



E.E.M.A.C.

FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
ISSN 0797-8480

CANGÜE

Año 2008

Número 30

**REVISTA de la ESTACION EXPERIMENTAL
"Dr. Mario A. Cassinoni"
Facultad de Agronomía - Paysandú
Universidad de la República**

Precio del ejemplar: \$ 1.000.



**Tecnologías agropecuarias
para el País Productivo**

La publicación de este número monográfico fue realizada con el apoyo de la
Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República

Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay: Resumen de resultados

NOTA TÉCNICA

Oswaldo Ernst*, Guillermo Siri-Prieto*

INTRODUCCIÓN

Cuando se elabora un programa de investigación es importante identificar y definir claramente el problema que se intenta solucionar y elaborar hipótesis claras a partir del estudio de antecedentes, sobre las causas del problema, el funcionamiento del sistema en el cual se diagnosticó el mismo y las disciplinas que será necesario involucrar para resolverlo. A partir de esto, se definirán los objetivos, la estrategia del programa y los proyectos que lo forman.

Para el caso de "Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay", el problema principal está centrado en el desarrollo de la actividad agrícola de manera sostenible, definiendo para ello el mantenimiento del potencial productivo del suelo como punto prioritario.

La agricultura en el país se desarrolló a partir de la instalación de colonos en la zona sur, cercana a la capital, y fue colonizando tierras hacia el litoral oeste, como consecuencia de la necesidad de crecer para autoabastecer de granos la demanda interna, pero también como consecuencia de incorporar nuevas áreas, más fértiles. En ese proceso se utilizaron como herramientas de labranza el arado de rejas y de discos. En los relativamente escasos 100 años de historia agrícola quedó como residuo de este manejo, la pérdida de fertilidad natural y la erosión del suelo. Ésta avanzó en el mismo sentido que la agricultura, quedando zonas inicialmente importantes desde el punto de vista agrícola, comprometidas en su potencial productivo para casi cualquier rubro.

El laboreo aportó al desarrollo de la agricultura a través de su efecto sobre la dinámica de los nutrientes y el control de malezas, pero a él también se le atribuye la responsabilidad del deterioro de las propiedades físico-químicas y la erosión de los suelos.

El conocimiento de que las pasturas de gramíneas y leguminosas son capaces de recuperar la calidad física y química del suelo, llevó a iniciar estudios sobre el efecto de incorporar rotaciones de cultivos anuales con pasturas plurianuales destinadas a la producción animal sobre la calidad del suelo y la producción de grano.

En 1962 se instaló en la Estación Experimental La Estanzuela, perteneciente en la actualidad al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), un experimento de comparación de distintas rotaciones que, con algunas modificaciones, continúa funcionando. La mejora de los

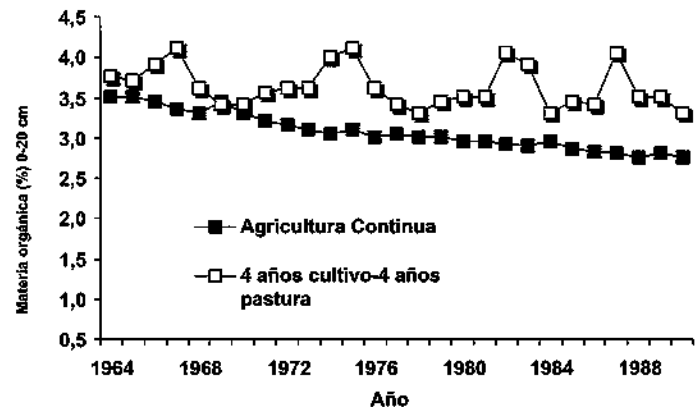


Figura 1. Contenido de materia orgánica del suelo desde 1964 hasta 1990, en sistemas agrícolas continuos o en sistemas agrícolas en rotación con pasturas, ambos con laboreo convencional (Tomado de Díaz Roselló, 1992).

resultados físicos y económicos, sostenidos en la mejora de la calidad del suelo y el control de la erosión, son la principal explicación de la adopción generalizada de las rotaciones de cultivos-pastura en Uruguay, la que adquirió importancia a partir de la segunda mitad de la década de los 70 y se considera uno de los principales cambios tecnológicos de la agricultura uruguaya. Dentro de la rotación se identifican dos periodos (Figura 1).

Durante la fase agrícola, basada en el laboreo del suelo, se produce una reducción en la fertilidad y pérdida de estructura del mismo, la que se recupera durante la fase de pastura (Díaz Roselló, 1992; García Préchac, 1992). Este ciclo de pérdidas y ganancias muestra una tendencia negativa en el tiempo como consecuencia de que la magnitud de las pérdidas supera al efecto positivo que ocurre durante la fase pastura.

La erosión hídrica y la oxidación de la materia orgánica fueron identificadas como determinantes de la tendencia en el largo plazo, las que se vieron favorecidas por los extensos periodos de barbechos asociados a secuencias de un cultivo por año y excesivo laboreo.

La rotación dominante en el Litoral Oeste a mediados de la década de los años 80, era 3 años de pastura seguido por 3 cultivos de trigo (Ernst *et al.*, 1992). La propia secuencia de cultivos determina 5 a 6 meses de período de barbecho. Como resultado de esto, en promedio se realizaban de 5 a 8 operaciones de laboreo previas a la siembra de cada cultivo. Como criterios para labrear, se priorizaba fecha de inicio del laboreo (época de arado) como variable para aumentar el aporte de nutrientes desde el suelo y "mantener el suelo descompactado". Para ambos casos, no importaban el tipo de laboreo ni el implemento a utilizar.

* Ings. Agrs. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

El programa de investigación atendió en primer lugar, a la generación de propuestas para mitigar problemas y posteriormente generar nuevas propuestas tecnológicas, capaces de sostener la producción de grano y la conservación del potencial productivo del suelo.

Los resultados se analizan considerando el efecto sobre el rendimiento de cada cultivo y de la rotación y se discute el aporte de la información generada y la tecnología propuesta a la conservación del potencial de producción del suelo para sistemas agrícolas puros y agrícolas en rotación con pasturas.

FASE I. 1985-1989. ¿ES POSIBLE REDUCIR EL NÚMERO DE OPERACIONES DE LABOREO PARA CADA CULTIVO?

El proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar las diferencias que provocan las distintas herramientas de labranza sobre la dinámica de nutrientes, el enmalezamiento y la compactación del suelo en una secuencia trigo-barbecho-trigo como forma de aportar criterios para definir la necesidad de laboreo. De esta manera se buscó racionalizar la labranza del suelo y reducir el número de operaciones necesarias. Como resultado se definió una propuesta de manejo sobre cuándo y con qué labrear el suelo para sembrar trigo.

El período óptimo de barbecho determinado para la siembra de trigo sobre distintos antecesores se presenta en el Cuadro 1.

Se estableció la posibilidad de reducir el periodo de preparación utilizado, que se ubicaba entre 5 y 6 meses a un máximo de dos meses cuando el antecesor deja un rastrojo de fácil descomposición, y de 3 meses en antecesores de difícil manejo como sorgo granífero. Periodos de barbechos más largos sólo favorecen la pérdida de suelo por erosión y de nutrientes sin modificar el rendimiento en grano.

En el Cuadro 2 se resume la respuesta en rendimiento de trigo al laboreo de suelo. Como forma de aislar el efecto del tipo de laboreo sobre el enmalezamiento y la condición física del suelo, se evaluó la respuesta del cultivo al laboreo con y sin malezas creciendo durante el barbecho, lo que se logró con la aplicación de un herbicida total (glifosato) sobre el suelo laboreado en cada oportunidad que las malezas lo justificaron (barbecho químico). De esta manera se cuantificó el posible efecto positivo que el laboreo tiene como consecuencia de que controla las malezas. Por otro lado, y como forma de cuantificar la necesidad de labrear para descompactar el suelo, se implementó un tratamiento en el que se laboreó cada 15 días, manteniendo el suelo siempre descompactado.

En promedio no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El laboreo primario con arado tendió a un mejor comportamiento que el laboreo vertical con cinceles. La diferencia fue mayor en los tratamientos enmalezado y descompactado. A su vez, el barbecho químico no se diferenció del descompactado. Esto implica que luego de realizado el laboreo primario, la respuesta del cultivo fue al control de las malezas y no al laboreo. No se detectó interacción significativa con los sitios evaluados.

Cuadro 1. Tiempo de barbecho óptimo para la siembra de trigo con laboreo sobre distintos antecesores (Adaptado de Ernst, 1990).

Antecesor	Rango de días entre labor primaria y siembra
Pradera vieja (trigo cabeza de rotación)	50-70
Trigo	45-60
Girasol	45-60
Sorgo en suelo de baja fertilidad	60-85
Sorgo en suelo de alta fertilidad	85-120

Cuadro 2. Efecto del laboreo primario (arado de rejas o de cinceles) y el manejo del barbecho (enmalezado, control químico y descompactado) sobre el rendimiento de trigo (kg/ha). Promedio de 11 experimentos (Ernst, 1990).

Laboreo primario	Manejo de barbecho		
	Enmalezado	Químico	Descompactado
Arado rejas	2219	2424	2308
Arado cinceles	1683	2154	1967

Referencias: Descompactado: operación de laboreo cada vez que el suelo se enmalezó o compactó.

La propuesta de manejo de suelo surgida de esta etapa se resume en:

- Laboreo primario 60 a 90 días pre-siembra según cultivo antecesor.
- La necesidad de labrear previo a la siembra se justifica sólo si hay malezas creciendo.
- Es posible sustituir el control mecánico de malezas entre el laboreo primario y la siembra por la aplicación de herbicidas (barbecho químico).
- Si no hay malezas creciendo no se justifica labrear.

Esta propuesta permitió reducir el número de operaciones de laboreo de las 5 a 8 iniciales a sólo 2 o 3, las necesarias para preparar la sementera.

FASE II. 1990-1992 ¿ES NECESARIO LABOREAR?

Entre 1990 y 1992 se realizaron una serie de experimentos comparando labranza convencional con siembra sin laboreo. En la Figura 2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cultivos de invierno para dos situaciones.

Cuando los experimentos se realizaron a la salida de la fase pastura (cabeza de rotación), el rendimiento fue un 23% menor que sobre laboreo. La diferencia fue de sólo un 10% cuando se instalaron sobre rastrojos de trigo que recibieron laboreo el año anterior. Este efecto residual de laboreo para un cultivo sobre el siguiente, planteó la necesidad de estudiar el efecto del laboreo para la secuencia de cultivos dentro de la rotación cultivos-pastura dominante.

FASE III. 1993 A LA FECHA. LABOREO DE SUELO PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

La información disponible sobre el impacto del manejo del suelo sobre la secuencia de cultivos en la rotación era escasa. La propia estrategia de la investigación no contempló la cuantificación de efectos residuales, ya que los experimentos se realizaron evaluando el efecto sobre un cultivo y cada año se instalaron en distintos sitios.

A partir de 1993, el programa tuvo como objetivo determinar el nivel mínimo de laboreo del suelo en secuencias agrícolas-forrajeras, compatible con una producción de granos basada en eficiencia de uso de recursos naturales.

La estrategia fue instalar experimentos de largo plazo con el objetivo de:

- Cuantificar la evolución de los rendimientos de los cultivos en secuencias de laboreo contrastantes y la producción total de grano de la secuencia de cultivos establecida.

- Cuantificar el efecto año como determinante de la respuesta de los cultivos al manejo de suelos.

- Determinar la tendencia evolutiva de los parámetros físico-químicos del suelo y su relación con el comportamiento de los cultivos.

- Determinar efectos del manejo del suelo sobre la dinámica del enmalezamiento, enfermedades y plagas de los cultivos.

Un aspecto importante fue definir qué rotación y cuál secuencia de cultivos considerar. Entre 1993 y 1995 se definió trabajar en una rotación a 5 años pero sin pre-establecer una secuencia de cultivos. Sin embargo, sí se definió que la fase agrícola estaría compuesta por un sistema de doble cultivo anual, lo que permitiría reducir el tiempo de exposición del suelo a la erosión y el excesivo laboreo.

En 1990, el doble cultivo anual trigo/girasol con laboreo ya era la secuencia dominante. Esta intensificación de la fase agrícola, redujo el tiempo de barbecho y con ello, el tiempo de suelo descubierto. La mayor cobertura de suelo y la reducción del número de laboreos, representaron un paso positivo en el control de la erosión pero se sumó la quema de rastrojos de los cultivos de invierno (trigo) previo a la siembra del cultivo de verano (girasol). En este esquema, la inclusión de la siembra sin laboreo con retención de rastrojos sobre la superficie, representa una solución posible a ambos problemas.

En el Cuadro 3 se presentan los principales tratamientos considerados para dos sistemas: agricultura en rotación con pasturas y agricultura continua.

En la Figura 3 se muestra la evolución del rendimiento en

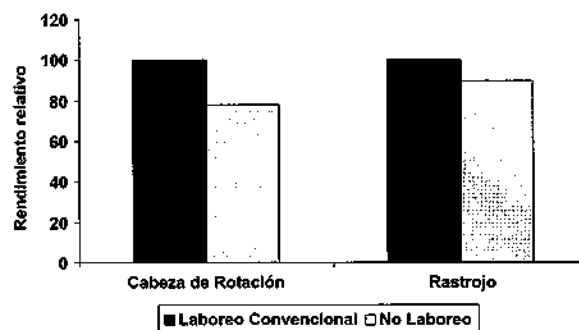


Figura 2. Rendimiento relativo de cultivos de invierno sembrados con laboreo convencional y sin laboreo sobre pradera vieja (cabeza de rotación) o rastrojos de cultivos que recibieron previamente laboreo (Ernst, 2000).

Cuadro 3. Número de eventos de labranza en los tratamientos evaluados para agricultura continua (SIN pastura) y rotación cultivos-pastura (CON pastura).

Preparación del suelo	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación CON pastura	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación SIN pastura
LCC	6	12
LC-SD	3	6
LC-SD-SD	1	No corresponde
SD-SD	0	0

Referencias: LCC= Laboreo convencional continuo previo a cada cultivo; LC-SD= Laboreo convencional sólo en cultivos de invierno; LC-SD-SD= Laboreo convencional sólo en el cultivo cabeza de rotación; SD-SD= Siembra directa continua.

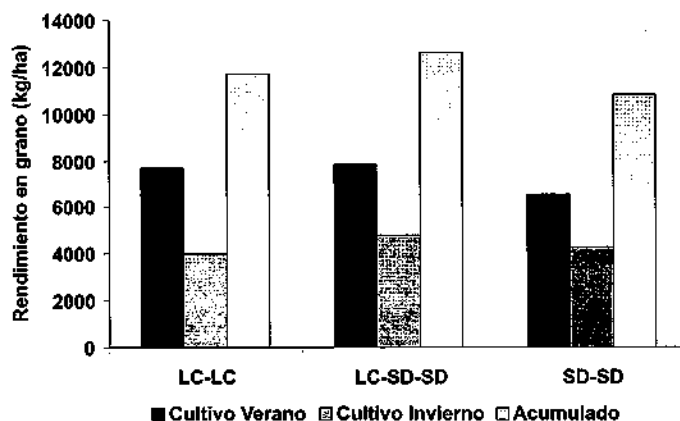


Figura 3. Producción de grano acumulada entre 1993 y 1995 para tres sistemas de labranza (Ernst, 2000)

grano de la primera fase agrícola de la rotación.

La producción total de grano, explicada por el comportamiento de los cultivos de invierno, fue significativamente menor sólo cuando todos los cultivos se sembraron sin laboreo (SD-SD). Con sólo laborear para el cultivo cabeza de rotación y sembrar los

demás sin laboreo (LC-SD-SD) se logró el mismo rendimiento que en el tratamiento con laboreo para todos los cultivos (LC-LC). La comprobación de estos resultados permitió promover un esquema de laboreo en el que era necesario laborear una vez cada 5 años.

El menor rendimiento del primer cultivo se atribuyó inicialmente a la compactación del suelo provocada por el pastoreo directo con ganado vacuno durante la fase de pastura de la rotación. Sin embargo, entre 1995 y 1997 se ejecutó un proyecto cuyo objetivo fue determinar las causas del menor rendimiento de los cultivos cabeza de rotación sembrados sin laboreo y, en base a ello, proponer soluciones tecnológicas.

En este período se generó un paquete de tecnología que incluye la fecha de primera aplicación del herbicida total para controlar el tapiz, generar un "tiempo de barbecho químico" durante el cual ocurre la descomposición de los restos vegetales aéreos y raíces, acumulación de nutrientes (nitrógeno) y agua y se logra la descompactación superficial del suelo (Figura 4).

Cuando el período aplicación de herbicida-siembra es corto, las plantas deben crecer en un ambiente desfavorable, deficiente en nitrógeno, y en una sembrera no preparada. En estas situaciones se reduce la implantación, hay menor crecimiento y desarrollo inicial del cultivo y deficiencia de nutrientes, lo que explica el menor rendimiento.

En la Figura 5 se presenta la evolución de rendimiento relativo de los cultivos con y sin laboreo para sistemas de agricultura continua y rotación-cultivos pastura entre 1993 y 2004.

En los primeros años, el rendimiento de los cultivos sembrados sin laboreo fue menor al logrado con laboreo. A partir de 1998, no se cuantificaron diferencias entre estos tratamientos con y sin laboreo dentro del sistema pastura-cultivos (ROT SD-LC). En tanto, en sistemas de agricultura continua (AC SD-LC), el manejo sin laboreo superó al con laboreo convencional en todos los años. El cambio de comportamiento entre los primeros 5 años y los siguientes se atribuye a la mejora de la tecnología de manejo para siembra sin laboreo generada durante el período. El comportamiento diferencial de la agricultura con o sin rotación con pastura muestra la clara ventaja de no laborear en sistemas agrícolas y el menor impacto de esta práctica cuando se mantienen sistemas mixtos de producción.

APORTE A LA CONSERVACIÓN DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DEL SUELO

La pérdida de fertilidad y condición física del suelo en sistemas de producción de granos en rotación con pasturas con laboreo convencional fue atribuida al efecto que el exceso de laboreo tiene sobre la oxidación de materia orgánica, y a las pérdidas de suelo por erosión. La hipótesis planteada fue que un sistema de producción más intensivo (doble cultivo anual) y reducción o eliminación del laboreo aportarían una solución al problema en la medida que no significara pérdida de productividad.

En el Cuadro 4 se presenta una estimación del efecto del laboreo, rotación con pastura y manejo de rastrojos sobre las pérdidas de suelo y carbono orgánico por erosión, realizada utilizando un simulador de lluvias.

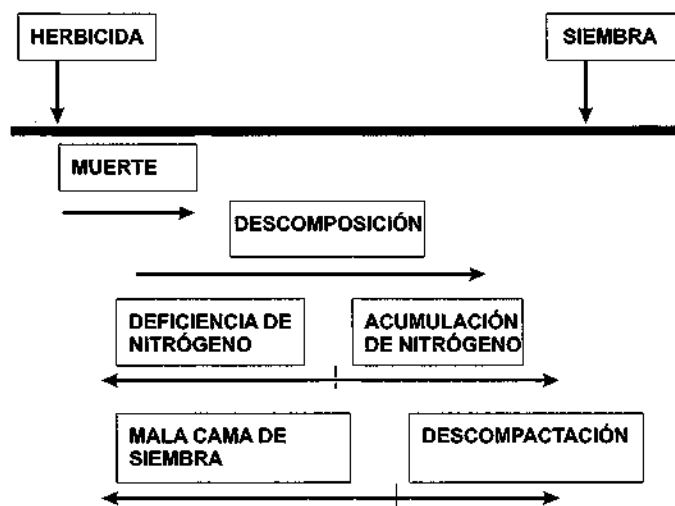


Figura 4. Esquema de los procesos que ocurren en el suelo durante el tiempo de barbecho.

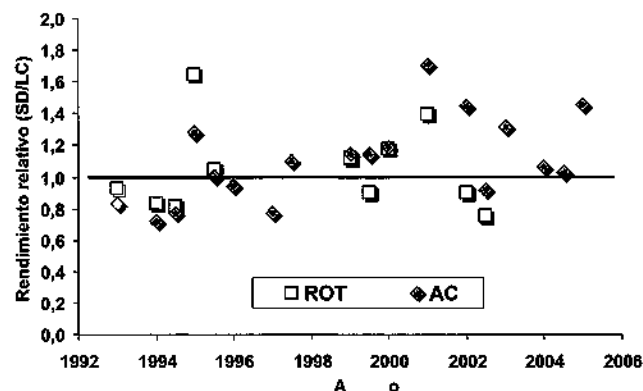


Figura 5. Rendimiento relativo de los cultivos sembrados sin laboreo (SD) o con laboreo convencional (LC) en sistemas de agricultura continua (AC) o en rotación con pasturas (ROT).

Cuadro 4. Pérdida estimada de suelo y carbono orgánico (COS) por erosión para sistemas de agricultura continua (AC), rotación pastura-cultivos (C-P) con laboreo convencional (LC) o siembra directa (SD) con distintos manejos de rastrojo (Ingold, 2006).

Laboreo	Rotación	Rastrojo	Erosión (kg suelo/ha)	COS Erosionado (kg/ha)
LC	AC	incorporado	3400	87,8
	C-P	incorporado	2800	83,6
SD	AC	retirado	2500	121,9
		en superficie	200	9,2
	C-P	retirado	2200	84,5
		en superficie	100	2,5

Con LC, la incorporación de pasturas significó una reducción en la erosión estimada del 18%. La eliminación del laboreo la redujo en un 22% con relación al anterior cuando se retiró el rastrojo de la superficie del suelo y en un 97% cuando se dejó el rastrojo del cultivo anterior sobre el suelo. Este efecto de la cobertura del suelo por rastrojo también se manifestó para sistemas de agricultura continua, lo que confirma que si bien la eliminación del laboreo tiende a reducir las pérdidas de suelo por erosión, el efecto depende de mantener el suelo cubierto por rastrojos o cobertura verde. Las pérdidas de fertilidad asociadas a la erosión siguieron la misma tendencia, confirmando que la pérdida de suelo por erosión tiene implícita la pérdida de fertilidad, por lo que toda práctica de manejo que controle a aquella aportará al mantenimiento del potencial de producción del suelo.

En el Cuadro 5 se presenta el efecto del laboreo y rotación con pasturas sobre la concentración y cantidad de carbono orgánico y nitrógeno.

A nueve años de iniciado el experimento, el suelo tuvo un 10% más de carbono orgánico, 10% más de nitrógeno total y 12% más de carbono total en los sistemas sin laboreo con respecto al laboreo convencional. El efecto de rotar cultivos con pasturas se cuantificó como una tendencia sólo sobre la cantidad de carbono del suelo.

El efecto sobre la condición física del suelo se cuantificó como estabilidad media de los agregados del suelo (Figura 6).

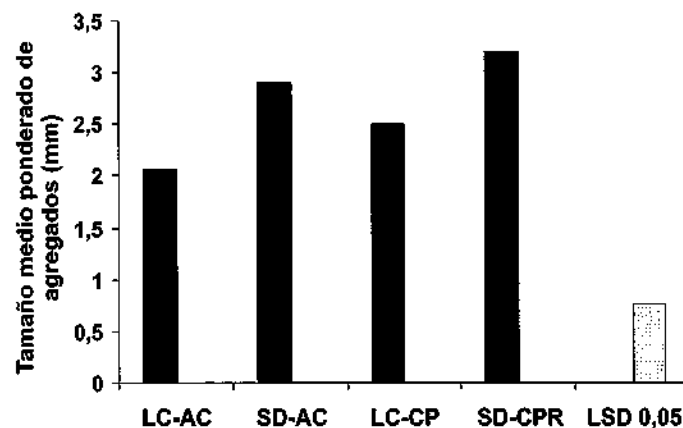
La eliminación del laboreo en el sistema pastura-cultivo determinó que el tamaño medio ponderado de los agregados del suelo fuera un 25% superior al del mismo sistema con laboreo. Al igual que el efecto sobre la fertilidad, sin laboreo se logró mantener la estabilidad de la estructura aún en agricultura continua, a un nivel superior que rotando con pastura pero manteniendo el laboreo.

