30,07	20,92
Con forestación	37,31	68,78	45,54
Total	31,57	52,3	38,2

\*Refiere a localidades menores a 2000 habitantes.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

Como se visualiza en el cuadro 13 existe un comportamiento diferencial entre las sub-regiones y el conjunto de las localidades. En el litoral la diferencia entre el crecimiento de las localidades de los territorios con forestación y sin forestación es de 24 puntos porcentuales, mientras que en el norte esta diferencia es de 38 puntos.

El litoral, que, en forma global, se comporta de forma similar al conjunto de la región, presenta al interior una situación algo distinta, ya que en los territorios sin forestación el crecimiento es bajo (13 %) y en las áreas forestadas el aumento es importante, cercano al 40 %.

En cambio, en el norte, el crecimiento global de las localidades es mayor (52,3 %), de forma que las de los territorios sin forestación crecen un 30 % y las que están bajo influencia de directa de la actividad, casi 69 %; duplicando, en este contexto de mayor crecimiento, al registrado en los poblados próximos a la forestación del litoral.

Se verificaría, así, que en los contextos de bajo y alto crecimiento poblacional de las localidades menores a 2000 habitantes, la forestación mantiene su efecto, destacándose, además, que la repercusión es aún superior en donde la población presenta mayor crecimiento global.

Lo anterior estaría confirmando que las distintas matrices socio-productivas de las sub-regiones pueden estar intermediando el efecto de la forestación.

#### *Estructura por sexo y edad en las localidades rurales como variable de control*

En este apartado se busca observar si los efectos poblacionales de la forestación en las localidades rurales, presentan alguna discriminación según sexo y edad. En tal sentido se analiza la evolución del Índice de Masculinidad y Estructura de sexo por edad de los territorios bajo estudio.

Se visualiza en el cuadro 14 que en las localidades bajo influencia forestal en el año 1985, hay 99 hombres por cada 100 mujeres, en tanto que en los poblados sin influencia de la actividad, 101 por cada 100 mujeres. En el año 2004, se registra un aumento de 10 en el primer conjunto de localidades y de 5 en el segundo.

**Cuadro 14.** Índice de Masculinidad. Localidades rurales medianas\*. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera.

Segmentos Censales	1985	2004	Variación 85-04
Sin forestación	101	106	5
Con forestación	99	109	10
	Diferencia de diferen		5

\*Refiere a localidades menores a 2000 habitantes.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censos de Población 1985 y Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

El incremento de los hombres de las localidades próximas a regiones forestadas es el doble que los de las localidades insertas en zonas sin influencia forestal.

Las modificaciones presentadas en el Índice de Masculinidad no son extremadamente significativas. Sin embargo podríamos descubrir una leve tendencia en las localidades rurales medianas en zonas con influencia forestal a atraer más cantidad de hombres que las localidades que no están próximas a las plantaciones fores-

<sup>19</sup>Sólo son consideradas en esta comparación, las localidades menores a 2000 habitantes, dado que son las que evidencian el mayor efecto de la forestación en su dinámica poblacional.

tales. Esta diferencia proyectada a lo largo del tiempo puede producir un desbalance marcado en la estructura de sexo de las localidades bajo influencia forestal.

Respecto a la estructura de sexo por edad de las localidades rurales medianas, se realiza una lectura de momento del año 2004. En las localidades menores de 2000 habitantes se presenta una leve tendencia al cambio en algunos grupos de edad. Se observan algo más de niños de hasta 5 años de edad (más de 1 % considerando niños y niñas) en las localidades emplazadas en las zonas con influencia forestal y algo más de adultos mayores de 59 años (casi 2 % considerando conjuntamente hombres y mujeres) en las localidades de las regiones sin influencia forestal. En ningún otro grupo de edades se alcanzan diferencias entre las áreas.

En síntesis, se observa en las localidades rurales medianas cercanas a las plantaciones, por un lado, una leve propensión a atraer más hombres que los poblados de las áreas donde la forestación no es una actividad importante; y por otro, se encuentra que son muy incipientes las diferenciaciones en los grupos de edades hallados como para aventurar un efecto o impacto

diferencial de la forestación en la estructura de edad y sexo.

### Conclusiones

En primer término, se constata que la forestación no produce efectos de expulsión de población en el medio rural en el período 1985-2004 en la región bajo estudio. La población rural dispersa de las áreas con influencia forestal presenta una caída menor que la población de las zonas sin forestación, o lo que es lo mismo, la población rural de las regiones no forestadas se reduce en mayor medida que la de las zonas con forestación. Por tanto, la forestación no estaría acelerando el proceso de despoblamiento rural. Se verificó además, que la mayor capacidad de retención de la población rural dispersa se produce en las áreas con un nivel medio de forestación.

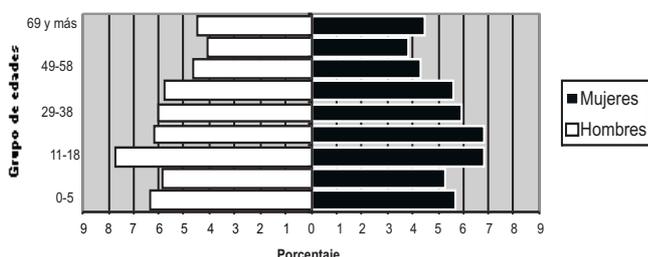
En cuanto a los efectos de la forestación en las localidades rurales se ha encontrado que existe un crecimiento importante en las localidades rurales pequeñas y medianas. Para el caso de las localidades rurales mayores no se encontró ningún efecto de la forestación en su crecimiento.