2003. UN NUEVO PROBLEMA: MANEJO DE BARBECHO EN AGRICULTURA CONTINUA SIN LABOREO

A partir del año 2003 se inició un proceso de "agriculturización" asociado, entre otras causas, a los precios de los granos oleaginosos, por lo que el sistema agrícola ganadero uruguayo se está haciendo más agrícola. El "fenómeno soja" es uno de los grandes responsables de esta modificación. El cambio de una agricultura invernal, asociada al doble cultivo trigo/girasol, a una agricultura estival con la soja como centro del sistema, supone saltar los cultivos de invierno de la secuencia. Los sistemas de producción que se basan en un cultivo de verano por año generan tiempos de barbecho largos y la profundidad de los suelos en el litoral oeste no permite almacenar el agua de lluvia que reciben durante ese período. Cuando se junta esto con su relativamente baja velocidad de infiltración, pendiente e intensidad de la lluvia, no es difícil imaginar el resultado final. En los cultivos de verano sembrados "como cultivos de primera", temprano en la estación de crecimiento y con ciclos cortos, es posible realizar la cosecha en febrero-marzo lo que determina un período de barbecho mayor a 150 días. En estas situaciones el suelo queda sin cobertura efectiva para el manejo del agua en superficie y el control de su pérdida por evaporación desde el suelo.

Cuadro 5. Efecto medio del laboreo o no del suelo y efecto medio de la agricultura con o sin rotación con pasturas sobre la concentración de nitrógeno total del suelo (NT), carbono orgánico (COS) y de carbono orgánico total (COSTot) del suelo en los primeros 18 cm del perfil a los 9 años de iniciado el experimento (Ernst y Siri-Prieto, 2006).

	NT (g/kg)	COS (g/kg)	COSTot (mg/ha)
Laboreo Convencional	1,56	19,7	42,51
Siembra Directa (con y sin pasura)	1,76	21,9	48,6
P ≤	0,1	0,03	0,02
Agricultura Continua (con y sin laboreo)	1,66	20,3	42,28
Agricultura-Pastura (con y sin laboreo)	1,67	21,2	46,79
P ≤	0,64	0,29	0,09



Referencias: Siembra Directa (SD); Laboreo Convencional (LC), Agricultura Continua (AC), Cultivo-Pasturas (C-P), Mínima Diferencia Significativa (LSD)

Figura 6. Tamaño Medio Ponderado de los agregados del suelo (0-15cm) en el experimento de largo plazo en Uruguay (1993-2002) (Ernst y Siri-Prieto, 2006).

Cuadro 6. Efecto de la fecha de aplicación del herbicida total a un cultivo de cobertura de raigrás sobre su producción de materia seca (kg/ha) y disponibilidad de N-NO₃-a la siembra (mg/kg) (0-20cm) (Siri-Prieto et al., 2006).

Variables	Día del año			LSD _(0,05)
	235	276	296	
Producción de raigrás	4242	6613	8491	1750
N-NO ₃ -a la siembra de soja ^a	12,6	3,0	2,4	1,0
N-NO ₃ -V2 ^b	25	12	13	6,7

Referencias: ^a Día 300; ^b Día 336.

El atraso en la aplicación del herbicida permitió producir más biomasa, lo que implica una mejor cobertura de suelo, pero determinó una baja disponibilidad $N-NO_3^-$ a la siembra del cultivo de verano. Este efecto, que se mantuvo 36 días después de la siembra, pero ya en niveles considerados como no limitantes, no representa un problema grave para soja, pero sí debe considerarse para el caso de cultivos no leguminosas (Cuadro 7).

En todos los casos un cultivo cobertura determinó menor disponibilidad de $N-NO_3^-$ a la siembra que un manejo de barbecho sin crecimiento vegetal, y la cobertura con raigrás dejó un menor aporte a la siembra y al estadio V6 de maíz que uno de leguminosa. Este efecto podría significar la necesidad de cantidades y estrategias de fertilización nitrogenada diferenciales, información que aún no está ajustada.

Por otro lado, el crecimiento del cultivo de cobertura utiliza agua almacenada en el suelo, la que debe ser repuesta durante el período aplicación del herbicida-siembra del cultivo para grano.

En la Figura 7 se presenta el efecto de la fecha de aplicación del herbicida y tipo de cultivo sobre la reserva de agua en el suelo. Cuando el período de barbecho (días entre aplicación de herbicida y siembra) se reduce, el residuo hídrico en el suelo es menor (Figura 7a). El efecto es muy marcado en las capas superficiales del suelo, lo que compromete la humedad necesaria para lograr la implantación de manera independiente de las precipitaciones. A su vez, el cultivo de cobertura consume el agua en profundidad, limitando el aporte de agua para el cultivo. En suelos diferenciados, con baja conductividad hidráulica en el horizonte Bt, es difícil recargar el suelo en profundidad aunque ocurran lluvias posteriores a la siembra. La Figura 7b muestra el resultado de un testigo sin cultivo de cobertura (barbecho químico) con relación a situaciones con cultivo de cobertura de trébol alejandrino o raigrás. También en este caso, el crecimiento de la cobertura significó un consumo de agua que llegó hasta la máxi-

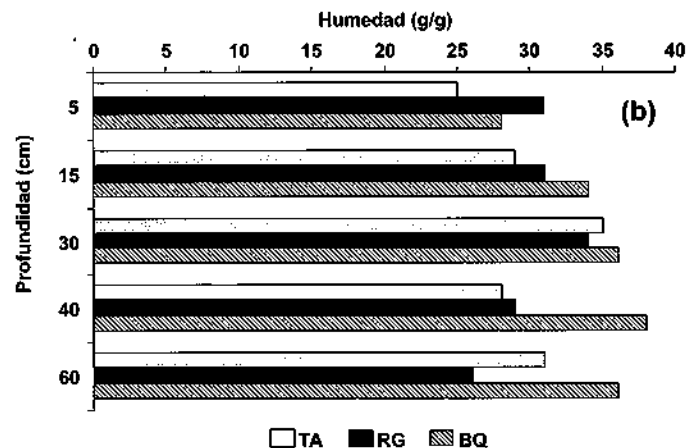
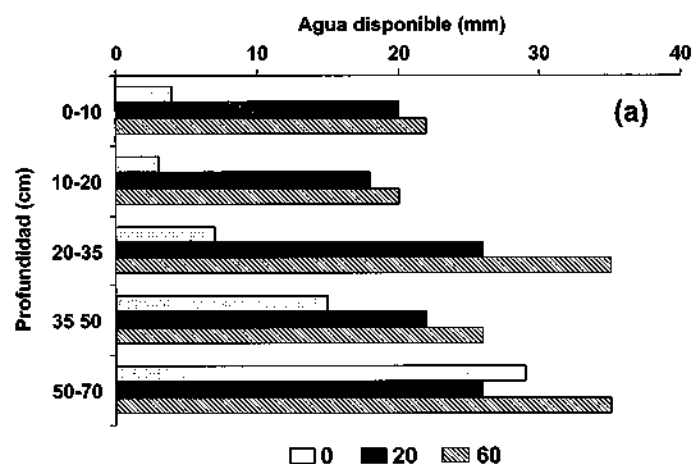
Cuadro 7. Disponibilidad de $N-NO_3^-$ a la siembra y a seis hojas (V6) de maíz sembrado sin laboreo sobre barbecho, después de cultivos de cobertura de raigrás (*Lolium multiflorum*) o trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) (Elaborado en base a Danree y Reynoso, 2007; Hernández y Osoreo, 2007; Siri Prieto, s/p).

Variables	2004		2005		2006	
	Siembra	V6	Siembra	V6	Siembra	V6
Barbecho	19	11	14	13	10	8
Trébol alejandrino	7	5	7	17	5	8
Raigrás	3	5	5	10	5	5

ma profundidad cuantificada. Esto muestra la importancia de mantener un balance entre el crecimiento vegetal realizado con el objetivo de cubrir el suelo, reciclar nutrientes o incorporar nitrógeno por fijación simbiótica, y el costo en reserva de agua que ello implica.

MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES

En los sistemas con agricultura continua, los enmalezamientos con y sin laboreo presentan iguales densidades aunque marcadas diferencias en la composición de especies. Sin laboreo se comprueba una menor diversidad con fuertes reducciones en la contribución de especies de la familia de las Crucíferas. Por el contrario, se constatan marcados incrementos en la contribución de gramíneas anuales y especies latifoliadas de la familia de las Compuestas. En las secuencias que incluyen pasturas, el



0, 20 y 60 días desde la aplicación del herbicida al raigrás
BQ. barbecho químico (sin cobertura); TA trébol alejandrino; RG raigrás

Figura 7. Efecto de los días de barbecho químico (aplicación de herbicida-siembra) sobre una cobertura de raigrás en una secuencia soja-barbecho-soja (a) y de distintos cultivos de cobertura en una secuencia trigo/soja-barbecho-maíz (b) sobre la disponibilidad de agua en el suelo a la siembra de soja o maíz (Bastos *et al.*, 2007; Danree y Reynoso, 2007).

enmalezamiento presenta iguales diversidades en ambos sistemas de laboreos pero con mayores densidades en las situaciones sin laboreo. Los resultados fueron resumidos por Fernández (1999), y Ernst *et al.* (2004).

Con relación a la entomofauna, como la mayoría de los insectos que viven en el suelo se caracterizan como estrategias "K", la propia estabilidad del sistema favorece su desarrollo poblacional, muchas veces con relativa independencia de la o las especies vegetales empleadas en la secuencia. La ausencia de laboreo puede favorecer el desarrollo de algunas plagas, pero a la vez propicia un ambiente favorable para la persistencia de hongos, bacterias y virus entomopatogénicos, controladores de plagas (Castiglioni, 1999). La diversidad de especies en los tratamientos sin laboreo es mayor a aquellos laboreados, tanto para especies potencialmente plagas como para los benéficos. En ningún caso esto significó un problema diferencial de plagas aunque se detectaron diferencias en el nivel de daño causado. El comportamiento de plagas como *Elasmopalpus lignosellus* y *Diloboderus abderus* dependió más del manejo de rastrojo que del laboreo. La presencia de rastrojo «diluye» el daño de las citadas especies. Las larvas de gorgojos (Curculionidae) presentan, en general, mayores poblaciones en no laboreo, determinando una tendencia a mayores daños en cultivos de invierno (Castiglioni, 1999).

También el cambio de un esquema productivo basado en el laboreo y quema de rastrojos, a uno sin laboreo y con retención de rastrojos sobre el suelo, determina un incremento en la incidencia de enfermedades causadas por hongos necrotróficos. En nuestro sistema productivo no es un problema nuevo, sino que adquiere una mayor relevancia al desaparecer dos variables de manejo determinantes de la cantidad de rastrojo presente sobre el suelo y la persistencia del mismo en el tiempo.

CONSIDERACIONES FINALES

Cuando se laborea o no el suelo, se rotan cultivos con pasturas o se establece una secuencia de cultivos, no sólo se modifican las propiedades físico-químicas del suelo y la erosión. El manejo del suelo y la rotación de cultivos tienen también otros objetivos, que se manifiestan en modificaciones en las tendencias de propiedades funcionales del sistema de producción en el que se insertan. No contemplarlos puede comprometer el resultado productivo de la aplicación de un determinado manejo del suelo.

Como fue presentado, el programa logró aportes significativos a la solución de los problemas planteados que permitieron que en la actualidad la adopción de la siembra directa se haya generalizado en los sistemas agrícolas de Uruguay. La instalación de experimentos de largo plazo permite que se manifiesten en forma anticipada, los problemas que pueden aparecer a nivel de la producción cuando la tecnología se adopta. Lograr un enfoque multidisciplinario, que permita cuantificar y entender el porqué de los cambios, ayuda a evitar que se transformen en una limitante real.

Durante estos años hemos aprendido que el tipo de laboreo a utilizar está estrechamente relacionado al sistema de producción que se realiza, y que su efecto sobre el suelo y sobre la producción de granos debe cuantificarse en forma acumulada en el tiempo. Entender cómo el manejo del suelo afecta las propiedades del sistema de producción, cuantificadas como rendimiento en grano, pero también como resultado económico, cantidad y tipo de enmalezamiento, dinámica de enfermedades y plagas, tipo y cantidad de insumos necesarios para producir una unidad de producto, es de capital importancia para el éxito de las propuestas tecnológicas que surgen de los programas de investigación. 🐦

BIBLIOGRAFÍA

- BASTOS, M.; FELLER, G.; INGOLD, J. 2007. Efectos del cultivo de cobertura y grupo de madurez en el contenido de agua del suelo y rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
- CASTIGLIONI, E. 1999. Manejo de la fauna del suelo e insectos plaga. In: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Disponible en: www.fagro.edu.uy/~eemac Acceso 16 febrero 2007.
- DANREE, I.; REYNOSO, Y. G. 2007. Efecto del manejo del barbecho sobre la disponibilidad de nitrógeno en maíz. Montevideo. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. 65 p.
- DÍAZ-ROSELLÓ, R. M. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. INIA. Investigaciones Agronómicas 1, Tomo I. pp.103-110.
- ERNST, O. 1990. Laboreo de suelos para trigo. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". Serie Documentos No 2. 45 p.
- ERNST, O.; GUIDO, R.; IEWDIUKOW, A. 1992. Tecnología en el cultivo de trigo. Relevamiento. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Serie Documentos No 4. 22 p.
- ERNST, O. 2000. Siete años de siembra sin laboreo. Cangué no. 20: 9-13.
- ERNST, O.; CASTIGLIONI, E.; C. PEREZ, J.; VILLALBA, J. 2004. Girasol. Modelo de producción en la República Oriental del Uruguay. In: Duarte, G.; Diaz-Zorita, M. (eds.) El cultivo de girasol en siembra directa. Buenos Aires. Argentina. pp.199-208.
- ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G. 2006. Soil organic carbon and total nitrogen in relation to tillage and crop-pasture rotation. In: Horn R.; Fleige, H.; Peth, S.; Peng, X. (eds.) Soil Management for sustainability. Advances in GeoEcology 38: 132-139.
- FERNANDEZ, G. 1999. La problemática de malezas en cero laboreo In: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Disponible en: www.fagro.edu.uy/~eemac Acceso 16 febrero 2007.
- GARCÍA-PRÉCHAC, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. INIA Investigaciones Agronómicas 1, Tomo I. pp. 127-140.
- HERNÁNDEZ, J.; OSORES, J. 2007. Efecto del manejo del barbecho invernal sobre los requerimientos de nitrógeno de maíz (*Zea mays*) sembrado en sistemas de agricultura continua en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
- INGOLD, J. 2006. Erosión y pérdidas de suelo según sistemas de laboreo y rotaciones en Uruguay. XIV Jornadas de Jovens Pesquisadores da Associação das Universidades do Grupo Montevideu - AUGM e a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (14, Campinas, 2006) Disponible en: www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UDELAR/CA4003-INGOLD.pdf. Acceso 16 febrero 2007.
- SIRI-PRIETO, G.; ERNST, O.; INGOLD, J.; FELLER, D.; BASTOS, M. 2006. Cover Crop and Maturity Group Effects on Soil Water Content and Soybean Yield. In: Proceeding of the 17th Triennial International Soil and Tillage Research Conference. August 28th-September 3rd. 2006. Kiel, Germany Sustainability: its impact on Soil Management and Environment. Disponible en: <http://iworx5.webxtra.net/~istroorg/download/ISTRO2006.zip>. Acceso 16 febrero 2007.

Diagnóstico del manejo de la fertilización en cultivos de secano en Uruguay

NOTA TÉCNICA

Esteban Hoffman*, Oswaldo Ernst*

INTRODUCCIÓN

El manejo de las fertilizaciones fosfatada y nitrogenada es una práctica ampliamente adoptada en cultivos de invierno. Los resultados obtenidos de las encuestas anuales realizadas por DIEA muestran que ya a partir de 1975 se fertiliza más del 90% de la superficie de estos cultivos. Los registros de chacras de productores agrupados en CREA (1986) indicaban que la fertilización no era una variable de manejo que permitiera explicar la diferencia de rendimientos promedio obtenidos entre el tercio superior e inferior de las chacras. En cultivos de verano la situación era diferente. En girasol, el cultivo más sembrado hasta fines del siglo pasado, la superficie fertilizada era relativamente baja.

Un relevamiento de 600 chacras de trigo realizado en 1987 demostró que el 92% del área fue fertilizada con nitrógeno a la siembra (Guido e Ieudiukow, 1991), pero no existió relación entre la cantidad aplicada a cada chacra y la que recomendaba la Guía de Fertilización de Cultivos y Pasturas (Oudri *et al.*, 1976). El indicador utilizado en ese momento para definir la fertilización, resultaba de la consideración de la historia de chacra, materia orgánica del suelo y cultivo antecesor. Esta falta de relación entre lo recomendado y lo utilizado, sugirió la necesidad de generar una nueva propuesta, utilizando indicadores que sean más sensibles a las diferencias establecidas por el manejo de cada chacra y que contemplen la capacidad de aporte de nutrientes del suelo y la demanda del cultivo.

La propuesta actual para decidir la necesidad o no de fertilizar con nitrógeno en cultivos de invierno, el momento de agregarlo y la dosis, contempla:

✓ **A la siembra:** disponibilidad de N-NO₃ en los primeros 20cm del perfil (antecesor, textura y manejo del barbecho como criterios para definir grupos de alta o baja respuesta esperada al N) (Perdomo *et al.*, 1999; Perdomo y Bordoli, 1999; Hoffman *et al.*, 2001b).

✓ **A Zadok 22 (Z22):** disponibilidad de N-NO₃ en los primeros 20cm del perfil (Perdomo *et al.*, 1999; Hoffman *et al.*, 2001b).

✓ **A Zadok 30 (Z30):** concentración de N en planta (estimación del rendimiento potencial del cultivo) (Baethgen, 1992).

Para el caso de la fertilización fosfatada, el esquema ampliamente reconocido y utilizado, continúa siendo la estimación de disponibilidad de fósforo del suelo en sus primeros 20cm (Bray I) y el esquema de recomendación de dosis propuesta por Capurro *et al.* (1982).

La información presentada por Guido e Ieudiukow (1991) sobre el manejo de la fertilización fosfatada en un total de casi 600 chacras (15.000ha), puede resumirse de la siguiente forma:

- ✓ El 92% de las chacras se fertilizaron con P a la siembra.
- ✓ Casi todas las chacras llevaron al menos 30kg de P₂O₅/ha.
- ✓ Bajo ajuste entre el P agregado y el P necesario estimado a través de análisis de suelo (R²= 0,25). El principal problema del reducido ajuste observado, fue la menor cantidad de P agregado en situaciones de bajo P en suelo.

En el presente artículo se discute la fertilización y los criterios utilizados en la actualidad en base a registros de chacras obtenidos durante los años 2000, 2004 y 2006 en el Proyecto "Caracterización agronómica e industrial de las variedades de trigo más utilizadas en Uruguay. Identificación de paquetes tecnológicos asociados a rendimiento y calidad de grano", realizado en el marco de la Mesa Nacional de Trigo (Facultad de Agronomía/INIA LIA 021) y registros brindados por ingenieros agrónomos asesores que disponen de bases de datos sistematizadas por chacra (Mazzilli *et al.*, 2005 y Gianni, com.pers.).

MANEJO DEL NITRÓGENO EN CULTIVOS DE INVIERNO

El porcentaje de situaciones en las que se realizó muestreo de suelo en siembra y Z22, fue mayor que el de las situaciones en las que se tomaron muestras para estimar el estado nutricional del cultivo en Z30 (Cuadro 1).

Sólo un 8% de las situaciones fueron muestreados en los tres estadios propuestos por el esquema actual.

En cuanto a la cantidad de N agregada en cada chacra con relación a la dosis que debió agregarse en función de los modelos propuestos, a la siembra, no existió relación entre N agregado y N recomendado en las chacras en las que se realizó análisis

Cuadro 1. Proporción de las chacras de trigo relevadas en el 2000 con y sin análisis de N-NO₃ en suelo a la siembra y Z22, y planta a Z30, en distintos estadios (478 chacras, 14.480ha).

Estadios	Con Análisis % sobre total de chacras	Sin Análisis
Siembra	24	76
Z22	35	65
Z30	15	85
Siembra y Z22	22	78
Siembra, Z22 y Z30	8	92

*Ings. Agrs. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

de suelo para determinar la concentración de $N-NO_3^-$. Se agregaron en promedio 30kg de N/ha en situaciones en las que, por recomendación debieron agregarse desde 0 a 50kg de N/ha. Claramente no se utilizaron dosis altas de N a la siembra y se siguió agregando N en torno a 30kg aun cuando no era necesario. El número de situaciones en las que se realizaron muestreos en macollaje temprano (Z22) y fin de macollaje (Z30) fue bajo, pero, en esas situaciones se observa un mejor ajuste entre las recomendaciones y la cantidad de N agregada.

Esta información podría considerarse como la situación inicial en el proceso de adopción de modelo propuesto, ya que el mismo se difundió masivamente recién a fines de los años 90.

Entre 2000 y 2006 existió claramente un incremento en el porcentaje de chacras muestreadas, sobre todo a la siembra; se mantiene relativamente bajo el de las que son muestreadas en dos momentos (Siembra y Z22) y muy bajo el de las que son muestreadas en los tres momentos (Cuadro 2).

Los resultados confirman la tendencia. Si bien se muestrearon las chacras a la siembra, la cantidad agregada realmente no se relaciona con la que debió agregarse utilizando los modelos propuestos. Existen 2 grupos de datos, uno con un promedio de 18kg/ha y otro de 25kg/ha. Estos grupos parecen estar más asociados al uso de cantidades fijas de fórmulas como fosfato diamónico (18-46-0) o una mezcla física de amplia difusión como el 25-33-0, que a la corrección de una deficiencia del nutriente (Figura 1).

A diferencia de lo observado en el año 2000, también a Z30 lo agregado fue independiente del resultado del contenido de N en planta. A Z22, el ajuste fue bueno, pero persiste la tendencia a mantener el agregado de dosis mayores que lo recomendable según análisis de suelo. Ésta podría ser la estrategia seguida por los

Cuadro 2. Proporción de chacras relevadas en 2000 y 2006 en las que se realizó análisis de suelo (Siembra y Z22) y planta (Z30) (175 chacras, 12.020ha).

Estadios	Con Análisis año 2000 % sobre total de chacras	Con Análisis año 2006 % sobre total de chacras
Siembra	24	51
Z22	35	40
Z30	15	11
Siembra y Z22	22	28
Siembra, Z22 y Z30	8	6

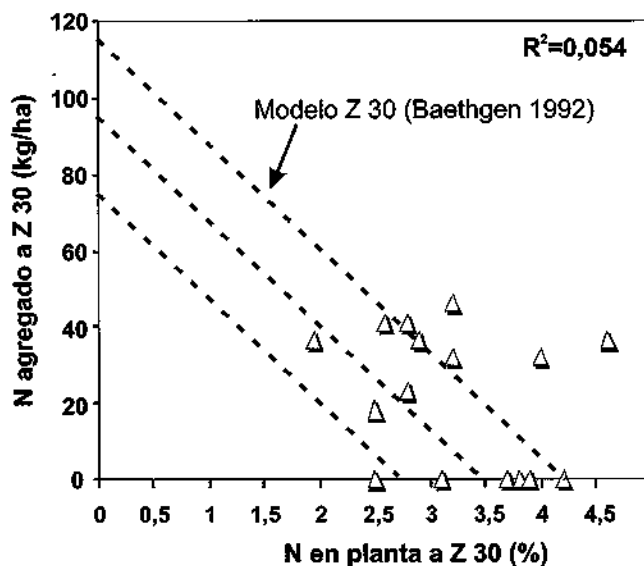
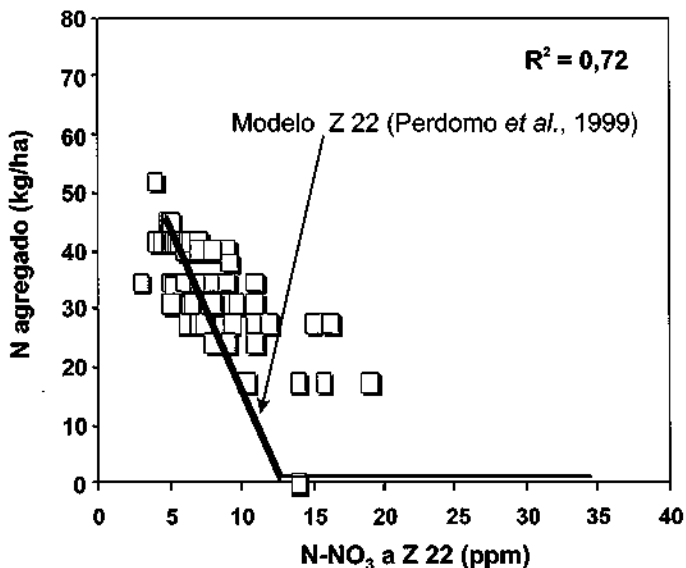
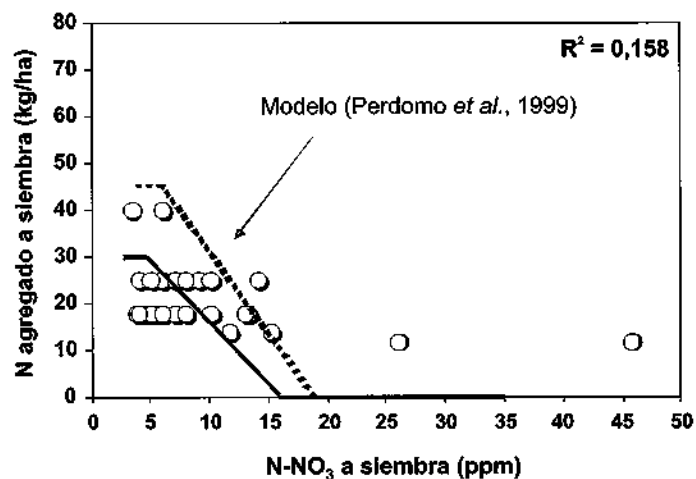


Figura 1. Nitrógeno agregado a siembra, Z22 y Z30 en función de los valores de análisis de N en suelo o planta para las chacras relevadas, muestreadas en 2006 (relevamiento de calidad trigo 2006-MNT). (Referencia de los Modelos de manejo de N propuesto por Perdomo *et al.*, 1999, para siembra y Z22 y el modelo de Baethgen, 1992, para Z30).

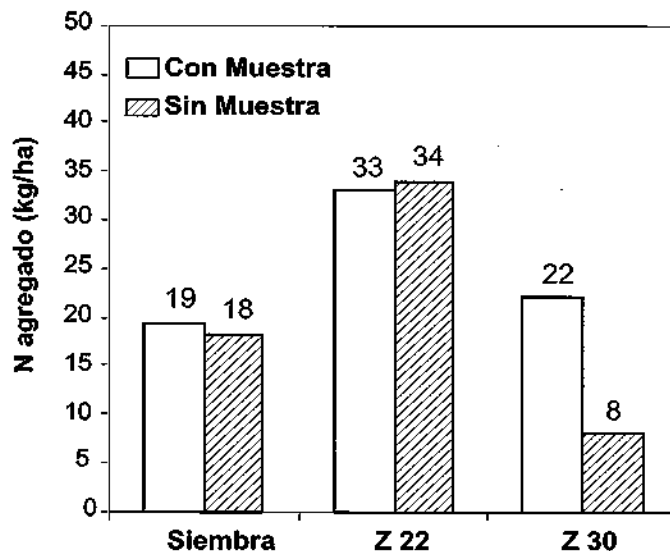
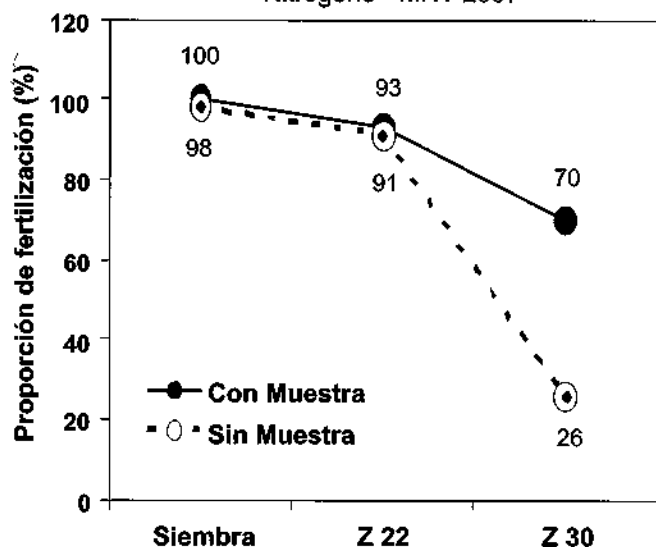


Figura 2. Proporción de chacras fertilizadas con y sin análisis de suelo (Siembra y Z22) y de planta (Z30) y cantidad media de N agregado en cada momento (Zafra 2006).

técnicos como forma de evitar el muestreo y una nueva aplicación en Z30 (Figura 2).

La estrategia utilizada determinó que tanto las chacras con análisis de suelo como las sin análisis recibieron, en promedio, una cantidad similar de N a siembra y Z22. En Z30, además de que la cantidad promedio de N utilizado fue baja, las chacras muestreadas en este estadio recibieron una mayor cantidad de N que las no muestreadas. Aparentemente quienes no muestrearon ya habrían decidido no refertilizar en ese estadio, utilizando, por tanto, un criterio diferente al propuesto.

FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN CULTIVOS DE INVIERNO

Utilizando las mismas bases de datos, se presenta en la Figura 3 la cantidad de P agregado en función del valor de P (Bray I) de cada chacra, los que fueron ubicados sobre la figura de recomendación de dosis elaborada por Capurro *et al.*, 1982.

Tomando en cuenta que en el 64% de las chacras se disponía del análisis de suelo correspondiente, la pregunta a responder es ¿cuál es el criterio utilizado para decidir la dosis a agregar? El agregado de P fue independiente del valor de análisis de suelo y podría deducirse que se fertilizó con 100 kg/ha del fertilizante 25-33-0 o con 100 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0). Es este manejo, como se indicó anteriormente, el que terminaría definiendo la cantidad de N agregado a la siembra (Figura 1).

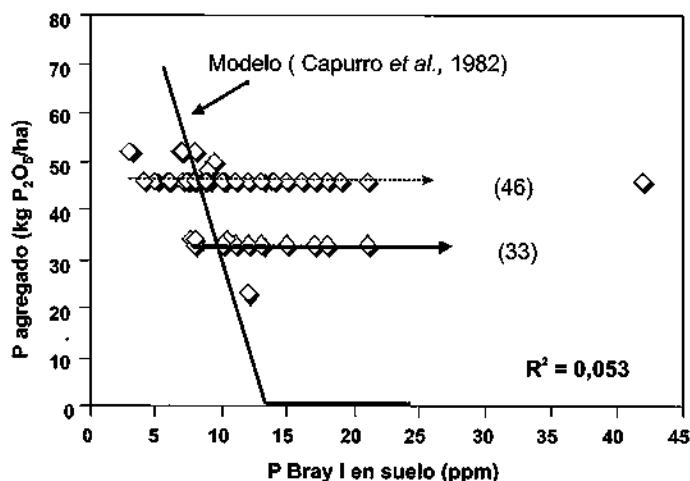


Figura 3. Agregado de P a la siembra en función del valor de análisis de suelo, para las chacras de trigo sembradas en el invierno del 2006 (relevamiento de calidad trigo-MNT) (Referencia del modelo de manejo de P a siembra propuesto por Capurro *et al.*, 1982).

EVOLUCIÓN DEL MANEJO DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

En el Cuadro 3 se resume la información de 4 zafra de trigo tomadas como indicadores de una posible evolución del manejo de la fertilización del cultivo.

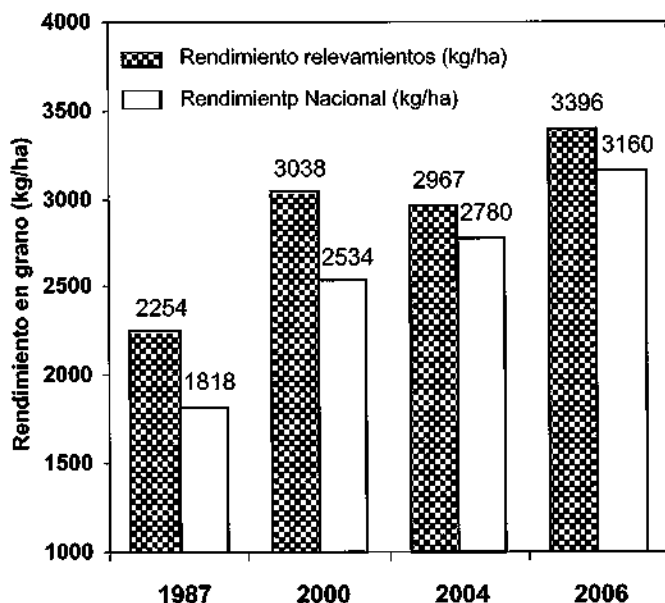
Cuadro 3. Manejo de P y N en trigo en 4 zafas de trigo (1987, 2000, 2004 y 2006).

	Guido- leudiukow (1991)		Relevamiento calidad de trigo - MNT	
	1987	2000	2004	2006
Área de trigo relevada (ha)	15.080	14.480	5.804	12.020
Nº de chacras	592	478	141	175
Tamaño de chacra promedio (ha)	25,5	30,3	41,2	68,7
Área fertilizada a la siembra (%)	92	94	99	98
Chacras con análisis de suelo a la siembra (%)	54	66	57	64
P Usado (Kg. P ₂ O ₅ /ha)	38	s/d	45	43
R ² entre P agregado y P en suelo	0,25	s/d	0,61	0,054
N total usado (kg/ha)	60	76	65	62

En base a esta información se pueden realizar las siguientes consideraciones:

- Se mantiene una alta proporción del área fertilizada a la siembra con N y P, pero aún existe un alto porcentaje de chacras que se fertilizan sin realizar el análisis de suelo correspondiente.
- A pesar de que se dispone de herramientas para mejorar y racionalizar el manejo de estos nutrientes, éstas se utilizan relativamente poco.
- Las dosis medias utilizadas por quienes hacen análisis prácticamente no han variado.

Como contraposición, los rendimientos medios de trigo se siguen incrementando, con lo que se mejora la eficiencia de uso de los nutrientes agregados, pero se estaría reduciendo la reposición de los nutrientes extraídos (Figura 4).



Entre 1987 y el 2006 se pasó de agregar casi 27kg/ha de N/tonelada de grano producida, a aproximadamente 18kg/ha. Como contrapartida, se producían 38kg de grano/kg de N agregado, y en 2006 se produjeron 55kg de grano/kg de N agregado.

En la Figura 5 se presenta un balance aparente de nitrógeno para la superficie relevada en cada zafra, considerando una concentración de proteína en el grano de trigo de 11,5% base 13,0% de humedad.

Los resultados muestran un balance aparente para el cultivo cada vez más ajustado. El mismo es el resultado de una estrategia de manejo de la fertilización con N que al menos en un 40% de la superficie no se realizan los análisis correspondientes para tomar la decisión, y que dentro de los que muestrean, un porcentaje relevante no los utilizan para definir la dosis a agregar. El 11% fertiliza con una dosis superior a la necesaria y un 74% una dosis inferior a la recomendada.

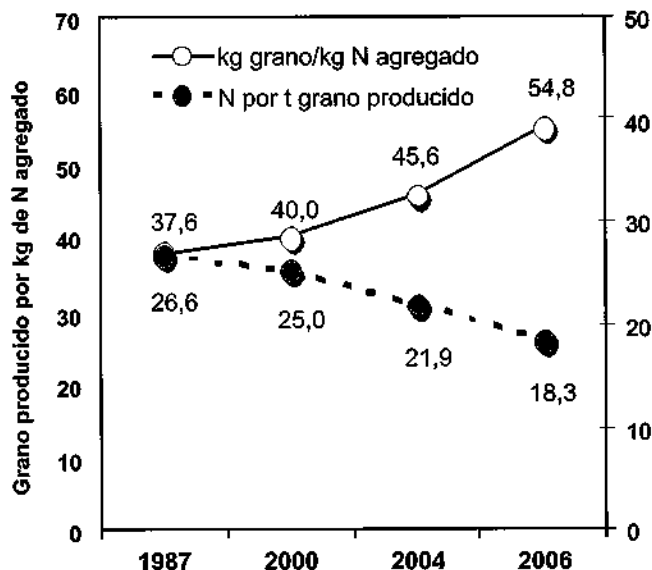


Figura 4. Rendimiento en grano de trigo a nivel nacional y del área relevada (a) Grano de trigo producido por quilogramo de N agregado. (b) N agregado por cada tonelada de grano producida.

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN LA SECUENCIA AGRÍCOLA

Para tratar de entender algunos de los resultados anteriores, y buscando conocer el manejo actual, sobre todo del P, en cultivos de verano (fundamentalmente, de segunda), se realizó entre marzo y abril del 2007 una consulta a técnicos como informantes calificados que trabajan en el área agrícola del Litoral.

Existen disparidad de opiniones en cuanto al manejo del N, pero con relación al P podrían ser resumidas en:

- Simplificar el manejo de la fertilización, como consecuencia de usar cantidades similares de fertilizantes a la siembra.
- Fosfato de amonio y mezclas como el 25-33-0, son los fertilizantes que los agentes comerciales tienen disponibles.
- El fósforo en cultivos de invierno "siempre va", aunque la frecuencia de muestreo chacra a chacra, cultivo a cultivo, todos los años, es baja. Consideran que en muchos casos están agregando P, y que si bien para el cultivo de invierno no sería necesario, se estaría contribuyendo a generar un "banco de Pen suelo".

La mayoría de los técnicos consultados no disponían de información sistematizada o rápidamente disponible, lo que limitó las posibilidades de hacer un diagnóstico sobre el manejo de nutrientes en la secuencia anual o para la rotación.

Como forma de avanzar en el diagnóstico, se seleccionaron un conjunto de situaciones de producción, en las que el P estaba siendo manejado sistemáticamente en base a la información de análisis de suelo.

Las principales características de la información relevada son las siguientes:

- 10.473 ha-cultivadas.
- 8 empresas (4 en el Norte y 4 en el Sur).
- 5 cultivos consecutivos para cada chacra, en los mismos periodos (verano 2004-05, invierno 2005, verano 2005-06, invierno 2006 y verano 2006-07).
- 100% de las chacras con muestreos de suelo.
- En el 100% de las situaciones, las recomendaciones de fertilización con P se realizaron tomando como referencia el valor de análisis y las tablas de referencia actuales.

En el Cuadro 4 se presenta la superficie sembrada con cada cultivo durante este periodo.

En la superficie considerada en el norte no se sembró maíz y es mayor el balance de área sembrada con trigo y cebada en invierno y girasol, soja y sorgo en verano. En la superficie considerada en el sur domina la cebada en invierno, soja en verano y fue muy baja el área sembrada con sorgo.

En la Figura 6, se presenta la relación entre el P agregado a la siembra de cada chacra y su correspondiente resultado de análisis de suelo, para todos los cultivos sembrados en las diferentes zafras.

A diferencia de lo discutido anteriormente para los relevamientos de trigo y como consecuencia del criterio de selección de las empresas consideradas, el ajuste general del P agregado a la siembra está de acuerdo con los valores de análisis de suelo. Esto permite analizar el resultado de esta estrategia sobre la cantidad de P agregada y la disponibilidad de P en el suelo.

El área analizada está dentro de un sistema de doble cultivo anual con alta producción de grano, donde los cultivos de verano

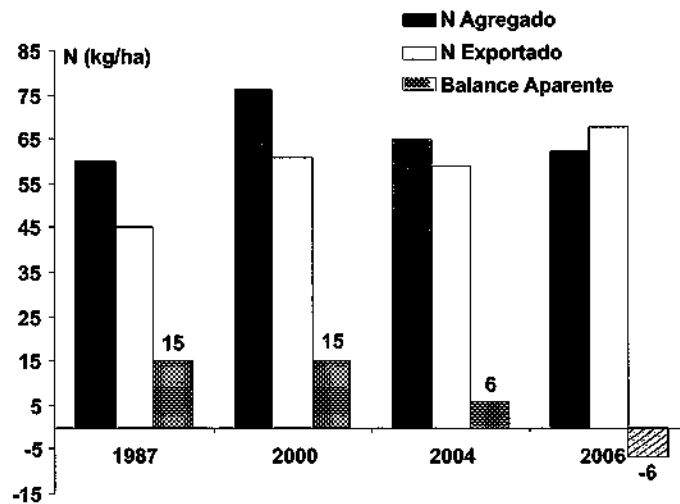


Figura 5. Nitrógeno agregado (como fertilizante), N exportado (2% del grano producido) y balance aparente para las 4 zafras consideradas.

Cuadro 4. Superficie y cultivos sembrados en las 10.473 ha durante zafras consecutivas (Verano 2004-05 a verano 2006-07).

Cultivos sembrados para toda la secuencia	NORTE		SUR	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cebada	1347	24,6	1544	30,9
Trigo	1034	18,9	355	7,1
Girasol	972	17,7	279	5,6
Maíz	0	0,0	512	10,3
Soja	979	17,9	2227	44,6
Sorgo	1150	21,0	74	1,5
TOTAL	5482	100	4991	100

Nota: Información zona Norte- Unicampo Uruguay, zona Sur. Ing. Agr. Gonzalo Gianni.

Cuadro 5. Número de cultivos por año, producción anual de grano, cantidad de P utilizado, evolución de los valores de P en suelo y la proporción de cultivo de soja, para ambas zonas.

	Norte	Sur
Cultivos/año	1,8	1,9
Grano/ha/año (kg/ha)	6914	6260
P ₂ O ₅ /ha/año (kg/ha)	73,2 (31,5)*	74,4 (32,0)*
P ₂ O ₅ /ha total periodo (kg/ha)	183,0 (78,7)*	186,0 (80,0)*
P Bray I Inicial (ppm) **	8	11
P Bray I Final (ppm) **	10	11
Proporción soja (%)	13,0	49,5

* kg de P/ha

** Muestreo de 0 a 20cm de profundidad.

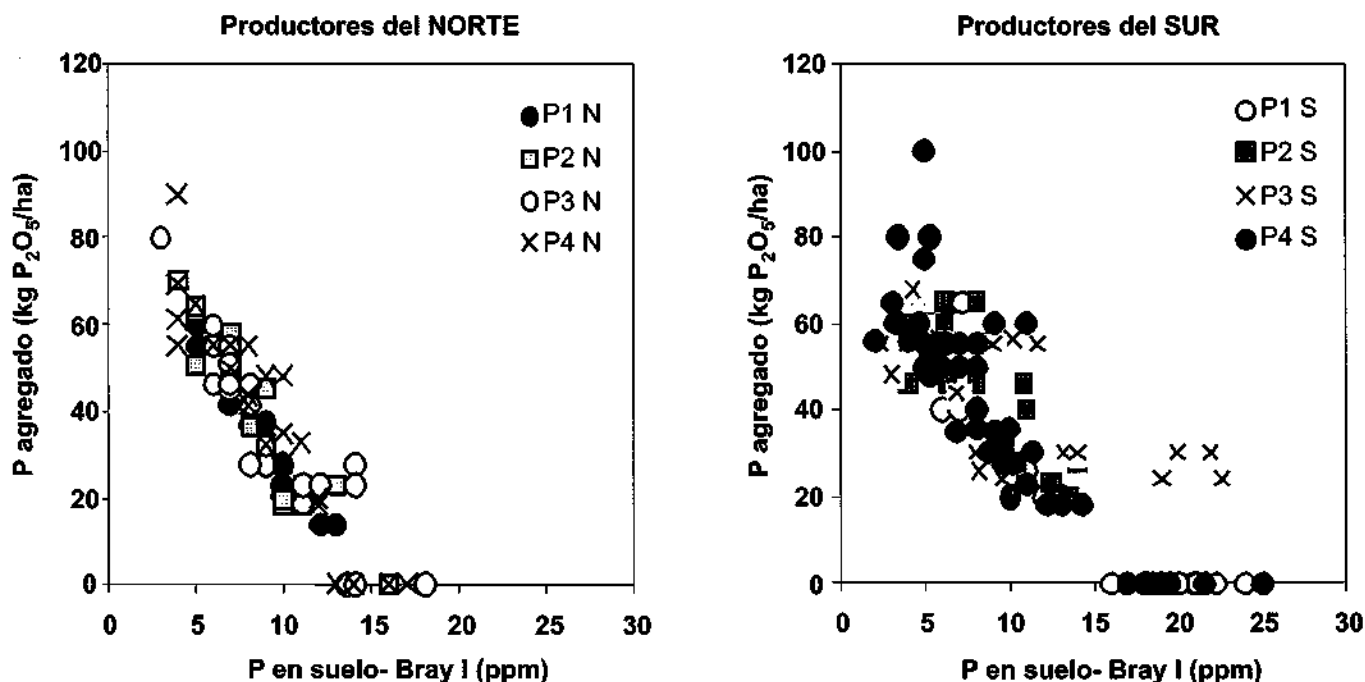


Figura 6. Fósforo agregado en función del valor de análisis de suelo a siembra (0 – 20cm), para todos los cultivos sembrados (4 empresas, 10.473ha).

Cuadro 6. Superficie sembrada, rendimiento promedio y balance aparente de P, para los cultivos sembrados en la zona Norte y Sur.

		Área (%)	Rendimiento medio (kg/ha)	P agregado (kg/ha)	P extraído (kg/ha)	Balance Aparente
Zona Norte	Cebada	24,5	3810	18,8	10,7	8,1
	Trigo	18,9	3438	16,1	13,1	3
	Girasol	17,7	1731	14	6,9	7,1
	Soja	17,8	2090	14,4	14	0,4
	Sorgo	21,1	5576	19,4	18,4	1
Zona Sur	Cebada	30,9	3300	20,4	9,2	11,2
	Trigo	7,1	3586	15,8	13,6	2,2
	Girasol	5,6	2172	24,8	8,7	16,1
	Maíz	10,3	6300	17,8	18,9	-1,1
	Soja	44,6	2511	14,5	16,8	-2,3
	Sorgo	1,5	5900	20,7	19,8	0,9

son sembrados “de segunda” pero en una zona con predominio de soja. Si bien el período analizado es relativamente corto, el nivel de P en suelo se mantuvo prácticamente sin variaciones

En ambas zonas, las cantidades de P usadas por año (Cuadro 6), son el resultado de agregados en una relación casi 50-50% para los cultivos de invierno y verano de segunda. Exceptuando girasol, el balance aparente de los cultivos de verano fue negativo o neutro dependiendo de la zona. Sin embargo, la secuencia invierno/verano con fertilización fosfatada en ambos cultivos estaría en un balance aparente neutro.