Las tendencias señaladas se mantienen en las sub-regiones. El análisis de las diferencias sub-regionales permite hipotetizar que los efectos de la forestación en la posible retención de la población rural dispersa y el posible crecimiento de las localidades es más acentuado en el norte que en el litoral.

En síntesis, en el presente trabajo, se ha podido identificar el efecto global que la expansión de las plantaciones forestales ha tenido en los flujos y movimientos de la población rural de los territorios con influencia forestal de Uruguay. Los datos analizados inducirían a pensar que las pautas de asentamiento de la forestación son diferentes a las de la ganadería tradicional, en tanto se identifica una mayor dinamización de la red de pequeñas y medianas localidades rurales y un enlentecimiento de la pérdida de población rural en esos territorios.

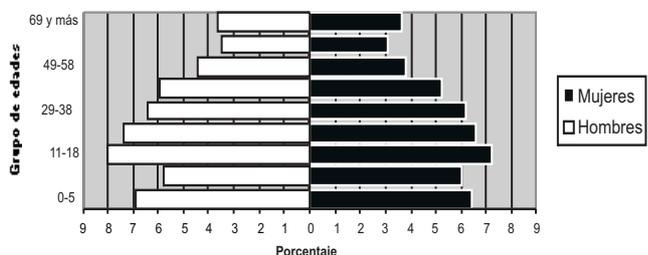
A estos hallazgos es necesario contextualizarlos teniendo en cuenta la baja densidad poblacional de toda la región estudiada, por lo que podrían variar significativamente los resultados si la situación inicial fuese de mayor densidad poblacional.

No obstante, este artículo es una primera aproximación en el análisis de la dinámica poblacional en los territorios afectados por la actividad forestal, en tal sentido, se considera necesario continuar y mejorar la calidad de los datos con la finalidad de avanzar en la deter-



**Figura 6.** Pequeñas localidades. Año 2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera. Segmentos sin forestación.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.



**Figura 7.** Pequeñas localidades. Año 2004. Río Negro-Paysandú-Tacuarembó-Rivera. Segmentos con forestación.

Fuente: Elaboración en base a procesamientos de Censo Fase I 2004 y Censo Agropecuario 2000.

minación de otros efectos que la forestación pueda generar en los territorios donde se asienta.

Asimismo, las constataciones empíricas presentadas solo aluden al volumen de población afectada y en ningún sentido pueden traducirse como mejoras en calidad de vida de las zonas donde se registra el aumento de población. Este punto, como el estudio de la calidad de empleo que genera la actividad forestal, son temas para ser abordados en futuros trabajos.

### Bibliografía

- Carámbula, M. y Piñeiro, D.** 2006, «La Forestación en Uruguay: Cambio demográfico y empleo en tres localidades, Revista Agrociencia, Vol X, N° 2: 63-73, Uruguay.
- Instituto Nacional de Estadística.** Censos de Población y vivienda de 1985 y 1996. Censo de Población, Fase I, 2004.
- MGAP-DIEA.** La actividad forestal a través del Censo Agropecuario, Montevideo, Junio de 2003.
- MGAP- Dirección General Forestal.** Boletines estadístico 2005.
- MGAP – Censo General Agropecuario – 2000.**
- Perez Arrarte, C.** 2006. «Territorios rurales avasallados. La globalización en la producción de pulpa de celulosa proveniente de plantaciones forestales en Uruguay» Ponencia presentada al Seminario Internacional 'Territorios rurales en movimiento' Santiago de Chile.
- Riella, A.** 2006. *El efecto de la forestación en la calidad del empleo rural*, Proyecto de Investigación y Desarrollo, CSIC, Universidad de la República.
- Riella, A y Mascheroni, P.** 2006, «La pluriactividad en el medio rural uruguayo», en AAVV, Globalización, Desarrollo y Territorios Menos Favorecidos, Alberto Riella (Compilador), Facultad de Ciencias Sociales, Montevideo.
- San Román, S.** 2004, *Puestos de trabajo en la Fase Agraria Foresta.*
- Schiavo, C. y Cordova, P.** 2001, «Transformaciones territoriales y sociedad rural: visibilidad de cambio del empleo rural; el caso de la forestación», en AAVV, *Transformaciones agrarias y Empleo rural*, Alberto Riella y Mauricio Tubío, (Comp.), Facultad de Ciencias Sociales, Montevideo.
- Unda, A. y Stuardo, A.** 1996, *Chile: Expansión Forestal en la Novena Región y Desarrollo Sustentable.* OIT, Chile.
- Unda, A.; Poschen, P. y Stuardo, A.** 1997 «Efecto socio-ambientales de la expansión forestal en la Novena Región», Ambiente y Desarrollo, Marzo, VOL XIII, N° 1, pp. 40-46.

---

**DEPÓSITO LEGAL: 314.483/09**

Edición Amparada al Decreto 218/996

Impreso en Talleres Gráficos de  
 Editorial Hemisferio Sur  
 Buenos Aires 335. Tel.: 916 4515 - 916 4520 (Fax)  
 Correos electrónicos: [editorial@hemisferiosur.com](mailto:editorial@hemisferiosur.com)  
[libreriaperi@hemisferiosur.com](mailto:libreriaperi@hemisferiosur.com)  
 WWW. [hemisferiosur.com](http://hemisferiosur.com)