Esta información coincide con los resultados obtenidos por

Cano *et al.* (2006), quienes determinaron que en sistemas de agricultura continua sin laboreo, las chacras que reciben fertilización con P en una alta proporción de los cultivos, tienen balance aparente positivo. En tanto aquellas en que sistemáticamente se omite la fertilización a algún componente de la secuencia, como a los cultivos de verano de segunda, resultan en balance aparente que van de neutros a negativos, dependiendo del cultivo de segunda y de su rendimiento.

En la Figura 7 se presenta la evolución del nivel de P en el suelo en los primeros 20cm del suelo para el promedio de la superficie considerada en las dos zonas.

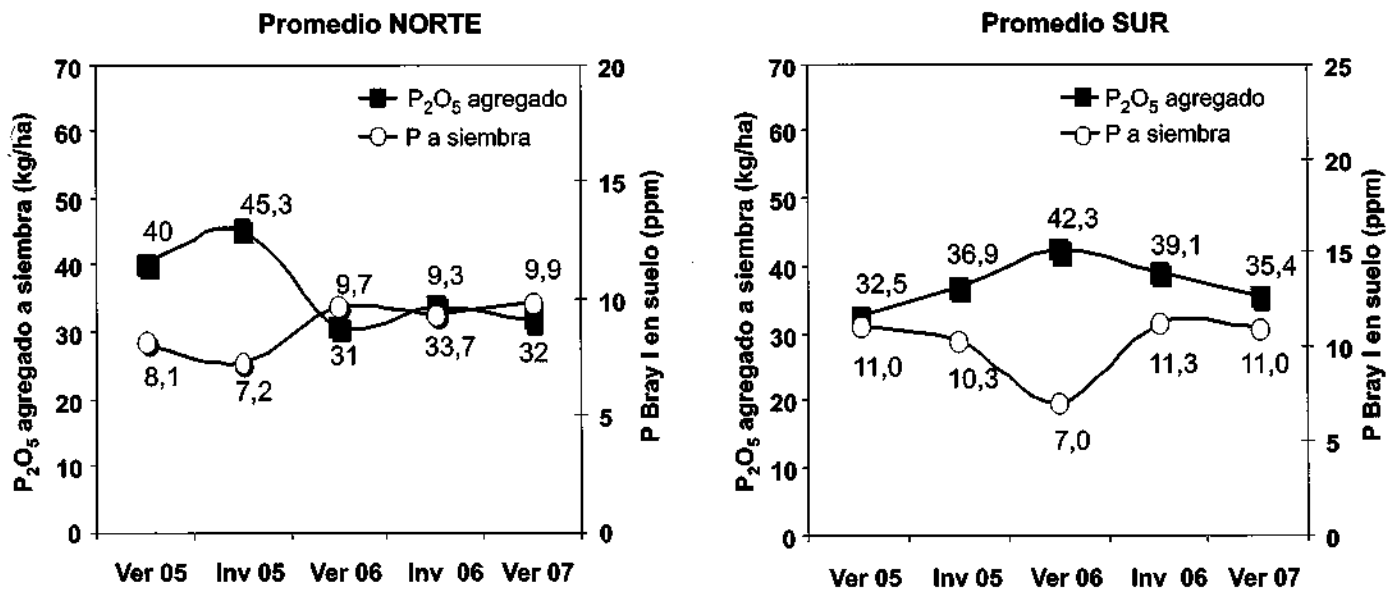


Figura 7. Evolución de P en suelo y P agregado como fertilizantes en promedio para todas las chacras por estación, para las zonas Norte y Sur.

Para los casos analizados, que tienen una secuencia de doble cultivo anual, y se fertilizan con P en base a los resultados del análisis de suelo, y que como consecuencia de los rendimientos obtenidos el balance aparente es cercano a cero, podría decirse que no se modificó la disponibilidad de P en el suelo. Esta estrategia tendría la ventaja de mantener cercano al valor crítico de respuesta considerado a aquellas chacras con nivel inicial alto, pero no sería capaz de levantar rápidamente la limitante de P en chacras con bajo nivel inicial.

Si bien no se dispone de información que cuantifique la superficie sembrada con cultivos de segunda en los que no se fertiliza con P, está ampliamente incorporado al manejo de secuencias agrícolas el concepto de “capitalizar el efecto residual de la fertilización realizada al cultivo de invierno”. Tanto los resultados presentados en este trabajo como los de Cano *et al.* (2006) indican que esta estrategia determinaría balances negativos de P cuando el cultivo de verano es soja o sorgo o maíz de altos rendimientos.

Como forma de analizar la validez de este concepto, en la Figura 8 se muestra la estrategia de fertilización seguida en chacras en las que la disponibilidad de P del suelo estimada, previo a la siembra del cultivo de verano de segunda de la zafra 2005/2006 fue menor o igual a 7 ppm en los primeros 20cm del suelo.

En la superficie considerada para este análisis, si se aplicara el concepto de “efecto residual de la fertilización realizada al cultivo de invierno”, más del 40% de la superficie se hubiera sembrado en situación de deficiencia de P, a pesar de que la fertilización agregada al doble cultivo verano 2005/invierno 2006 se realizó corrigiendo la deficiencia en función de la disponibilidad de P a la siembra.

Las causas de la baja disponibilidad de P en el suelo a la siembra de estos cultivos de verano de segunda (o a la cosecha de un cultivo de invierno) no están claras. Podrían estar asociadas a efectos climáticos o la dinámica de la biomasa microbiana,

por lo que tampoco es posible afirmar que estos cultivos estuvieron efectivamente creciendo en condiciones de deficiencia del nutriente. Tampoco se podría afirmar que esta deficiencia fue un efecto temporal de corto plazo, como el medido en trabajos en los que se cuantificaron cambios en la disponibilidad de P de suelo durante el período de barbecho (Hoffman *et al.*, 2001a; Abella y Nin, 2003; Farinha y Gauthier, 2006; Sawchik, 2005, com.pers.).

CONSIDERACIONES FINALES

De la información considerada para este diagnóstico se puede concluir, que si bien existen modelos que permiten establecer la necesidad o no de corregir el aporte de N para cultivos de invierno, el nivel de adopción de los mismos es bajo. Menos del 10% de las chacras analizadas fueron muestreadas en los tres momentos requeridos para una correcta aplicación del modelo general actual. A la siembra, el porcentaje de chacras muestreadas alcanzó el 50%, pero en estos casos el ajuste entre la dosis recomendada y la realmente agregada fue bajo. Algo similar ocurre con la fertilización fosfatada. Si bien se dispone del análisis de suelo correspondiente en más del 60% de los casos, la cantidad agregada no se corresponde con los sugeridos en las tablas de referencia propuestas.

A Z22 el porcentaje de chacras en las que se realizaron muestreos fue más bajo (40%) que a la siembra, pero el ajuste de dosis fue elevado ($r^2=0,72$), sobre todo a niveles bajos de N en suelo, con una clara tendencia a fertilizar por encima de las necesidades cuando el N en suelo estaba en torno al nivel crítico o por encima de él.

Cabe preguntarse entonces el porqué de esta situación. Si se

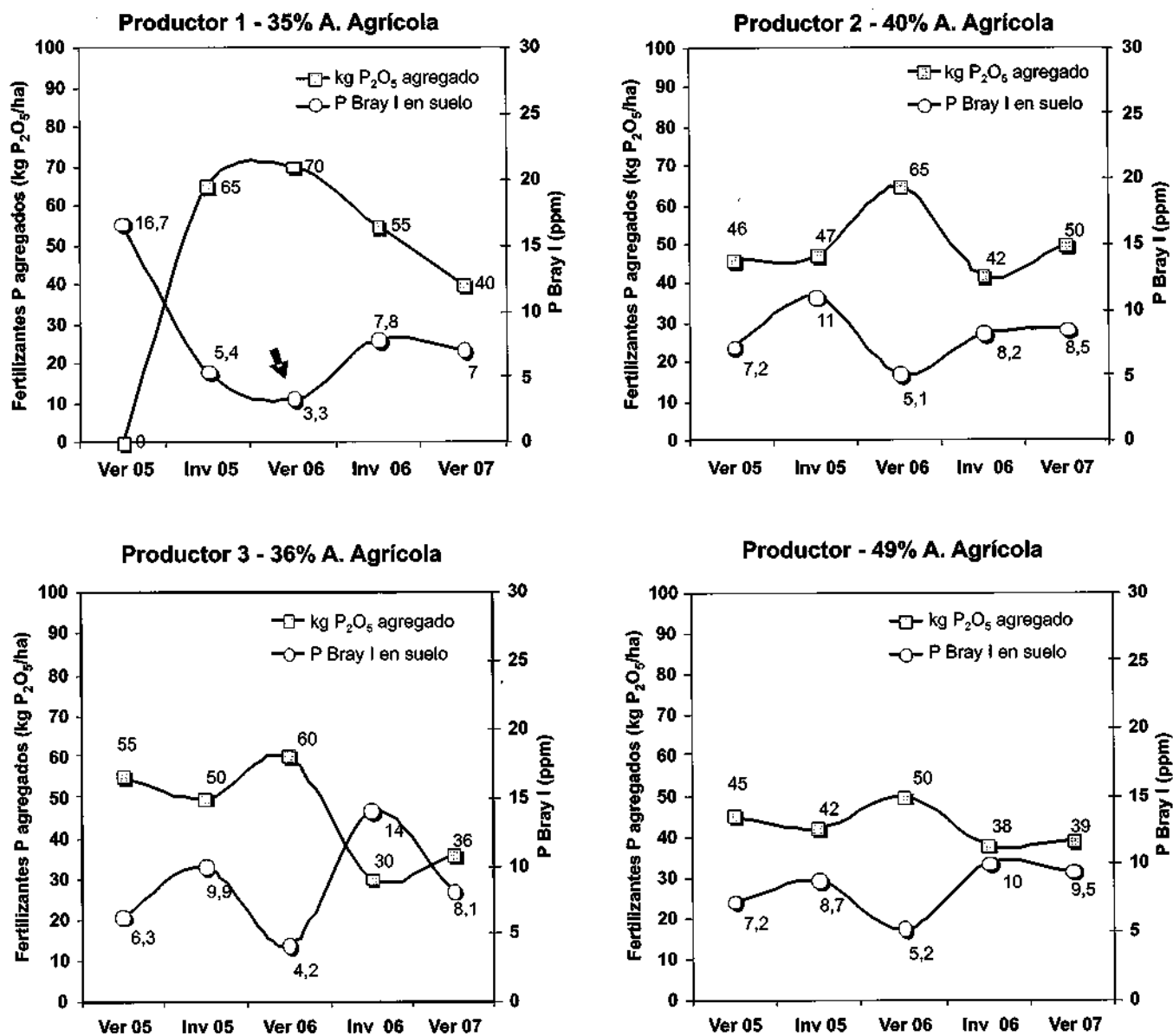


Figura 8. Evolución del P en suelo y el agregado como fertilizante en el sur del país, para todas las chacras de cada empresa cuyo valor de P en suelo a la siembra de los cultivos de segunda del segundo verano, fue inferior al promedio para toda la zona (7 ppm).

considera que el modelo propuesto para la fertilización de cebada y trigo ha sido validado en las condiciones de producción con la participación directa de productores y técnicos del sector, el no uso respondería más a problemas de complejidad de su aplicación que a fallas en el funcionamiento, o a la existencia de

otras propuestas o al uso de otros criterios para la toma de decisiones.

Para el caso de P, la información analizada en éste y otros trabajos indica que permitirían mantener el balance aparente de P de la secuencia de cultivos, aunque esto no siempre se refleja en los análisis de suelo en el corto plazo. 🐾

BIBLIOGRAFÍA

- ABELLA, F. M.; NIN, A. 2003. Evolución en las formas y contenidos de fósforo del suelo bajo sistemas de rotaciones de pasturas y cultivos con laboreo convencional y siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.
- BAETHGEN, W. 1992. Fertilización nitrogenada en Cebada cervecera. 1989-1990. Convenio FAO-PNUD-EELE.
- CANO, J. D.; ERNST, O.; GARCÍA, F. 2006. Balance aparente de fósforo en rotaciones agrícolas del Litoral Oeste del Uruguay. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. Inpofos. 32: 8-11.
- CAPURRO, E.; BAETHGEN, W.; TRUJILLO, A.; BOZZANO, A. 1982. Rendimiento y respuesta a NPK en cebada cervecera. CIAAB. La Estanzuela. Miscelánea 43. 21 p.
- FARINHA, P.; GAUTHIER, A. 2006. Efecto del manejo de barbecho sobre la disponibilidad de N-NO₃, agua y condición física del suelo e implantación de sorgo granífero sembrado sin laboreo sobre un verdeo de avena. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.

GUIDO, R.; IEUDIUKOW, A. 1991. Tecnología para trigo. Diagnóstico de producción. Relevamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 251 p.

HOFFMAN E.; BORGHI E.; ERNST, O.; PERDOMO, C.; HERNÁNDEZ, J. 2001a. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación con la evolución del P en el suelo durante el período de barbecho. In: Reunión Anual de Pesquisa de Cebada. (21. Guarapuava, 2001).

HOFFMAN, E.; ERNST O.; PERDOMO, C. 2001b. Red de N en Trigo. 1998-1999. Facultad de Agronomía/MGAP (PROVA)/Asesores Privados.

MAZZILLI, S.; HOFFMAN, E.; BINNEWIES, C. 2005. El negocio agrícola y los costos de producción. ¿Se pueden bajar los costos de los cultivos de invierno? Congreso Asociación de Ingenieros Agrónomos. Actas (9, Montevideo, 2005).

UDRI, N.; CASTRO, J. L.; DOTI, R.; SECONDI, A. 1976. Guía para la fertilización de cultivos. Dirección de suelos y fertilizantes. MGAP. Uruguay. 48 p.

PERDOMO, C.; HOFFMAN, E.; PONS, C.; PASTORINI, M. 1999. Red Nacional de N en cebada cervecera. 1995-2001 Facultad de Agronomía/Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera.

PERDOMO, C.; BORDOLI, J. M. 1999. Ajuste de la fertilización nitrogenada en trigo y su relación con el contenido de proteína en grano. In: Jornada sobre Rendimiento y Calidad de Trigo. Mesa Nacional de Trigo. Resúmenes. (1, Mercedes, 1999). pp.41-48.

AGRADECIMIENTOS

A los técnicos que colaboraron en forma desinteresada brindando información acerca del manejo de nutrientes realizado a nivel de chacra (Gonzalo Gianni y Sebastián Mazzilli). Especialmente al Sr. Eduardo Rama de la Unidad de Publicaciones de la EEMAC por su invaluable apoyo.

¿Cuáles son los costos ocultos de enfardar rastrojos de sorgo?

Sebastián Mazzilli*

MISCELÁNEA

Desde hace algunos años hasta la fecha hemos observado un incremento en el número de rastrojos de cultivos enfardados en suelos que se encuentran bajo sistemas agrícolas en donde la ganadería no participa. No existen datos cuantitativos de superficie en la que se realiza este manejo, pero basta con recorrer las zonas agrícolas del país para observar este fenómeno.

Es conocido el efecto negativo que tiene la práctica sistemática de retirar el rastrojo de los cultivos en sistemas de agricultura continua sobre la erosión y el balance de carbono del suelo. Sin embargo, pocas veces se considera el retiro de nutrientes que resulta de esta práctica.

Como ya ha sido documentado por Morón y Baethgen (1996), en algunos suelos, la probabilidad de aparición de deficiencia de potasio (K) en sistemas lecheros con alta frecuencia de ensilaje de planta entera aumenta con los años de aplicación de la práctica. Un resultado similar puede esperarse si se realiza enfardado de rastrojos como práctica de manejo sistemática, ya sea para la producción de la fibra necesaria para sistemas de producción animal intensivos, para cubrir déficit de forraje o, en un futuro, para la producción de biocombustibles.

En esta nota sólo se discutirán de manera puntual los costos ocultos de la producción para la venta de fardos de rastrojos de sorgo en sistemas de agricultura continua, aunque en épocas con restricciones forrajeras (por problemas climáticos y/o por problemas de planificación forrajera) no sólo se enfarda sorgo, sino que casi cualquier rastrojo que se encuentre en pie. Por lo tanto, los valores presentados sólo deben ser considerados como un ejemplo para la discusión del tema.

Con esto no queremos decir que estamos totalmente en desacuerdo con esta práctica, sino que creemos que tiene que ser revisada en detalle, en especial, por aquellos productores que no usan el fardo como reserva forrajera para sus animales sino que lo hacen como un negocio más de su sistema agrícola, y por los dueños de la tierra como factor para ser tenido en cuenta a la hora de arrendar sus campos.

Resultado económico de enfardar un rastrojo teniendo en cuenta la reposición de nutrientes.

Se realizarán algunos cálculos económicos muy simples que incorporan el valor de los nutrientes exportados cuando se venden fardos de sorgo como un negocio más de la agricultura y asumiendo coeficientes arbitrarios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficientes y valores utilizados en los cálculos.

Rastrojo remanente (kg/ha)*	900
Índice de cosecha Grano	0,42
Peso Fardo (kg/unidad)*	300
Precio KCl (U\$/t)	1200
Precio 0-46-0 (U\$/t)	1200
Precio Urea (U\$/t)	950
Costo Enfardado (U\$/fardo)	11

* Valores expresados en kilogramos de Materia Seca.

A su vez, se asumieron diferentes rendimientos de grano de sorgo, que determinan diferentes producciones de biomasa y, por lo tanto, diferentes índices de extracción de nutrientes por la venta de fardos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento en grano de sorgo, rastrojo enfardado y potasio (K) exportado en grano y rastrojo

Rendimiento* kg/ha	Rastrojo** kg MS/ha	K en grano*** kg/ha	K en Rastrojo*** kg/ha
3000	3243	12	34
4000	4624	14	49
5000	6005	17	64
6000	7386	21	78

* Kg/ha con 14% de humedad en grano; **kg/ha en base seca; *** valores calculados a partir de Ciampitti y García (2007).

*Ing. Agr. Dpto. de Producción Vegetal, EEMAC.

La mayor parte del K absorbido por el cultivo es exportado con el rastrojo enfardado. Por este motivo, resulta interesante conocer cuánto K es extraído en cada fardo y cuánto significaría el costo de su reposición, de forma de poder evaluar el negocio de la venta de este material. Para todos los rendimientos el valor del K exportado por fardo es el mismo y, a los valores actuales, es de U\$S 6,4 por fardo. Por lo tanto, el costo real por fardo para este caso sería el costo de confección del mismo -aproximadamente U\$S 11-, más el valor del K exportado, dicho de otra forma, "el costo oculto" del negocio.

En el análisis se puede sumar la pérdida de otros nutrientes, pues si bien el rastrojo no es la principal vía de exportación, representa una salida real del sistema.

En el Cuadro 3 se listan los costos ocultos, en nutrientes, de la producción y venta fardos. Sin duda que la lista puede ser mayor, pero se optó por agregar solamente aquellos nutrientes que actualmente son tenidos en cuenta en los manejos de fertilización.

El costo total que surge como consecuencia de incluir en el mismo la exportación de nutrientes asociada al proceso, hace que el margen neto por cada fardo no sea el esperado, más aun en la actual coyuntura, en la que el precio de los fertilizantes presenta importantes variaciones al alza.

Si bien estos resultados son sólo un ejemplo para la discusión, creemos que este tipo de consideraciones deben de ser tenidas en cuenta a la hora de tomar decisiones, en especial en los sistemas

Cuadro 3. Costo por fardo considerando el valor de reposición de los nutrientes exportados.

Nutrientes	U\$S/fardo
K	6,4
N	4,0
P	0,2
Total	10,6

agrícolas que no tienen ganadería propia. El resultado del negocio en el corto plazo puede estar ocultando un incremento de los costos de producción del sistema en el mediano plazo, cuando como consecuencia del propio manejo de los rastrojos, se genere la necesidad de reponer los nutrientes exportados.

Por último, es importante considerar también la erosión que puede generarse por dejar el suelo sin cobertura en otoño, que es difícil de cuantificar económicamente, pero constituye una pérdida peor que la de nutrientes, ya que no se disponen de mecanismos para su recuperación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ciampitti, I.; García, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e industriales. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Archivo Agronómico, 11. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, 33: 13-16.
- Morón, A.; Baethgen, W. 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. INIA. Serie Técnica Nro 73.

SESION DE CONSEJO DE FACULTAD DE AGRONOMIA realizado en EEMAC, el 16 de agosto de 2008.



Potencialidad del sorgo dulce como biocombustible en el Uruguay¹

NOTA TÉCNICA

Guillermo Siri-Prieto², Luis Terzagui³, Hamilton Ribero⁴, David Gandolfo⁵, Juan Mosqueira⁶

ESCENARIO ENERGÉTICO MUNDIAL

Hoy en día en el mundo se está viviendo la problemática general del agotamiento progresivo de los recursos energéticos basados mayoritariamente en combustibles no renovables (principalmente petróleo). Para agravar esta situación, el consumo mundial de energía sigue aumentando a un ritmo cada vez más creciente, explicado principalmente por el crecimiento de China e India. La demanda actual es de aproximadamente 90 millones de barriles/día (39% de la demanda global por fuentes de energía primaria) y se prevé que el consumo aumentará a 118 millones de barriles/día en 2030.

La incertidumbre que genera la dependencia directa que las naciones tienen de suministro continuo de petróleo y la escalada reciente de su precio (Barril US\$ 138 a junio de 2008, referencia Texas) hace que el tema energético sea una prioridad para todos los países. En adición a esto, se continúa acentuando la contaminación generada por la liberación a la atmósfera de enormes cantidades de gases contaminantes. Esto ha contribuido a los cambios climáticos y, de algún tiempo a esta parte, se ha convertido en uno de los grandes problemas de los gobiernos y de la opinión pública en general.

Se señala que agregar un 10% de etanol al combustible reduciría hasta en un 30% las emisiones de monóxido de carbono (CO) y entre 6-10% las de dióxido de carbono (CO₂). Toda esta situación ha generado que en los últimos tiempos esté creciendo el interés de las principales economías del mundo en la investigación, producción y utilización de recursos energéticos renovables, como es el etanol, como fuente alternativa de combustible.

ESCENARIO ENERGÉTICO NACIONAL

Históricamente nuestro país ha presentado una alta dependencia de los combustibles derivados del petróleo. Éstos se están caracterizando, como fuera mencionado anteriormente, por precios altos con tendencias al alza, aumentando dramáticamente su incidencia en los costos de producción. Si bien no es posible pensar en una sustitución radical de los derivados del petróleo, disponemos sí de los recursos naturales para la producción de bioenergía y con ello reducir estos efectos.

¹ Trabajo financiado parcialmente por ANCAP en el marco del convenio UR-ANCAP y por el Programa de Desarrollo Tecnológico del DICYT.

² Ing. Agr. Dpto. Producción Vegetal. EEMAC.

³ Ayudantes de Investigación, Dpto. Producción Vegetal. EEMAC.



Vista parcial del sorgo dulce zafra 2005 - 2006.

¿QUÉ SON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

Se denomina así a aquellos combustibles de origen biológico y que son renovables a partir de los restos orgánicos de donde proceden. Los dos productos más desarrollados y empleados como biocombustibles son el bioetanol y el biodiesel.

El bioetanol es un etanol producido a partir de la fermentación de los azúcares. Las materias primas pueden producir directamente azúcares simples, como la caña de azúcar, sorgo dulce, etc. o se puede obtener etanol a partir de granos (maíz, trigo, etc.) que contienen almidón a través de procesos de sacarificación mediante hidrólisis. El biodiesel se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales (colza, palma, girasol, ricino, etc.) o grasas animales, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación.

Existen muchos enfoques sobre la conveniencia o no de los biocombustibles a nivel mundial. Estas son algunas de las características que poseen a favor o en contra:

Ventajas potenciales

- ✓ Reducen la dependencia del petróleo, mejorando la competitividad al no tener que importarse fuentes de energía tradicionales.
- ✓ Incorporan nuevas alternativas agrícolas, fomentando emprendimientos e innovaciones tecnológicas y revitalizando las economías rurales.
- ✓ Proporcionan una fuente de energía reciclable y por lo tanto son renovables.

✓ Provocan menores emisiones de gases con efecto invernadero (CO₂), permitiendo el acceso a los beneficios del MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio) del Protocolo de Kyoto y al mercado de bonos de carbono.

Desventajas potenciales

✓ Posible influencia en el costo de los alimentos por una mayor competencia por recursos (tierra, agua, etc.) dependiendo de la zona de producción.

✓ Algunos problemas contaminantes de fases de industrialización (ej.: vinaza).

✓ Se requiere que las tecnologías utilizadas en el conjunto del proceso proporcionen balances energéticos con saldo positivo y que los productos derivados sean equivalentes a las de la procedencia fósil, tanto desde el punto de vista de las características comerciales como de los precios del mercado. Hay opciones de cultivos energéticos que no cumplen con este requisito primordial.

¿POR QUÉ SORGO DULCE?

Entre los cultivos que se manejan para la producción de biocombustibles, el sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L. Moench) puede presentar ventajas comparativas frente a otros cultivos que lo harían un excelente alternativa energética para nuestro país. Presenta una gran adaptabilidad debido a características morfológicas y fisiológicas, dentro de las cuales se incluyen un extenso sistema radicular, la cubierta de cera en las hojas que reduce las pérdidas de agua y la capacidad de detener su crecimiento en períodos de estrés hídrico y de retomarlo cuando las condiciones vuelven a ser favorables. Además, al presentar una gran rusticidad, aparece como el más promisorio para adaptarse a las condiciones ambientales (régimen hídrico variable entre años) y edáficas (gran variabilidad de suelos) de nuestro país.

La preferencia del sorgo respecto a otros cultivos energéticos está basada en sus menores requerimientos de agua y nitrógeno para producir biomasa, en su tolerancia a condiciones de estrés hídrico y en su uso potencial alternativo como forraje en sistemas de producción animal. Por ejemplo, comparado con la caña de azúcar, el sorgo azucarado requiere un tercio menos de agua y nitrógeno por kilogramo de biomasa producida. Trabajos realizados han demostrado que el sorgo dulce ha tenido mayor eficiencia de uso del agua que maíz, y que sólo requirió un 36% del nitrógeno que necesitó este cultivo cuando su destino fue la producción de grano. Otros estudios han mencionado que el rendimiento de etanol de sorgo dulce por hectárea ha sido superior al producido mediante grano de maíz. El sorgo es reconocido además como uno de los cultivos de mayor eficiencia de uso de la radiación interceptada (3,6g de MS/MJ de la radiación fotosintética activa absorbida). Es un cultivo que, además del empleo de los azúcares fermentables para etanol, presenta una importante producción de granos, despunte de hojas y bagazo (residuo de la extracción de los azúcares) cuyo destino puede ser energía para el proceso de fabricación de etanol, de raciones, etc. Otra ventaja es que presenta un corto ciclo (90-140 días) y po-

dría rápidamente entrar en rotaciones de cultivo y pasturas.

Una de las características negativas que presenta el sorgo para la industria es que debe llegar al ingenio escalonadamente porque no puede ser almacenado por más de 48 horas, debido al desdoblamiento de los azúcares simples en el tallo. Esto pone una condición de producción para el productor, ya que de esta manera no podría sembrar una sola época y variedad sino que debería escalonar fechas de siembra y/o sembrar variedades con largos de ciclo contrastantes.

CARACTERÍSTICAS DEL SORGO DULCE

El sorgo es originario del noreste de África, donde se encuentra la mayor variabilidad de especies silvestres y cultivadas. Probablemente fue domesticada en Etiopía por medio de selección de sorgos silvestres entre 5000 y 6000 años atrás. De este centro de origen fue distribuida hacia toda África, posteriormente hacia el Medio Oriente y desde éste hacia India hace 3000 años. El sorgo fue introducido en América por los esclavos venidos del oeste africano. A fin del siglo XIX fue reintroducido como cultivo comercial.

El sorgo dulce es una gramínea vigorosa con altura entre 2-4m y ciclo anual (puede comportarse como perenne en inviernos cálidos). Puede producir uno o más macollos, que inicialmente emergen de la base del tallo y posteriormente de los nudos basales. El sistema radicular consiste de raíces adventicias fibrosas (0,9m de profundidad) que emergen de los primeros nudos del tallo.

Es uno de los cultivos más eficientes en la transformación de la energía solar en alimento y fibra, por eso se lo considera también como una promisoriosa fuente productora de energía renovable. Los jugos extraídos de los tallos de sorgo dulce representan aproximadamente el 50% de su peso y son ricos en monosacáridos y disacáridos (glucosa, fructuosa y sacarosa) fácilmente fermentables para la obtención de etanol. La calidad del jugo extraído de los tallos se mide por el total de sólidos solubles en el jugo (°BRIX; rango 15-23%) y por la composición de esos sólidos, particularmente el contenido de sacarosa (POL) y de otros sólidos fermentables (Woods, 2001).



Vista parcial del ensayo de riego en la zafra 2005-2006.

APTITUD CLIMÁTICA DEL URUGUAY

No existirían limitantes en el país desde el punto de vista del régimen hídrico y tipo de suelos, salvo excepciones (planosoles, litosoles), para que el cultivo presente desarrollo y crecimiento acordes a su potencialidad.

ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS

Si bien existen investigaciones sobre prácticas de manejo para el sorgo dulce desde la década de 80, éstas fueron realizadas con tecnologías correspondientes a un potencial de rendimiento limitado para los tiempos actuales (Cassou *et al.*, 1983; Mazziotto, 2006). Hoy en día, con la aparición de tecnologías de producción más avanzadas (siembra directa, fertilización, etc.) y de variedades modernas, se hizo necesario determinar la mejor combinación posible de medidas de manejo para optimizar el rendimiento del sorgo dulce.

El grupo de Cereales y Cultivos Industriales de la Estación Experimental «Dr. M. A. Cassinoni» (EEMAC) ha venido investigando, desde 2005, diferentes manejos con el objetivo de evaluar su potencial de rendimiento como sistema de producción de energía y su efecto en la calidad del recurso suelo.

Se han realizado ensayos en la EEMAC, en Paysandú, en la Estación Centro Regional Sur (CRS) en Joanicó, Canelones y en la Estación «Bernardo Rosengurt» (EEBR) en Cerro Largo. Dentro de las variables de manejo para potencializar la producción de etanol, se han estudiado época y densidad de siembra, fertilización N-P, riego, rotación de cultivos y pasturas y material genético.

a) Época, densidad de siembra y variedades

Con respecto a la época de siembra, cabe aclarar que determinar cuál es la óptima para una zona no es el único objetivo ya que, como se dijo anteriormente, esta materia prima no puede almacenarse como si fuera un grano. Considerando esto y que, además, la industria tendrá un tope de procesamiento diario según sea su tamaño, la época de siembra será la que regule la cosecha, como se hace en el cultivo de caña de azúcar.

En los ensayos realizados en dos localidades en la zafra 2006-2007 se obtuvieron los mejores rendimientos medidos como tallos limpios (sin hojas y panojas) en las siembras de noviembre y diciembre (55 y 47 t/ha, respectivamente), mientras que la siembra de enero determinó el menor rendimiento (23 t/ha) promedio de ambas localidades. Estos resultados confirmaron los obtenidos en la zafra 2005-2006, donde las siembras posteriores a diciembre afectaron de manera drástica el rendimiento, debido al no aprovechamiento de la mayor radiación y temperatura ofrecidas en las otras épocas.

Otro de los manejos que se ha propuesto para el caso de las épocas de siembra es el momento de cosecha (corte de tallos). Desde el punto de vista de la calidad (azúcares totales), cortes tempranos (floración-grano lechoso) el sorgo dulce ha mostrado valores de °Brix bajos, pudiendo tener menores rendimientos en etanol. Por el contrario, en cortes desde grano pastoso en adelante, los contenidos de azúcares han sido los más altos, lo que hace

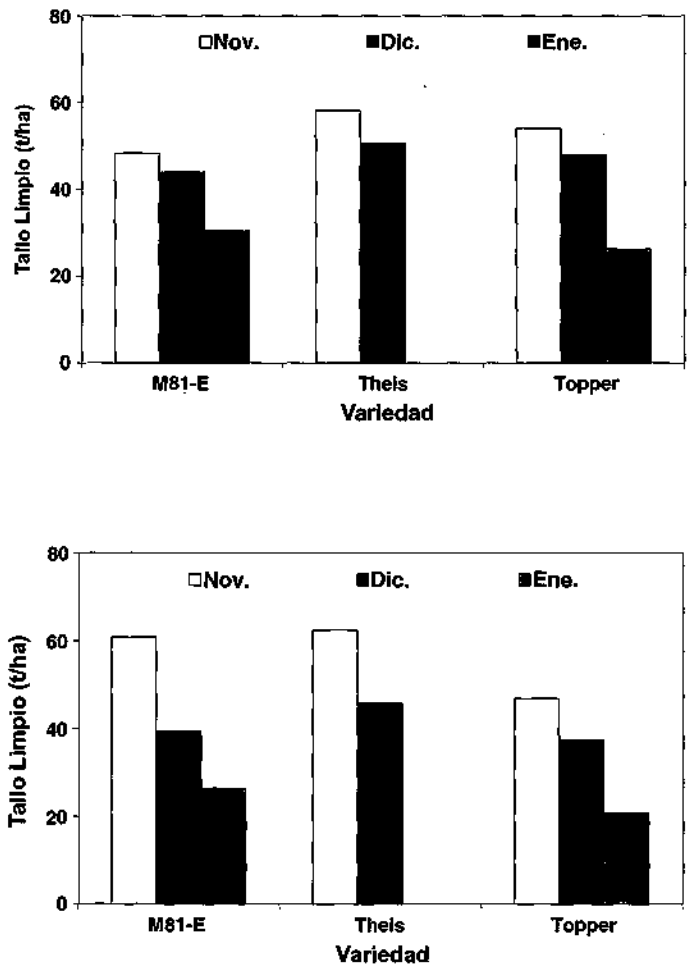


Figura 1. Rendimiento de sorgo dulce en tallo limpio (t/ha) en la EEMAC (A) y en EEBR (B) según época de siembra y variedad para el año 2006-2007.

muy recomendable este tipo de manejo.

En la Figura 2 se presentan, para estos mismos ensayos (localidad, época y variedad), las relaciones encontradas entre densidad de tallos por metro cuadrado a cosecha y peso individual de éstos con rendimiento por hectárea. Puede verse que el rendimiento depende de estos dos factores, obteniéndose mejor relación con peso individual del tallo que por su densidad para la época de diciembre y enero, siendo la de noviembre la menos asociada.

Albano y Martínez (2007) obtuvieron mejores rendimientos con poblaciones altas (14 plantas/m²) que con bajas poblaciones (7 plantas/m²). La utilización de altas poblaciones ha resultado en mayor cantidad de tallos cosechados por unidad de área (17 tallos/m² contra 22 tallos/m², respectivamente) (Cuadro 1). Si bien la utilización de menor población tuvo un efecto en mayor peso de tallo individual (10g), esta variable fue de baja incidencia, y el mayor impacto estuvo en lograr la mayor cantidad de tallos a cosecha.

Estos autores evaluaron la calidad del jugo extraído, con tra-

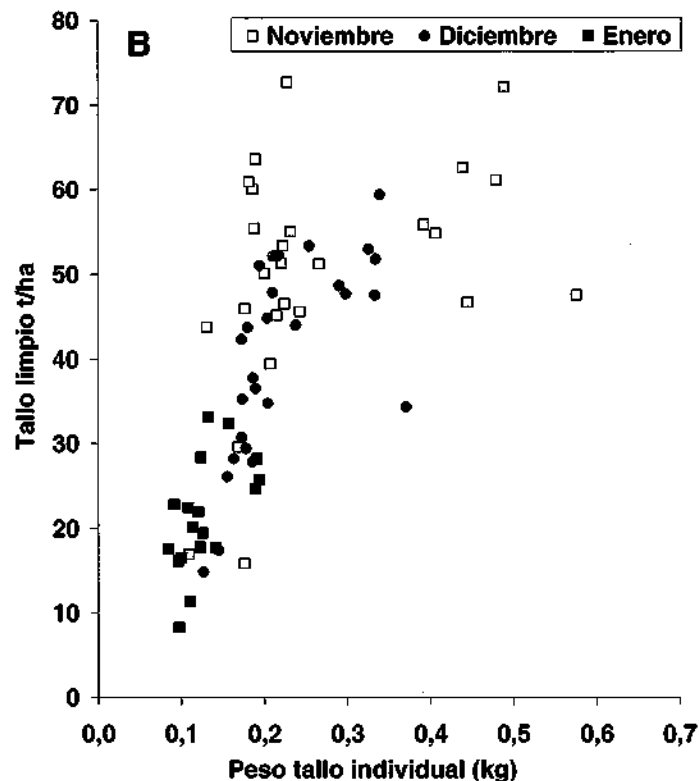
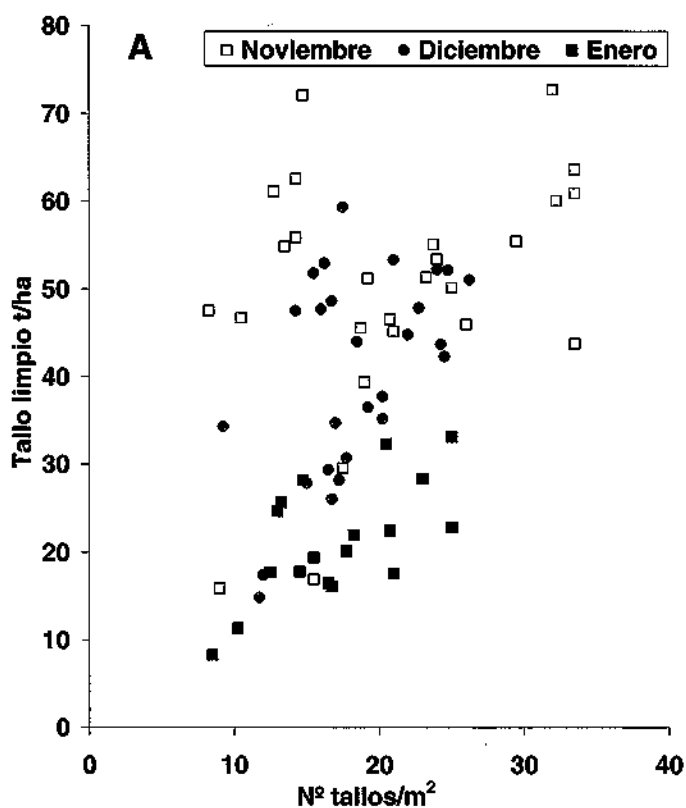


Figura 2. Relación entre número de tallos/m² y rendimiento en tallo limpio/ha (A) y peso individual de tallos y rendimiento de tallo individual limpio/ha (B), según época de siembra. Promedio de 3 localidades (EEMAC, CRS, EEBR) y tres variedades de sorgo dulce (M81-E, Theiss, Topper).

Cuadro 1. Población final de tallos a cosecha y su respectivos pesos individuales según densidad de plantas en la EEMAC (Albano y Martínez, 2007).

Parámetros	Población	
	Alta	Baja
Nº de tallos/m ²	21,200	16,300
Peso individual tallo (kg)	0,340	0,350
Rendimiento tallo limpio fresco (t/ha)	72,260	57,420

Cuadro 2. Respuesta del sorgo dulce, medida en tallos limpios (t/ha), al agregado de agua suplementaria para tres años de evaluación en la EEMAC (promedio de dos variedades).

Años	Sin Riego (t/ha)	Con Riego (t/ha)	Agua adicional (mm)	Respuesta kg/mm
2005	61,6	85,0	200	+ 117
2006	55,0	50,0	125	- 42
2007	40,1	51,3	450	+ 25

piche, de los tallos frescos, según densidad de siembra (14 y 7 plantas/m²) y el material genético utilizado (Figura 3). Se encontró mayor contenido de sólidos solubles totales (Brix) al utilizar la variedad Topper comparada con la variedad M81-E y no hubo diferencias entre las poblaciones evaluadas. Cabe destacar los altos valores de sólidos solubles totales encontrados, que son un estimador del contenido de azúcar en los tallos, mostrando el gran potencial para transformar azúcar en etanol en nuestras condiciones.

En el manejo varietal no se han encontrado diferencias sustanciales hasta el momento entre los materiales evaluados, con respecto a rendimiento medido como toneladas de tallos limpios

frescos/ha. Cabe mencionar que en el manejo del largo de ciclo, una característica que debería ser muy importante en la estrategia de cosecha para la industria, no hay muchas opciones ya que existen pocos días de diferencia en los materiales evaluados. Por el contrario, se han detectado diferencias varietales con respecto al vuelco. La variedad Topper presenta una caña más fuerte (menor relación altura/diámetro), por lo que es menos susceptible al vuelco. Hay que recordar que todos los materiales pueden llegar hasta los 3-4-m de altura, siendo muy difícil, frente a tormentas de fines de verano y comienzos de otoño, que el cultivo resista el vuelco con producciones de biomasa aérea que pueden llegar a las 120 toneladas en base fresca.

b) Riego

Se han observado respuestas al riego suplementario en años con deficiencia hídrica y respuestas nulas o negativas pero cuando el agua no fue limitante. Así, hubo respuesta al agregado de riego en los años 2005 y 2007 y no la hubo en el año 2006 (Cuadro 2). Si se compara el régimen hídrico de estos años, el 2005 tuvo un déficit de 250mm en la estación de crecimiento, con respecto al promedio histórico para los meses evaluados, por lo que la alta respuesta al agregado de agua era esperable. Sin embargo, la respuesta al agregado de agua encontrada en 2007 fue menor, a pesar del déficit hídrico ocurrido (300mm). Por el contrario, en 2006 hubo un superávit de 250mm, por lo que no hubo respuesta al agregado de agua adicional (125mm). En cuanto a las respuestas en quilogramos de tallos limpio por milímetro agregado de agua, en 2005 hubo un incremento de más de una tonelada de tallo limpio con el agregado de 10mm. Por el contrario, en el 2007 sólo fue de 250kg por cada 10mm adicionales de agua. Esa respuesta está explicada fundamentalmente por el peso individual de los tallos (más gruesos y altos), ya que el número de tallos finales por superficie no fue afectado por el riego.

FERTILIZACIÓN

El sorgo dulce, por su enorme capacidad de generar biomasa, tiene grandes requerimientos de nutrientes. Cada 65 toneladas de biomasa fresca producida se exportan alrededor de 120, 24 y 11kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Es decir que con los rendimientos obtenidos en los ensayos de Uruguay (rango 40-110kg biomasa fresca), se trata de un cultivo que en el mediano plazo puede presentar balances negativos de nutrientes si éstos no se manejan de manera racional.

En términos generales, en los ensayos realizados con un manejo diferencial de N y P, el sorgo dulce tuvo poca respuesta al agregado de estos nutrientes. Cabe aclarar que no se esperaban grandes respuestas al P, ya que en el suelo donde se realizaron los ensayos los niveles de este nutriente no eran bajos (>10 ppm medido como Bray 1). Sin embargo, con respecto al N, sí se podría pensar en grandes respuestas, más aún en años con alto régimen de precipitaciones, en los que se pueden manifestar grandes producciones de biomasa y/o mayores pérdidas de N por lixiviación.

De todas maneras, en el manejo de la fertilización para estos cultivos donde la materia prima es toda la biomasa, al igual que en un silo, el sistema pasa a jugar como un gran exportador de nutrientes. Aquí, el criterio de la fertilización podría implementarse según lo que extrajo el cultivo anterior y no con el criterio de análisis de suelo, si es que se pretende obtener un sistema que sea sostenible en el mediano y largo plazo.

ROTACIÓN

Este manejo es uno de los más importantes desde nuestro punto de vista. Considerando que el volumen de material que debe ser cosechado (aproximadamente 60 t/ha) es similar al de la caña de azúcar, el transporte a una central de procesamiento tie-

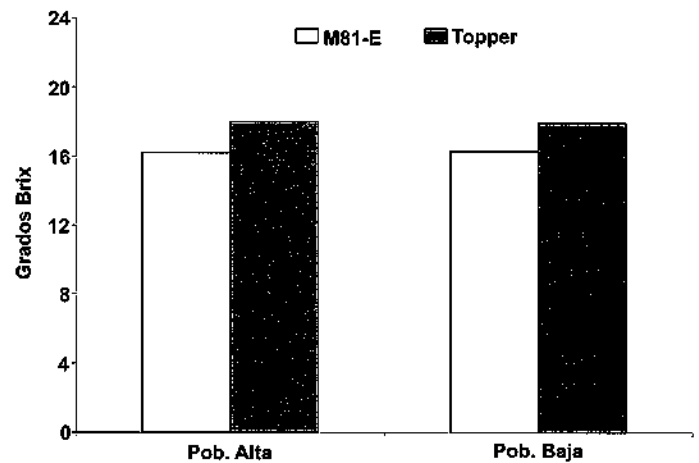


Figura 3. Sólidos solubles totales (° Brix) según variedad y manejo de la densidad de plantas para el año 2005 (Albano y Martínez, 2007).



Vista de los tallos limpios (sin hojas ni grano) para su posterior extracción con trapiche.

ne costos muy altos, dependientes de la distancia de la chacra al ingenio. Esta característica puede llevar a que el cultivo de sorgo dulce se transforme en un monocultivo por una fuerte presión de la logística del transporte (costos), con todos los problemas que esto implica. Este cultivo, que potencialmente presenta una gran cantidad de bondades para la producción de etanol y sus derivados, podría terminar, en el mediano plazo, con una destrucción del recurso suelo por un mal manejo. Plantearse esquemas de producción de energía y/o alimentos que no sean perdurables en el tiempo (ej.: monocultivos), no debería permitirse, más aún con cultivos anuales que no están produciendo durante gran parte del año. Es por ello que en la EEMAC se inició un experimento donde se evalúa el sorgo dulce en diferentes intensidades de uso a través de los años, con los objetivos de evaluar la calidad del suelo y la productividad de los cultivos en el mediano plazo y de lograr la mayor productividad de etanol posible sin deteriorar el suelo y el ambiente. Este experimento plantea esquemas como:

1. sorgo dulce continuo con la utilización de cultivo de cobertura invernal (avena);
2. rotación corta sorgo dulce-2 años de pastura;
3. rotación larga sorgo dulce-3 años de pastura.

CONSIDERACIONES FINALES

✓ Los rendimientos obtenidos en nuestras condiciones muestran que con un manejo adecuado (siembras de noviembre, fertilizaciones normales, objetivo de plantas logradas en el entorno de 12-15/m²) es posible obtener 50 toneladas de tallo limpio fresco/ha con un contenido de azúcares en el rango de 14%. Asumiendo un rendimiento en etanol de 65g de etanol/kg de tallos limpios, teóricamente es posible obtener 3250L de etanol/ha.

✓ Es necesario diversificar el material genético a través de más variedades que tengan diferentes características agronómicas (largo de ciclo, resistencia al vuelco, sanidad, etc.)

para lograr una mejor articulación del proceso agro-industrial.

✓ Resulta obvio que la rentabilidad de este cultivo dependerá del precio por tonelada de biomasa corregida por calidad (contenido de azúcares) y los costos. Si se estiman los costos agrícolas (considerando una distancia de 15km al ingenio) en U\$S 700/ha, el costo por litro de etanol será de U\$S 0,22, sin considerar la fase industrial. Actualmente, el sorgo dulce parece un cultivo energético viable, que presenta ventajas adicionales debido a que los subproductos industriales pueden ser utilizados como alimento (raciones) y/o para la generación de energía para el propio proceso.

✓ Su estabilidad en los rendimientos y, por ende, su rentabilidad como alternativa económica para los productores, dependerá del manejo del cultivo. Si el costo del flete determinara que el sistema sea monocultivo de sorgo dulce por la distancia al ingenio, se consideraría una alternativa destinada al fracaso, ya que no hay sistema que se mantenga sin contemplar que el suelo es un recurso no renovable. No se debe olvidar la enseñanza que dejó la remolacha azucarera.

✓ Para las condiciones ambientales del Uruguay, el sorgo dulce puede ser una alternativa más en el sistema, al incorporarlo en rotaciones de cultivo y pasturas, permitiendo una explotación más racional del suelo y diversificando las opciones productivas.

✓ El planteo de la producción de biocombustibles se basa en integrar otra alternativa económica al sistema, sin que ésta vaya en detrimento de la producción de alimentos, como es planteado por algunas asociaciones. Además, si se considera que todos los subproductos del sorgo dulce pueden integrarse a la cadena de la leche o de la carne a través de las raciones, es claramente una opción, que para nuestras condiciones, suma y no sustituye. Porque, en definitiva, un productor rural que se va a la ciudad es también un recurso no renovable.

✓ Parece lógico y obligatorio pensar en un desarrollo sostenible para la producción de bioenergía, que satisfaga las necesidades de las actuales generaciones sin afectar la capacidad de las futuras. 🌱

BIBLIOGRAFÍA

ALBANO, S.; MARTINEZ, M. 2007. Efecto de la época de siembra, densidad y cultivar sobre la productividad del sorgo dulce. Tesis de Ingeniero Agrónomo Montevideo. Facultad de Agronomía. 90 p.

CASSOU, S.; VALDENEGRO, J. G.; VERDE, R. 1983. Efecto de tres factores de producción en sorgo sacarígeno. Tesis Ingeniero Agrónomo, Montevideo. Facultad de Agronomía. 158 p.

MAZZIOTTO, J. 2006. Agro-ecología y biocombustibles, herramientas para el desarrollo. 1^{ra} Edición. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.

WOODS, J. 2000. Integrating sweet sorghum and sugarcane for bioenergy: Modeling the potential for electricity and ethanol production in Zimbabwe. PhD Thesis, King's College London. 211 p.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración recibida de la Empresa Azucarito, a los Ings. Agrs. Jorge Mazziotto y Alfonso Marques y al personal de la EEMAC, CRS y EEBR de la Facultad de Agronomía.

Algunas interrogantes y respuestas para el manejo de plagas en los sistemas agrícolas intensificados

NOTA TÉCNICA

Enrique Castiglioni¹, Adela Ribeiro², Horacio Silva², Claudia Pereira², Marco Cristino²

LA INTENSIFICACIÓN Y SUS RIESGOS

En los últimos años la agricultura se expandió en el país y en la región, al impulso de los buenos precios de los granos. Esta expansión se ha caracterizado por una intensificación agrícola, basada en la siembra directa de los cultivos en las áreas previamente preparadas con glifosato. Los cultivares de soja resistentes a este herbicida abrieron un camino que luego siguieron otros cultivos y fueron imprimiendo un cambio importante en la estructura del tradicional sistema agrícola-ganadero del litoral uruguayo; no sólo porque la agricultura se expandió hacia regiones no tradicionales, sino porque se ha evidenciado una tendencia a la separación física de las áreas de producción de grano y de forraje.

La agricultura ha desplazado áreas de pasturas y, en una proporción creciente, se ha venido sustituyendo la rotación tradicional de cultivos y praderas por secuencias exclusivamente agrícolas.

La intensificación del sistema estableció, en principio, algunos alertas de riesgo para la sostenibilidad para el sistema de producción. En primer lugar, la presencia de mayores áreas agrícolas, con predominancia de la soja y disminución de la proporción de praderas, determinó una reducción en la diversidad de especies y la posible reducción de la cobertura vegetal de la superficie agrícola.

En segundo lugar, la relación de precios entre los productos fitosanitarios y los granos cosechados determinó el incremento del uso de insecticidas en un sistema agrícola intensificado. Adicionalmente, esta ecuación favorable condujo a la adopción más o menos generalizada de algunas prácticas innecesarias (mezcla de insecticidas de bajo costo con la aplicación de glifosato en presembrado), todo lo que determinó un escenario tendiente a la disminución de la eficiencia del control natural, anteriormente favorecido por el sistema de producción agrícola-pastoril diversificado.

La intensificación del sistema, en consecuencia, apuntaba a provocar una reducción en la eficiencia del control natural y una mayor necesidad de uso de agroquímicos, conducentes al agravamiento de los problemas de las plagas principales de los cultivos y a una importancia creciente de la incidencia de plagas secundarias.

¹Ings. Agrs. Dpto. de Protección Vegetal, EEMAC.

²Ings. Agrs. Ayudantes de Investigación, Dpto. de Protección Vegetal, EEMAC.

EL DIAGNÓSTICO

La investigación nacional debía generar rápidamente resultados que aportaran información confiable para evitar o revertir aquellos riesgos que, desde el enfoque teórico, podrían llevar a una espiral creciente en el uso de insecticidas.

El alto valor del producto y el bajo costo relativo de los insumos, en un estricto análisis de costo/beneficio para el período del cultivo o del año agrícola, justificaban el empleo de insecticidas frente a cada vez menores valores esperados de daño y de pérdidas de la producción.

El bajo costo relativo de los productos y la operativa de aplicación ponían en duda, para muchos, la aplicabilidad o el beneficio del monitoreo de plagas que, aunque indispensable para la definición de la necesidad de la aplicación, resulta costoso en tiempo y recursos.

El análisis costo/beneficio, cuando es realizado solamente considerando variables económicas, generalmente resulta desfavorable para el empleo de insecticidas modernos y selectivos y predispone al uso de productos de amplio espectro, si mantienen su eficiencia, por ser más baratos.

En el país, el incremento de la proporción de soja en la secuencia agrícola resultó en un aumento de la fuente de alimento preferida de un insecto plaga temible; la chinche pequeña, *Piezodorus guildinii*. Esta plaga provoca daños directos y de importancia en la producción y calidad del grano, carece de un complejo eficiente de controladores naturales y existen pocos insecticidas registrados y disponibles para su control.

LAS INTERROGANTES

El diagnóstico descrito desembocaba en una serie de interrogantes. Entre otras, ¿sería sostenible un uso frecuente de insecticidas en un mediano plazo? Por otra parte, ¿sería razonable pensar en que este uso frecuente de insecticidas estuviera directamente relacionado con problemas crecientes de plagas conocidas y el aumento en la incidencia de plagas secundarias? Más temprano que tarde se observaron dificultades para el control eficiente de las chinches y el aumento creciente de incidencia de plagas como arañuela, trips y la lagarta defoliadora *Rachiplusia nu.*

Parecía indispensable generar resultados nacionales que demostraran la necesidad de tomar decisiones de manejo que fueran un poco más allá de la justificación económica del costo/beneficio en el corto plazo. Entre ellas, demostrar la inconveniencia del uso innecesario de insecticidas, fundamentalmente

los más baratos, de amplio espectro. Innecesarios cuando no están las plagas (en presembrado) o cuando están y alcanzan poblaciones capaces de causar niveles de daño, pero que pueden ser controladas eficientemente con insecticidas selectivos.

El primer objetivo: garantizar el ambiente más favorable a la expresión del control natural del sistema. El inconveniente tradicional ha sido demostrar la ventaja económica de esta situación en el corto plazo de un ciclo de cultivo o de un año agrícola.

El segundo objetivo, para el éxito en el manejo de las plagas más complicadas: la necesidad de realizar estudios básicos, para comprender su comportamiento en el sistema de producción nacional y poder implementar estrategias de manejo que puedan complementar un manejo basado exclusivamente en el empleo de insecticidas.

¿LAS RESPUESTAS?

A través de proyectos de investigación concursables y esfuerzos integrados con empresas e instituciones de investigación se generaron y divulgaron resultados tendientes a contribuir al aumento de los elementos disponibles para los profesionales (futuros y en actividad) para la mejora en las técnicas de manejo integrado de las plagas agrícolas.

Las investigaciones han aportado al conocimiento de la biología de las plagas y de sus controladores naturales. Las empresas han contribuido con el registro y la disponibilidad de productos selectivos y en la orientación para su manejo.

Se destinaron esfuerzos interinstitucionales en la divulgación de la necesidad de monitoreos sistemáticos, el destierro de prácticas inadecuadas (tratamientos innecesarios, productos poco selectivos) y la importancia de las prácticas "mejoradas" (monitoreo y empleo de productos selectivos).

Generalmente se afirma que gran parte de los insectos fitófagos que se encuentran en los cultivos solamente alcanzan niveles de daño económico cuando los controladores naturales no están presentes en el número suficiente para mantenerlos en bajos niveles de expresión. Los resultados observados para la lagarta defoliadora *Anticarsia gemmatalis* en soja confirman esta afirmación (Binnewies y Gianì, 2006) (Figura 1).

Estos autores verificaron que los predadores predominantes en el área de evaluación (arañas, *Orius* sp., *Geocoris* sp., otras chinches predatoras de las familias Reduviidae y Nabidae, larvas de crisopas y el coccinélido *Eriopis connexa*) fueron significativamente afectados por los tratamientos con los insecticidas convencionales más usados en el cultivo, fundamentalmente los de amplio espectro (piretroides), mientras que los tratamientos con insecticidas selectivos (reguladores de crecimiento) presentaron niveles semejantes a los del área testigo sin aplicación de insecticidas. Ribeiro *et al.*, en esta edición de Cangüé, presentan resultados adicionales en el mismo sentido.

Castiglioni (2006; 2007)¹ demostró el beneficio del uso de insecticidas selectivos para el control de *Epinotia aporema* sobre la dinámica de los predadores y su efecto posterior en la incidencia de lagartas defoliadoras (Figura 2).

¹ Estudios financiados por INIA y Mesa Tecnológica de Oleaginosas.

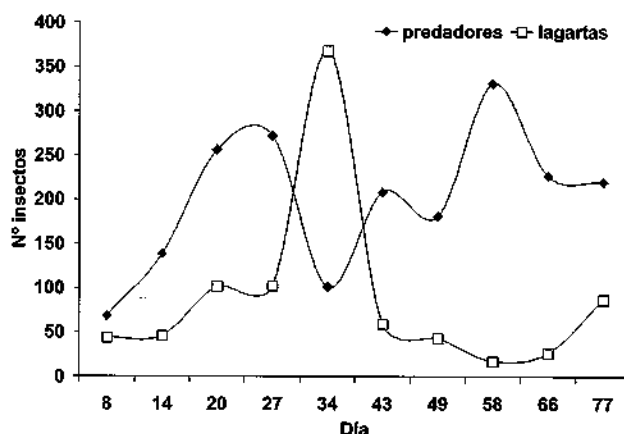


Figura 1. Evolución total de lagartas y predadores en capturas semanales con red entomológica en área de soja sin empleo de insecticidas.

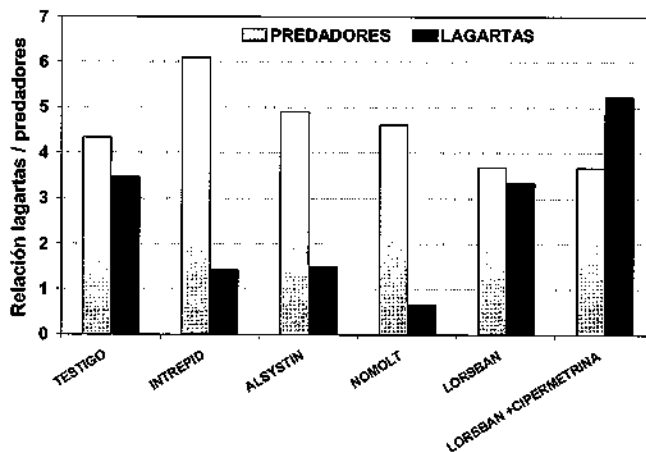


Figura 2. Número de lagartas defoliadoras y predadores por metro de hilera de soja promedio de siete evaluaciones semanales en un período de 60 días posteriores al tratamiento con diferentes insecticidas para el control temprano de *Epinotia aporema*.

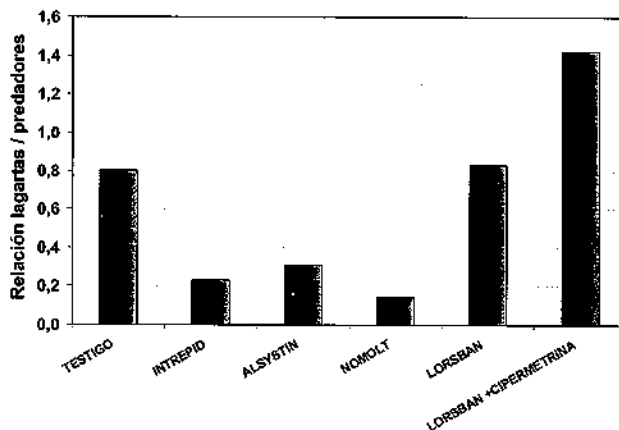


Figura 3. Relación entre el número de lagartas defoliadoras y predadores promedio de siete evaluaciones semanales en un período de 60 días posteriores al tratamiento con diferentes insecticidas para el control temprano de *Epinotia aporema*.

Las poblaciones de lagartas se mantuvieron significativamente más bajas, hasta dos meses después de la aplicación, en las parcelas pulverizadas con reguladores de crecimiento que en el testigo sin aplicar y en las que se aplicaron insecticidas menos selectivos.

La importancia de la conservación de los predadores del sistema se visualiza cuando se representa gráficamente la relación promedio comparativa entre predadores y lagartas, en los diferentes tratamientos, en un período de 60 días posteriores a la aplicación (Figura 3).

Este beneficio del uso de los reguladores de crecimiento frecuentemente se cree asociado a un alto poder residual de estos insecticidas. Los resultados de mortalidad de lagartas recién nacidas de *A. gemmatalis*, *R. nu* y *Pseudaletia adultera*, alimentadas en laboratorio con hojas de soja o trigo, conteniendo residuos de metoxifenocida en diferentes momentos después de su aplicación a campo, indican que su efecto residual no supera una semana, en promedio (Castiglioni *et al.*, 2005) (Figura 4).

Estos resultados demuestran que la efectividad residual durante tiempo prolongado de los tratamientos realizados con reguladores de crecimiento no se debe a la acción de los productos sino al control complementario que realizan los enemigos naturales, que son preservados por estos insecticidas.

Resultados consistentes relacionados con la conveniencia del empleo de insecticidas selectivos, aportaron a un manejo más racional de los lepidópteros plaga (barrenadores y defoliadores). Sin embargo, el mayor desafío fue la generación de elementos que aportaran al manejo de las chinches.

La presencia frecuente de poblaciones de *P. guildinii* en niveles de daño económico y las escasas alternativas de insecticidas disponibles para su control, condujeron a la manifestación de niveles de resistencia a endosulfán en poblaciones de campo (Castiglioni *et al.*, 2004; Castiglioni *et al.*, en prensa).

Los esfuerzos de la investigación se han centrado en las siguientes líneas: a) evaluación de alternativas de menor impacto ambiental, b) aumento de la eficiencia de las técnicas de aplicación, c) generación de información biológica de la plaga en el sistema de producción y d) desarrollo de métodos alternativos al control químico.

La Mesa Tecnológica de Oleaginosas impulsó trabajos conducidos por Facultad de Agronomía e INIA tendientes a generar información relativa a las dos primeras líneas de acción. Se generaron resultados alentadores en relación de la eficiencia de control de *P. guildinii* con dosis reducidas de insecticidas en mezcla con 0,5% de sal de cocina (Zerbino, 2007) y se impulsaron investigaciones tendientes a incrementar la eficiencia de las técnicas de aplicación (Olivet y Zerbino, 2006; 2007¹; Villalba *et al.*²).

En Facultad de Química se investigan insecticidas de origen vegetal para el control de chinches (Baruffaldi *et al.*, 2007). Tam-

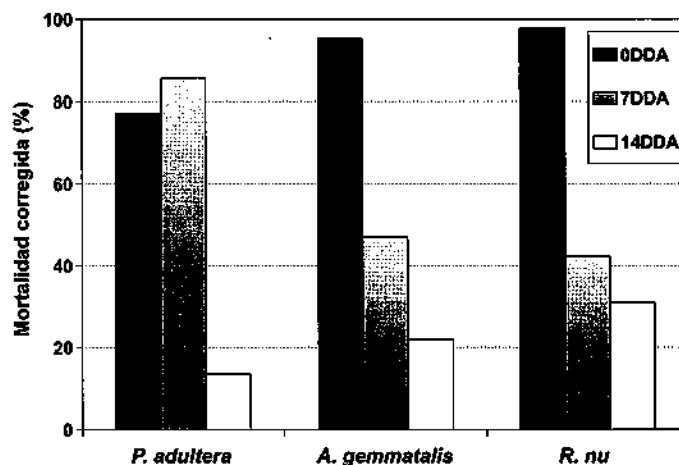


Figura 4. Mortalidad corregida (Henderson & Tilton 1955) de larvas neonatas de *Anticarsia gemmatalis*, *Rachiplusia nu* y *Pseudaletia adultera*, alimentadas en laboratorio con hojas de soja o trigo, conteniendo residuos de metoxifenocida de 0, 7 y 14 días posteriores a la aplicación (DDA).

bién, con apoyo de Facultad de Agronomía, se conducen estudios con feromonas de *E. aporema* y *P. guildinii* que podrán tener, además, una importante contribución como ayuda a las estrategias de monitoreo de estas especies (González Ritzel *et al.*)³.

Parte de las informaciones biológicas generadas aportan a la comprensión de la dinámica de estas especies en el sistema de producción local. Así, en el Estado de Paraná, en Brasil, se ha establecido la importancia de especies del género *Indigofera* como hospederos alternativos a la soja durante la fase de quiescencia invernal de *P. guildinii* (Panizzi, 1997). En nuestras condiciones, más frías, se producen cambios evidentes de coloración de los adultos sobre el fin de la estación de crecimiento, lo que constituye un indicio de preparación de formas diapausantes para el período invernal. En los muestreos realizados en las investigaciones conducidas en los últimos años se verificó la presencia de formas invernantes debajo de cáscaras de árboles, bajo los restos secos de cultivos de sorgo y protegidas bajo la vegetación de borde de alambrados.

En contraste con las condiciones más cálidas de Brasil, donde *P. guildinii* atraviesa su inactividad reproductiva en hospederos alternativos, en las condiciones locales de mayor latitud e invierno más frío, todo indica que *P. guildinii* pasa como adulto invernante en lugares protegidos. Los adultos dejan de reproducirse hacia el fin de la estación de crecimiento de la soja, en otoño, recibiendo el estímulo para las formas diapausantes, de coloraciones rojizas. Al llegar la primavera, la primera generación que vuelve a tener actividad reproductiva después del invierno, tiene preferencia por las leguminosas forrajeras, que tienen estructuras reproductivas más temprano en la estación, que la soja.

Muestreos realizados en cultivos de sorgo, girasol, soja y leguminosas forrajeras dan base a esta hipótesis: la presencia predominante de *P. guildinii* en trébol rojo y lotus durante la primavera se reduce a medida que aumentan las capturas en soja, en cuanto empiezan a encontrarse vainas y granos en este cultivo

¹ Mesa Tecnológica de Oleaginosos. Informe Técnico de resultados de ensayos del Grupo de Manejo de Plagas.

² Villalba, J. *et al.* Impacto de la tecnología de aplicación en la deriva y la eficiencia biológica de productos fitosanitarios en soja. Proyecto PDT- Facultad de Agronomía.

³ González Ritzel, A. *et al.* Caracterización de feromonas sexuales de lepidópteros de importancia económica en Uruguay: hacia el desarrollo de tecnologías de monitoreo basadas en feromonas para plagas de soja, girasol y trigo. Proyecto PDT - Facultad de Química.

(Figura 5). En estos muestreos realizados en componentes vegetales actualmente integrantes de la secuencia agrícola puede verificarse la ausencia de capturas de *P. guildinii* en los cultivos de sorgo y girasol.

La preferencia por las leguminosas forrajeras de la primera generación pos-invernal de chinches, y su pasaje posterior a los cultivos de soja en estadios reproductivos tempranos, fueron confirmados por Ribeiro (2007) con sus estudios en alfalfa y soja. De esta forma, en la Figura 6 se propone el esquema de la dinámica de esta especie en la secuencia productiva actualmente predominante, tomando como base el diagrama de Corrêa-Ferreira y Panizzi (1999).

En relación a los factores de mortalidad de esta chinche, se han generado nuevos conocimientos que complementan la escasa información nacional resumida por Bentancourt y Scatoni (2001). En el país, la especie predominante de parasitoide de huevos de *P. guildinii* es *Telenomus podisi* (Ávila, 2006; Ribeiro, 2007; Ribeiro *et al.*, 2007; Castiglioni, 2007a), que ha conformado más del 93% de los ejemplares obtenidos en la colecta de más de 22350 huevos, realizada en diferentes localidades durante el período 2004 - 2006 (Castiglioni *et al.*, en prensa).

T. podisi también es objeto de la incidencia negativa de los insecticidas empleados en la producción comercial de soja (Corrêa-Ferreira, 2002), de la misma forma que fue discutido anteriormente en relación a los predadores del sistema productivo.

Sin embargo, los estudios nacionales demostraron que este parasitoide es ineficiente en las condiciones naturales más favorables, tales como las leguminosas forrajeras y áreas de soja sin empleo de insecticidas. *T. podisi* no consigue parasitar la oferta completa de huevos de que dispone (Ribeiro, 2007) y ello está en concordancia con el hecho de que todos los años esta chinche alcance niveles de daño económico y requiera ser controlada con aplicaciones de insecticidas.

Se ha propuesto e iniciado un programa de adaptación y desarrollo de la cría de la chinche y su parasitoide en laboratorio, a los efectos de lograr la multiplicación de este último para su liberación inoculativa en el campo (Castiglioni y Chiaravalle, 2008).

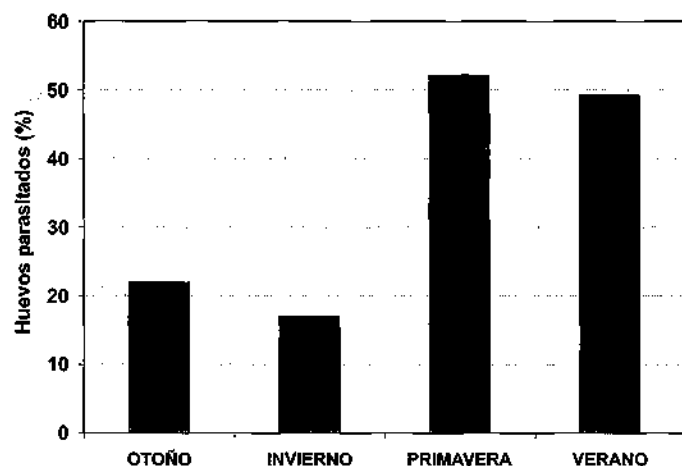


Figura 7. Porcentaje de parasitismo de huevos de *Piezodorus guildinii*, en las diferentes estaciones, en laboratorio (Adaptado de Castiglioni y Chiaravalle, 2008).

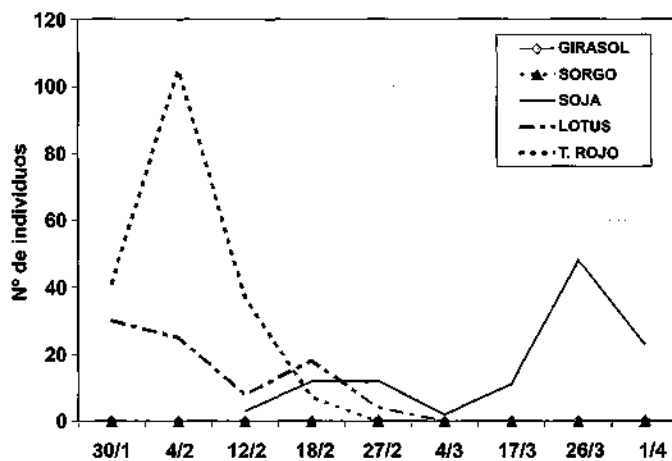


Figura 5. Ejemplares de *Piezodorus guildinii* capturados, con diferentes métodos de muestreo, en diversos componentes vegetales de la secuencia del sistema agrícola-pastoril del litoral oeste.

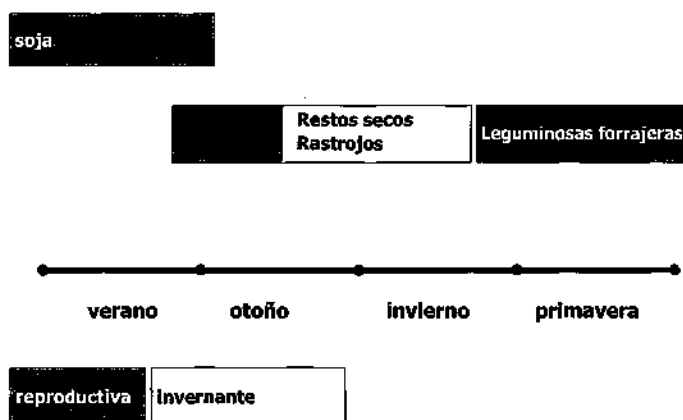


Figura 6. Secuencia de hospederos y de formas adultas (reproductiva; invernante) de *Piezodorus guildinii* en el sistema productivo actual de Uruguay (Re-diagramado de Panizzi, Corrêa-Ferreira y Panizzi 1999).

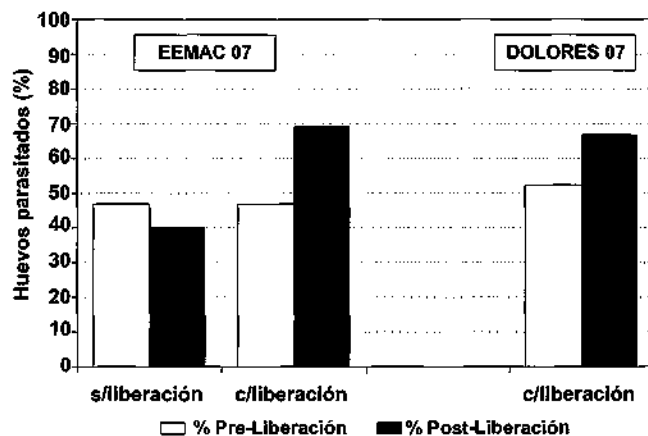


Figura 8. Porcentaje de parasitismo de huevos de *Piezodorus guildinii*, antes y después de la liberación de 5000 huevos parasitados por *Telenomus podisi*, en áreas de soja de dos localidades, año 2006/2007.

La adopción de las estrategias propuestas para el manejo de las plagas de la fase temprana (vegetativa) de desarrollo de la soja resulta alentadora. Se ha constatado la reducción de aplicaciones innecesarias de insecticidas y la sustitución de insecticidas residuales y de baja selectividad por productos más selectivos, como consecuencia de los esfuerzos, tanto privados como públicos, materializados en la disponibilidad de opciones selectivas, la información generada y los mecanismos de divulgación implementados.

La reducción de la magnitud de expresión de las plagas secundarias (*R. nu*, trips y araña), en varias localidades, podría ser una consecuencia de este ajuste del manejo.

La soja, sin embargo, no es el único componente de este proceso de intensificación, que presenta un interés creciente por otros granos y destinos. Se ha revitalizado la siembra de maíz y se ha verificado un incremento sostenido en la utilización de híbridos modificados genéticamente para resistencia a lepidópteros plagas (maíces Bt). Esta tecnología contribuye a la disminución de

empleo de insecticidas en este cultivo. No obstante, han aparecido nuevos síntomas de alerta: el traslado de la práctica de la mezcla de insecticidas con el herbicida presiembra y el incremento de las poblaciones y los daños de lagarta cogollera *Spodoptera frugiperda*, en la última zafra, como ejemplo.

Monitoreos realizados en cultivos de maíz Bt y sus áreas de refugio¹, durante tres años, desde Colonia hasta Salto, han generado un importante volumen de información nacional sobre la dinámica de los insectos plaga, sus daños y la incidencia de sus principales controladores naturales (Castiglioni *et al.*, 2006; 2007b). Una de las constataciones más preocupantes de este estudio fue la baja incidencia, en los tres años, del parasitoides *Campoletis* sp., uno de los principales controladores naturales de *S. frugiperda*.

No es posible aún explicar la baja presencia de este parasitoides, que frecuentemente se constataba, en los cultivos de la "era convencional", provocando índices de parasitismo cercanos o superiores a 50% en lagarta cogollera. Lo que sí debe ser comprendido, es que el manejo integrado se realiza en el sistema, no en el cultivo, y que las decisiones puntuales aplicadas a partes del mismo, pueden expresar sus consecuencias en los momentos o lugares menos esperados de la secuencia. ➤

¹ Convenio de Asistencia Técnica Facultad de Agronomía – Entoagro – INIA, financiado por Cámara Uruguaya de Semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA, I. 2006. Parasitismo de huevos de chinche *Piezodorus guildinii*, en soja. Montevideo, Facultad de Agronomía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. 60p.
- BARUFFALDI, L.; DÍAZ, M.; GONZÁLEZ, A.; PEREYRA, C.; SILVA, H.; CASTIGLIONI, E.; ROSSINI, C. 2007. Activity of extracts from *Melissae azedarach* against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) pest of forage legumes and soybean. Brazilian Conference on Natural Products (1^o, 2007, São Pedro), Annual Meeting on Micromolecular Evolution Systematics and Ecology (27^o, 2007, São Pedro). Abstract.
- BENTANCOURT, C. M.; SCATONI, I. B. 2001. Enemigos naturales. Manual ilustrado para la agricultura y la forestación. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. PREDEG-GTZ. Montevideo, Uruguay. 169p.
- BINNEWIES, C.; GIANI, G. 2006. Incidencia del manejo diferencial de insecticidas en plagas de soja y biocontroladores. Montevideo, Facultad de Agronomía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. 54p.
- CASTIGLIONI, E.; GIANI, G.; BINNEWIES, C. 2004. Resistencia de *Piezodorus guildinii* Westwood (Heteroptera: Pentatomidae) al insecticida endosulfán. Congreso Brasileiro de Entomología (20^o, 2004, Gramado). Resumos. p.516.
- CASTIGLIONI, E. 2005. Efecto residual de la aplicación de metoxifenocida en campo sobre la eclosión y mortalidad de larvas de lepidópteros. Consultoría Técnica de EEMAC- Facultad de Agronomía para RUTILÁN S.A. 7p.
- CASTIGLIONI, E. 2006. Mesa Tecnológica de Oleaginosas. Informe Técnico de resultados de ensayos del Grupo de Manejo de Plagas. EEMAC. 22p.
- CASTIGLIONI, E.; CHIARAVALLE, W.; ZERBINO, M. S. 2006. Monitoreo de insectos plagas y biocontroladores en cultivos de maíz Bt y áreas de refugio, en el litoral oeste. Informe de resultados. Facultad de Agronomía, EEMAC; Entoagro; INIA-La Estanzuela. 27p.
- CASTIGLIONI, E. 2007a. Factores naturales de mortalidad de *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Heteroptera: Pentatomidae) en rotación cultivo-pastura. Informe final CSIC I+D. 13p.
- CASTIGLIONI, E. 2007b. Mesa Tecnológica de Oleaginosas. Informe Técnico de resultados de ensayos del Grupo de Manejo de Plagas. EEMAC. 14p.
- CASTIGLIONI, E.; CHIARAVALLE, W.; AZNÁREZ, G.; ZERBINO, M. S. 2007. Monitoreo de insectos plagas y biocontroladores en cultivos de maíz Bt y áreas de refugio, en el litoral oeste. Informe de resultados. Facultad de Agronomía, EEMAC; Entoagro; INIA-La Estanzuela. 28p.
- CASTIGLIONI, E.; CHIARAVALLE, W. 2008. Desarrollo y validación de alternativas al control químico de plagas en cultivos extensivos – control biológico con parasitoides de chinches y lagartas en el cultivo de soja. Informe de ejecución técnica. Proyecto asociativo de empresas para temas tecnológicos- PDT S/E/AST/04/003. 26p.
- CASTIGLIONI, E.; GIANI, G.; BINNEWIES, C.; BENTANCOURT, O. Resistencia de la chinche *Piezodorus guildinii* Westwood al insecticida endosulfán. Agrociencia (En prensa).
- CASTIGLIONI, E.; RIBEIRO, A.; ALZUGARAY, R.; SILVA, H.; ÁVILA, I.; LOIÁCONO, M. Egg parasitoids of *Piezodorus guildinii* Westwood (Hemiptera: Pentatomidae) in Uruguay. Neotropical Entomology (En prensa).
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, R. 1999. Percevejos da soja e seu manejo. Londrina. EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 24. 45p.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. 2002. *Trissolcus basalís* para o controle de percevejos da soja. In: Controle biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores. Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. São Paulo, Manole cap 27, pp. 449-476.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology. 48:157-161.
- PANIZZI, R. 1997. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. Annual Review of Entomology, 42: 99-122.
- RIBEIRO, A. 2007. Fluctuaciones de poblaciones de *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) y caracterización de sus enemigos naturales en soja y alfalfa. Montevideo, Facultad de Agronomía, Tesis de Maestría. 64p.
- RIBEIRO, A.; ALZUGARAY, R.; CASTIGLIONI, E.; SILVA, H.; STEWART, S.; BARTABURU, S. 2007. Caracterización de las poblaciones de biocontroladores de insectos plaga en sistemas de producción agrícola pastoriles del litoral oeste uruguayo. Taller Internacional: Producción y manejo agroecológico de artrópodos benéficos. Fitosanidad 11(2): 110.
- ZERBINO, M. S. 2007. El cloruro de sodio como potencializador de insecticidas. Revista INIA Uruguay, 13: 16-19.

Efecto de la aplicación de insecticidas sobre enemigos naturales de insectos plaga en soja

Adela Ribeiro*, Horacio Silva**, Enrique Castiglioni*, Sebastián Bartaburu**

INTRODUCCIÓN

En los sistemas agrícola-pastoriles de Uruguay la conservación de enemigos naturales debería ser uno de los pilares fundamentales del manejo de plagas, como forma de reducir la aplicación de insecticidas y por lo tanto las consecuencias indeseables que estas aplicaciones traen aparejadas. El arma más poderosa que se dispone para la conservación de enemigos naturales es el manejo adecuado de insecticidas.

El cultivo de soja es uno de los más problemáticos en cuanto al número y dificultad de control de los insectos que lo atacan. Las aplicaciones innecesarias o la utilización de insecticidas de amplio espectro pueden disminuir la población de enemigos naturales y provocar que especies que no hubieran alcanzado el umbral de daño económico lo hagan y, por lo tanto, se incremente el número de aplicaciones realizadas en una zafra.

Este trabajo se realizó con el objetivo de estudiar cómo se comportan las poblaciones de enemigos naturales de las plagas de soja en situaciones con y sin aplicación de insecticidas. Los trabajos se realizaron durante 2005-2006 y 2006-2007; en cada año se relevó la población de insectos plaga y enemigos natura-

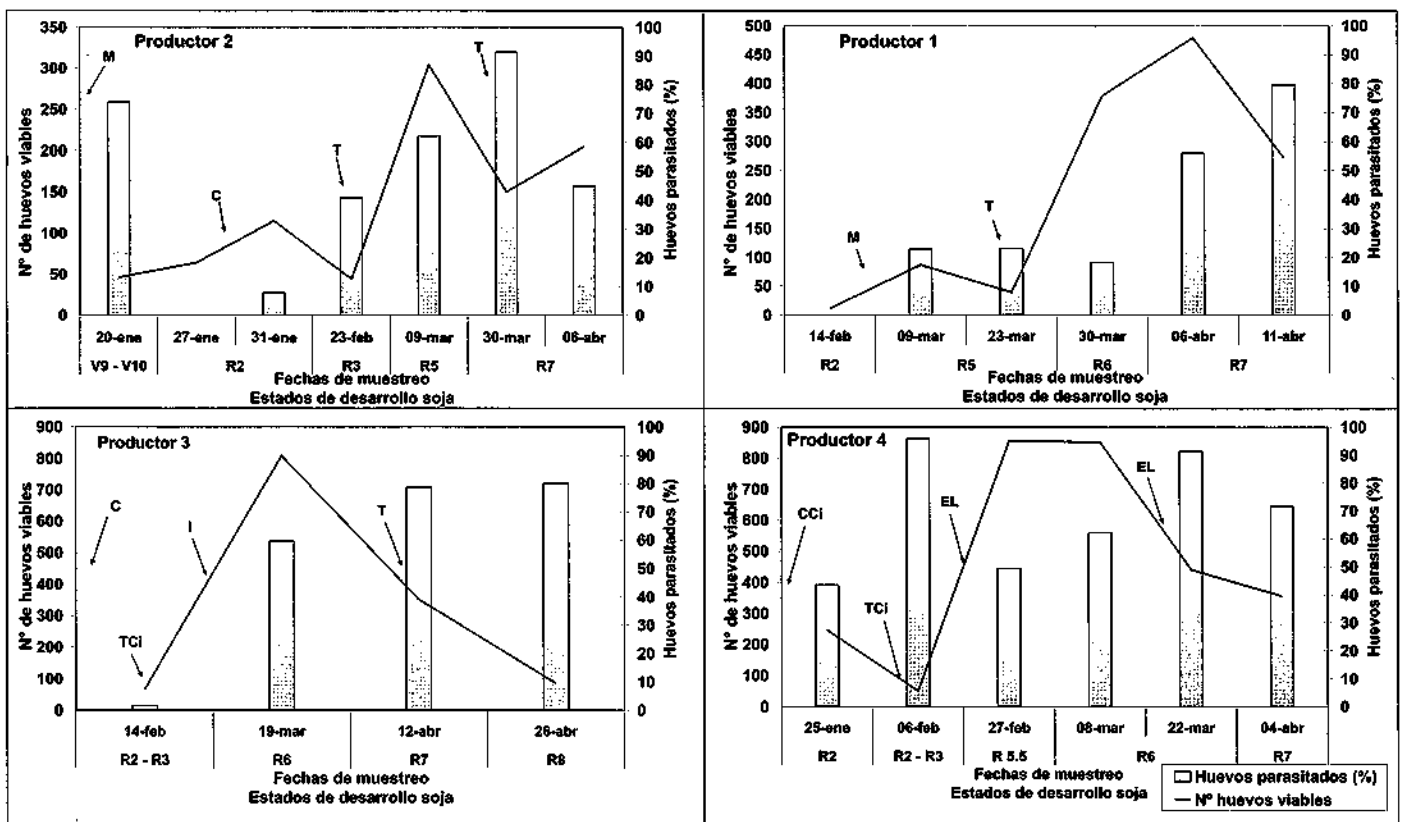
les en una chacra sin aplicación de insecticidas (EEMAC) y dos chacras en las cuales las aplicaciones se realizaron según las recomendaciones del técnico asesor, productores 1 y 2 (2005-2006) y 3 y 4 (2006-2007) (Cuadro 1). Los muestreos se realizaron semanalmente en las chacras sin aplicación de insecticidas y quincenalmente en las de productores. Las fluctuaciones de poblaciones de parasitoides de huevos de *Piezodorus guildinii* se determinaron colectando posturas de esta especie en cinco estaciones por borde de cultivo y 10 estaciones en las diagonales. En cada estación se colectaron los huevos encontrados en un metro de plantas, en esas mismas plantas se colectaron también, larvas de *Epinotia aporema*. Los huevos y larvas se llevaron a laboratorio donde se determinaron y cuantificaron las causas de mortalidad de ambas especies. Las poblaciones de parasitoides de *Anticarsia gemmatalis* se estudiaron colectando lagartas mediante 100 golpes de red entomológica en cada fecha de muestreo. Las larvas se llevaron a laboratorio donde fueron criadas y se determinaron cualitativamente y cuantitativamente las causas de mortalidad. Las fluctuaciones de *P. guildinii*, *A. gemmatalis* y predadores se determinaron mediante 30 muestras tomadas con paño vertical en cada fecha de muestreo.

Cuadro 1 - Aplicaciones de insecticidas en predios de productores 2005 - 2006; 2006 - 2007.

Productor	Aplicación 1	Aplicación 2	Aplicación 3	Aplicación 4	Aplicación 5
1	21/02/2006 Metoxifenocide	11/03/2006 (Tiametoxan + Lambdacialotrina)	-	-	-
2	22/12/2005 Metoxifenocide	29/01/2006 Clorpirifós en borde del cultivo	23/02/2006 (Tiametoxan + Lambdacialotrina)	15/03/2006 (Tiametoxan + Lambdacialotrina)	
3	06/01/2007 Clorpirifós	29/01/2007 Clorpirifós	14/02/2007 (Tiametoxan + Lambdacialotrina) + Cipermetrina	10/03/2007 Imidacioprid + Betacyfluthrina	02/04/2007 (Tiametoxan + Lambdacialotrina)
4	06/01/2007 Clorpirifós + Cipermetrina + Glifosato	03/02/2007 Cipermetrina + (Tiametoxan + Lambdacialotrina)	25/02/2007 Endosulfán + Lambdacialotrina	13/03/2007 Endosulfán + Lambdacialotrina	

* Ings. Agrs. Dpto. de Protección Vegetal, EEMAC.

** Ings. Agrs. Ayudantes de Investigación, Dpto. de Protección Vegetal, EEMAC



Referencias: Las flechas indican la fecha de aplicación de insecticidas. M = Metoxifenocida, C = Clorpirifós; T = Tiametoxán + Lambdacialotrina; Ci = Cipermetrina; E = Endosulfán; L = Lambdacialotrina; I = Imidacloprid + Betacyfluthrina

Figura 1. Número de huevos viables y porcentaje de huevos parasitados de *P. guildinii* en diferentes fechas de muestreo en soja con aplicación de insecticidas.

RESULTADOS

El parasitoide *Telenomus podisi* fue el enemigo natural más importante de *P. guildinii* y se halló en más del 90% de los huevos parasitados. Este resultado es similar al encontrado por otros autores en la región (Panizzi y Smith, 1976; Thomazini, 1999; Godoy y Ávila, 2000). En los cultivos sin aplicación de insecticidas el porcentaje de huevos parasitados en el momento de máximo número de huevos fue de 74,85% y 53,49%. En predios de productores esos valores estuvieron entre 55,95% y 62,17%. Aunque las diferencias entre chacras no fueron importantes, las poblaciones del parasitoide se vieron afectadas por la aplicación de clorpirifós (productores 2 y 3). En cambio, el tiametoxán más lambdacialotrina (Engeo), aunque disminuyó el número de huevos de *P. guildinii* (por su efecto sobre los adultos) no parece haber afectado al parasitoide. Godoy *et al.* (2004), en condiciones de laboratorio, encontraron efectos adversos del endosulfán sobre otro parasitoide de huevos de pentatómidos. En este trabajo, sin embargo, el efecto del endosulfán más lambdacialotrina no es claro ya que parece haberlo afectado en una oportunidad y no lo afectó en la otra (productor 4) (Figura 1).

La mortalidad natural promedio de *A. gemmatilis* fue baja en ambos años, los máximos porcentajes para todos los agentes se registraron en las situaciones sin aplicaciones de insecticidas

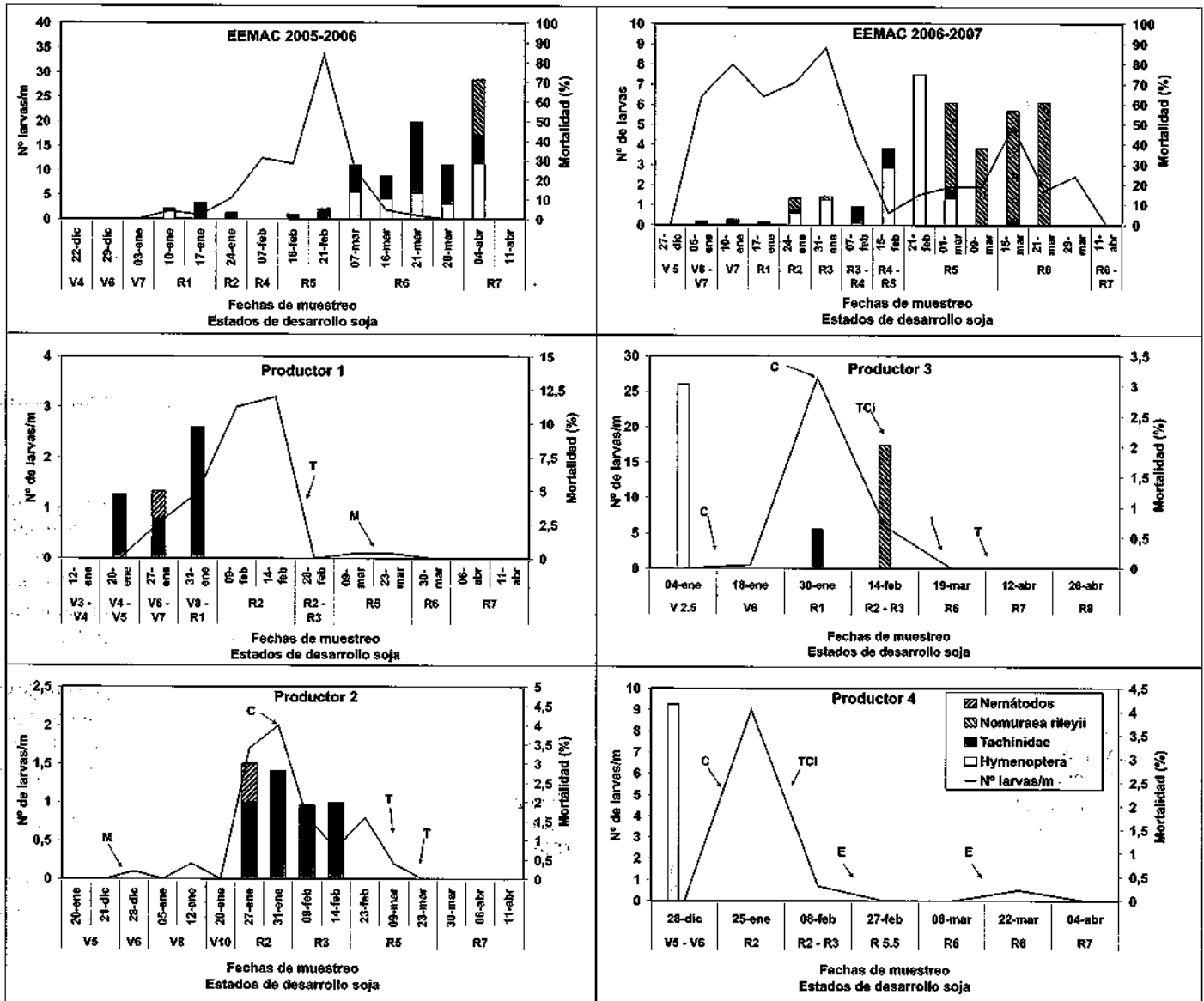
(EEMAC). En la zafra 2005-2006 los enemigos naturales que causaron mayor mortalidad fueron las moscas de la familia Tachinidae y en 2006-2007 el hongo patógeno *Nomuraea rileyii* (Cuadro 2). Esto puede explicarse por la mayor frecuencia de precipitaciones en el segundo año (Gazzoni *et al.*, 1998). Los nemátodos sólo aparecieron en las chacras de productores en 2005-2006.

En soja sin tratamientos insecticidas el máximo porcentaje de mortalidad alcanzado fue en 2005-2006 de 71,43% causado por himenópteros, taquínidos y *N. rileyii*, y en 2006-2007 de 75% causado por himenópteros exclusivamente. Estos porcentajes se alcanzaron el 4 de abril y el 21 de febrero, 11 y 21 días después del pico de larvas en 2005-2006 y 2006-2007, respectivamente (Figura 2).

En predios de productores los máximos porcentajes de mortalidad de *A. gemmatilis* fueron más bajos que en soja sin aplicación de insecticidas. Para los cultivos de los productores los porcentajes de mortalidad y sus causas fueron, respectivamente: 9,76% (taquínidos), 3,00% (nemátodos más taquínidos), 3,03% (himenópteros) y 4,17% (himenópteros). Estos máximos de mortalidad se dieron antes de la aplicación de insecticidas y antes del pico máximo de lagartas, excepto para el productor 2. En esta situación, el pico de mortalidad se dio durante la máxima población de larvas y luego de dos aplicaciones de insecticidas,

Cuadro 2. Número de larvas de *A. gemmatilis*, porcentaje de mortalidad causado por himenópteros, taquínidos y nemátodos y porcentaje de mortalidad total en chacras de soja (zafras 2005-2006 y 2006-2007).

Situación	2005-2006					2006-2007							
	n° lagartas	Him.	Tach.	<i>N. rileyii</i>	Nem.	Mort. Total (%)	n° lagartas	Him.	Tach.	<i>N. rileyii</i>	Nem.	Mort. Total (%)	
Soja	EEMAC	866	5,31	9,58	0,46	0,00	15,36	872	3,80	2,30	12,70	0,00	18,80
	Productor 1	392	0,00	2,04	0,00	0,51	2,55	-	-	-	-	-	-
	Productor 2	462	0,00	1,73	0,00	0,43	2,16	-	-	-	-	-	-
	Productor 3	-	-	-	-	-	-	240	0,42	0,40	0,40	0,00	2,90
	Productor 4	-	-	-	-	-	-	81	1,23	0,00	0,00	0,00	1,20



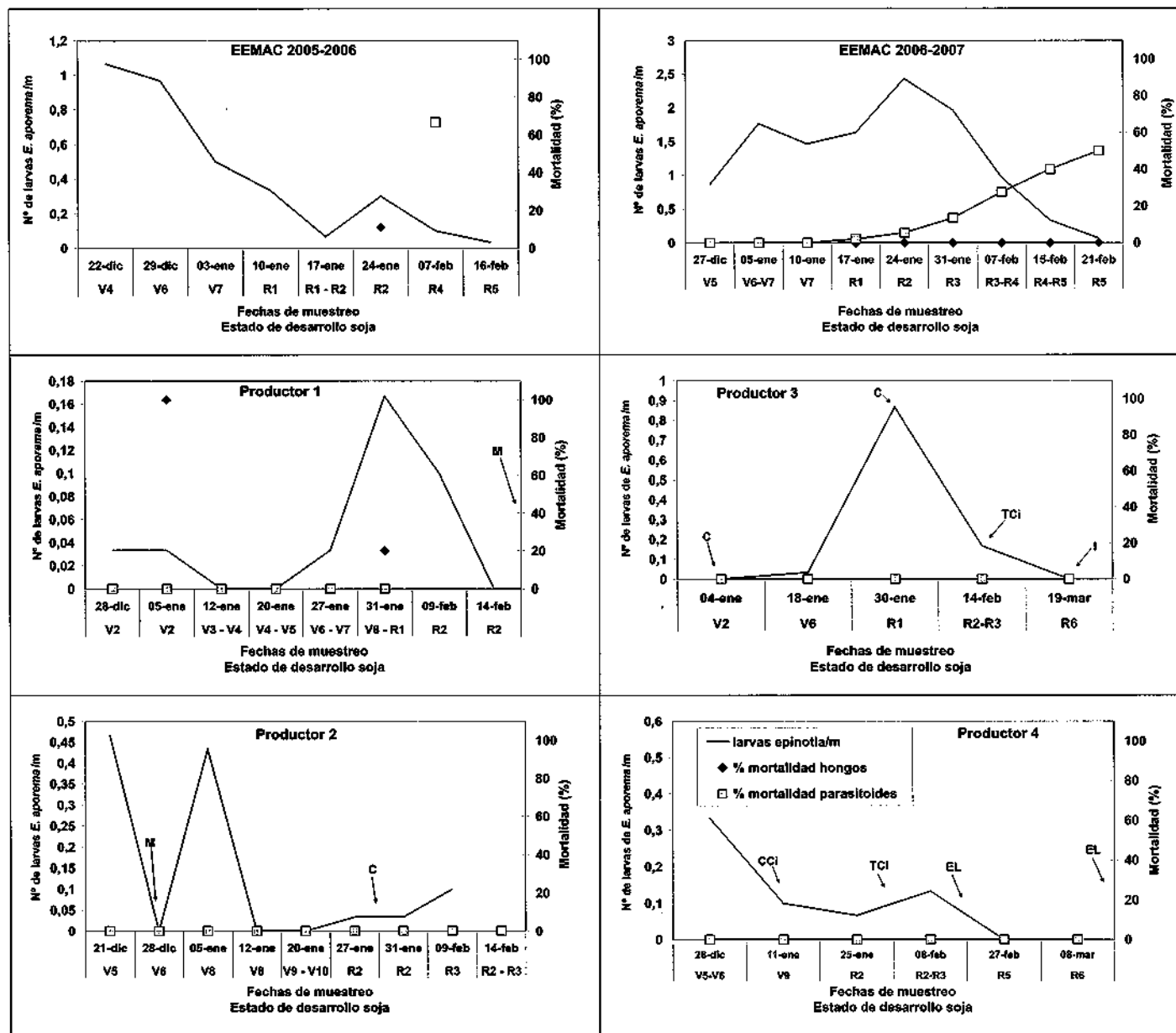
Referencias: Las flechas indican la fecha de aplicación de insecticidas. M = Metoxifenocida, C = Clorpirifós; T = Tiametoxán + Lambdacialotrina; Ci = Cipermetrina; E = Endosulfán; L = Lambdacialotrina; I = imidacloprid + betacyfluthrina.

Figura 2. Número de larvas de *A. gemmatilis* y porcentajes de mortalidad causados por enemigos naturales en diferentes fechas de muestreo en soja sin tratamientos insecticidas (EEMAC) y con tratamientos insecticidas (productores) (2005-2006, 2006-2007).

metoxifenocida y clorpirifós el último solamente en uno de los bordes del cultivo. Los himenópteros actuaron antes de la aplicación de insecticidas (productores 3 y 4) o no actuaron (productores 1 y 2). Los resultados sugieren que los insecticidas disminuyen la población de enemigos naturales de *A. gemmatalis*, especialmente la de los himenópteros. El tratamiento más agresivo fue el del clorpirifós aplicado en toda la chacra y cuando se aplicó sólo en un borde el efecto negativo fue menor (Figura 2).

El control natural de *E. aporema* fue bajo durante ambos años. En las chacras sin aplicación de insecticidas, en el momento de máxima población de larvas, se registró una mortalidad de 11,11% (hongos patógenos) y 5,48% (parasitoides) en 2005-

2006, y 2006-2007, respectivamente; la baja mortalidad natural de esta especie ha sido constatada anteriormente (Zerbino y Alzugaray, 1991 a y b). Los máximos porcentajes de mortalidad de larvas se produjeron una y dos semanas después del pico de larvas en el primer y segundo año, respectivamente y los valores alcanzados fueron de 66, 67% y 27, 59%. Los parasitoides de esta especie no fueron registrados en las chacras donde se aplicaron insecticidas, en estas situaciones la mortalidad de *E. aporema* fue nula excepto para el productor 1 donde se registró mortalidad provocada por hongos patógenos en dos fechas de muestreo. (Figura 3).



Referencias: Las flechas indican la fecha de aplicación de insecticidas. M = Metoxifenocida, C = Clorpirifós; T = Tiametoxán + Lambdaclotrina; CI = Cipermetrina; E = Endosulfán; L = Lambdaclotrina; I = Imidacloprid + Betacyfluthrina.

Figura 3. Larvas de *Epinotia aporema* por metro, mortalidad (%) por parasitoides y hongos en chacras de soja sin aplicación de insecticidas (EEMAC) y con aplicación de insecticidas (productores 1, 2, 3 y 4) 2005-2006, 2006-2007.

Dentro de los predadores el grupo predominante fueron las arañas, con más del 50% de la población total de predadores en la mayoría de las situaciones, las chinches predatoras fueron el segundo grupo en importancia en todas las situaciones excepto en el del productor 1. Dentro de este grupo los geocóridos (Figura 4) predominaron en tres situaciones, los nábidos (Figura 5) en dos y *Orius* sp. (Figura 6) en una. Dentro de los coccinélidos *Eriopis comexa* fue la especie más abundante excepto en EEMAC 2006-2007 donde predominó *Cycloneda sanguinea*.

Todos los predadores se capturaron en situaciones con y sin insecticidas, a excepción de *Coccinella ancoralis* que no se registró en predios en los que se aplicaron insecticidas.

La población total de predadores en soja sin insecticidas, fue mayor en el año 2005-2006 que en el 2006-2007. En 2005-2006 el máximo número de predadores por metro fue de 12,30 y al año siguiente de 3,30. Todos los grupos de predadores se comportaron de esa manera excepto *Orius* sp. cuya población fue mayor sobre el final del ciclo del cultivo en 2006-2007 y las arañas cuya población fue mayor durante las primeras fechas de muestreo en 2006-2007. La mayor población de predadores en 2005-2006 podría estar explicada porque en ese año, en relación a 2006-2007, existió una mayor cantidad y concentración de alimento para estos grupos. En el primer año hubo una mayor población de larvas de *A. gemmatalis* y además, la población de los distintos estados de desarrollo de *P. guildinii* prácticamente se superpusieron con el de lagartas.

Todos los insecticidas utilizados disminuyeron la población de predadores. En ambos años y durante todo el ciclo del cultivo, estas poblaciones fueron más bajas en las chacras con aplicación de insecticidas que en las que no se aplicaron (Figura 7). En trabajos de campo y laboratorio se ha encontrado que el metoxifenocida es menos tóxico para predadores que el imidacloprid (Angeli *et al.*, 2005) y éste menos tóxico que el endosulfán (Elzen, 2001). Por otra parte lambdacialotrina, según Tillman y Mulrooney (2000) presenta alta toxicidad para coccinélidos y *Geocoris punctipes*.

CONCLUSIONES

Los enemigos naturales de insectos plaga de la soja fueron afectados de diferente manera por los insecticidas utilizados. Los parasitoides de *E. aporema*, los himenópteros que afectan a *A. gemmatalis* y los predadores fueron los más sensibles siendo afectados por todos los insecticidas utilizados. Para los demás grupos de enemigos naturales el clorpirifós fue el insecticida menos selectivo.

Para disminuir los efectos adversos de los insecticidas sobre los enemigos naturales es necesario utilizar los insecticidas sólo cuando es necesario (siguiendo criterios de umbral de daño económico) y, cuando sea posible, utilizar los insecticidas más selectivos. Según los resultados de este trabajo el clorpirifós y el endosulfán deberían utilizarse con mayor precaución y en las situaciones que lo permitan en aplicaciones localizadas.

Mediante un adecuado manejo de insecticidas se logrará conservar al menos una parte de la población de los enemigos naturales y, por lo tanto, el número de aplicaciones podría disminuirse.



Figura 4. Adulto de *Geocoris* sp.

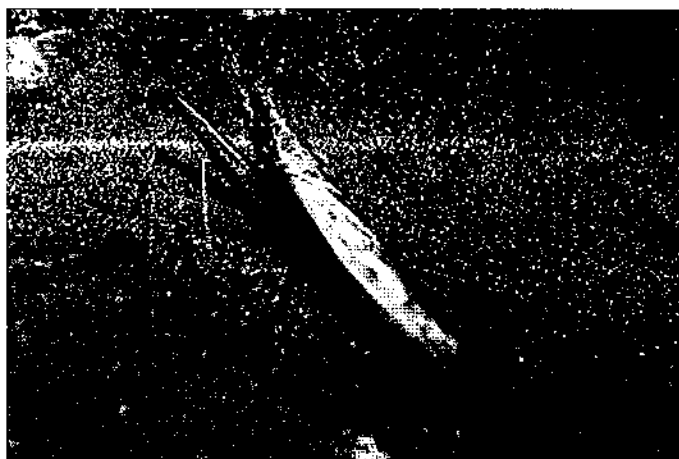


Figura 5. Adulto de Navidae.



Figura 6. Adulto de *Orius* sp.

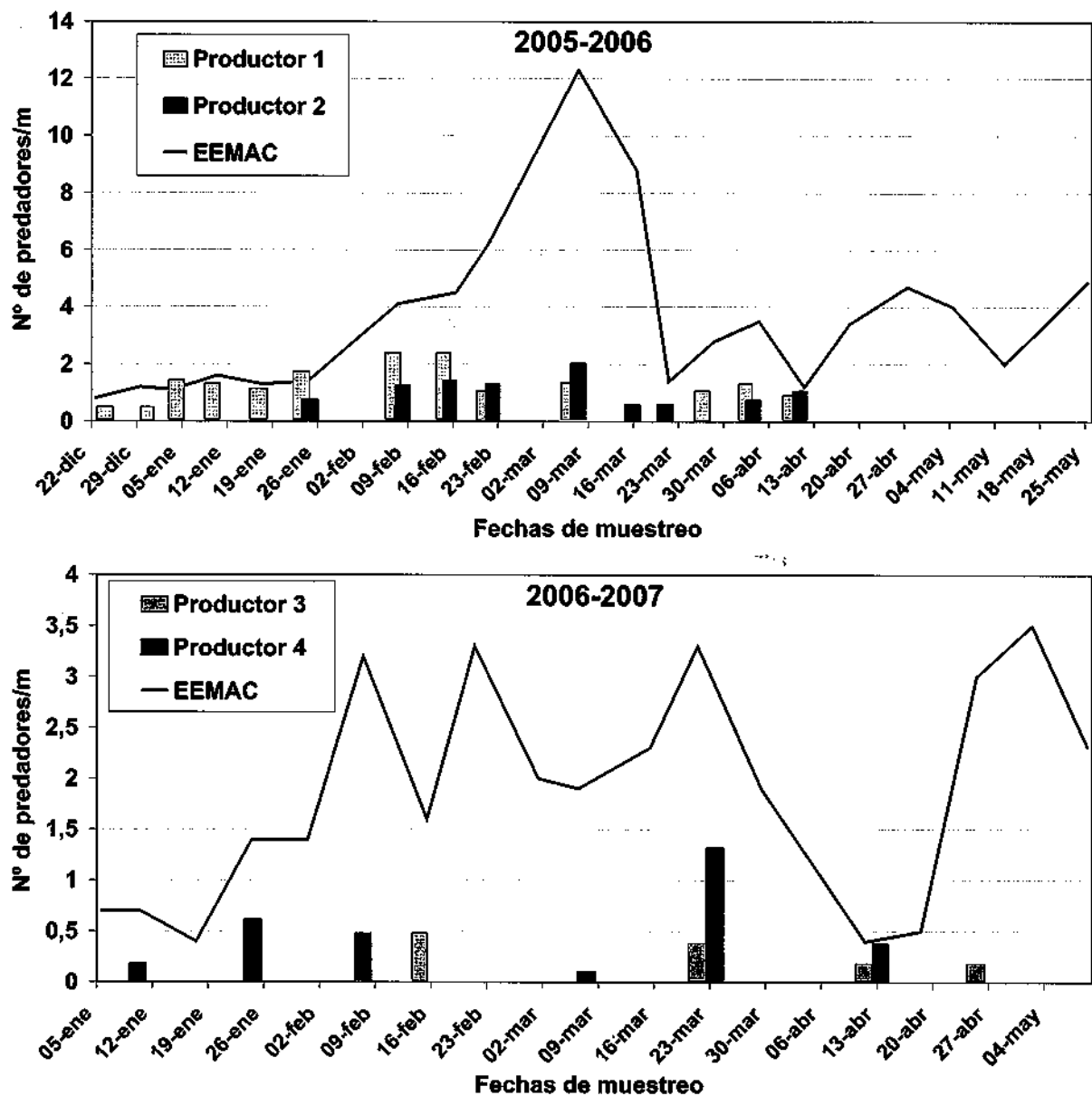


Figura 7. Total de predadores capturados con paño vertical durante 2005-2006, 2006-2007 en cultivos sin aplicación de insecticidas (EEMAC) y con aplicación de insecticidas (Productores).

BIBLIOGRAFÍA

- ANGELI, G.; BALDESSARI, M.; MAINES, R.; DUSO, C. 2005. Side-effects of pesticides on the predatory bug *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthracoridae) in the laboratory. *Biocontrol Science and Technology*. 15(7): 745-754.
- ELZEN, G. W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthracoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology*. 94(1): 55-59.
- GAZZONI, D. L.; JUNIOR, M. P.; GARAGORRY, F.; MOSCARDI, F. 1998. Mathematical simulation model of the velvetbean caterpillar. Description of the model. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 33(4): 1-14.
- 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.
- PANIZZI, A. R.; SMITH, J. S. 1976. Observações sobre inimigos naturais de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera, Pentatomidae) em soja. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 5(1): 11-17.
- THOMAZINI, M. J. 1999. Insetos associados à cultura da soja no estado do Acre. *Pesquisa em Andamento*. Embrapa. 144:1-3.
- TILLMAN, P. G.; MULROONEY, J. E. 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in Cotton. *Journal of Economic Entomology*. 93(6): 1638-1643.
- ZERBINO, M. S.; ALZUGARAY, R. 1991a. *Epinotia aporema* Wals. en semilleros de leguminosas forrajeras: In: Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. INIA. Serie Técnica 15:31-41.
- ZERBINO, M. S.; ALZUGARAY, R. 1991b. *Epinotia* en cultivos de leguminosas INIA. Hoja de divulgación 23: 1-3.

Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: aportes desde la EEMAC

Pablo Chillbroste*, María de los Ángeles Bruni*, Enrique Favre*, Diego Antonio Mattiauda*, Pablo Soca*

INTRODUCCIÓN

Parece oportuno celebrar los 15 años de la **REVISTA CANGÜÉ** realizando una mirada retrospectiva sobre la contribución en Tecnologías para la Producción de Leche realizada por el Grupo de Lechería de la EEMAC.

Igualmente oportuno resulta advertir al lector que el Grupo de Lechería de la EEMAC no existe ni administrativa ni académicamente en la Facultad de Agronomía. Es un nombre acuñado a lo largo de las Jornadas Anuales de Lechería organizadas en la EEMAC desde el año 2000 y que abarca al conjunto de personas que desde posiciones muy diversas han permitido darle continuidad a un cúmulo de actividades vinculadas a la producción, docencia, investigación y extensión en el espacio universitario que constituye la EEMAC. El Grupo de Lechería EEMAC excede largamente entonces a la lista de autores de esta contribución.

El objetivo de esta nota es repasar someramente las áreas de

trabajo abordadas por el Grupo de Lechería de la EEMAC en los últimos 15 años, ubicar su hilo conductor cuando es posible y plantear algunos temas que consideramos estratégicos para los próximos años.

MAPA TEMÁTICO

En la Figura 1 se sintetizan los principales temas abordados por el Grupo Lechería EEMAC. Si bien la separación del trabajo en dos períodos es un tanto arbitraria dado el solapamiento en el tiempo de muchas de las actividades, cumple con distinguir aquellas áreas de trabajo que han sido cerradas luego de cierto desarrollo (1988-1998) de las que permanecen vigentes en la agenda (1998-2008). El diagrama contiene dos aspectos que consideramos **centrales en la conceptualización del trabajo desarrollado:**

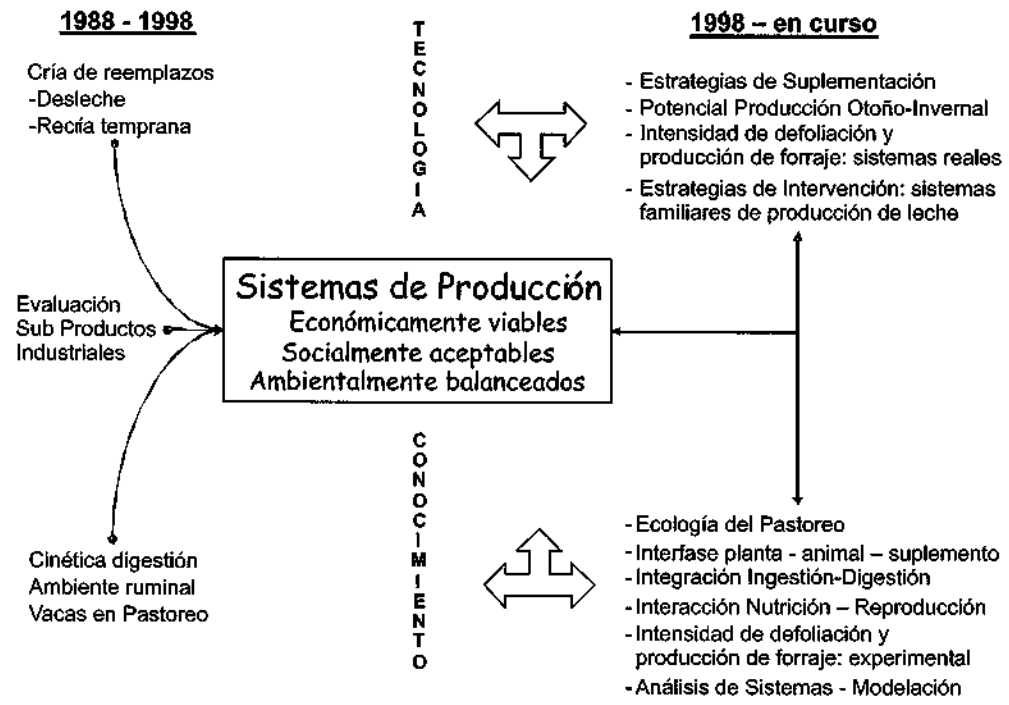


Figura 1. Principales temas abordados por el Grupo Lechería EEMAC

* Ings. Agrs., Dpto. de Producción Animal y Pasturas, EEMAC.

I) La ubicación de un objetivo central en torno al cual se han ido ordenando las acciones: **“Contribuir al diseño y desarrollo de Sistemas de Producción económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente balanceados”**. Esta definición fue adoptada y explicitada en el año 1999 en el marco de las Primeras Jornadas de Investigación organizadas por el Departamento de Producción Animal y Pasturas de la Facultad de Agronomía.

II) La articulación vertical de actividades que permitieran generar en forma simultánea **conocimiento sobre los procesos biológicos y desarrollo de aplicaciones tecnológicas** para los sistemas productivos.

DESCRIPCIÓN DE ÁREAS ABORDADAS

1. Desleche y Recría

El trabajo en esta área respondió fundamentalmente a una demanda del sector productivo quien reclamaba disponer de un menú de opciones tecnológicas para el desleche y recría posterior de los animales. En función de estas demandas se comenzaron trabajos focalizados en el pos-desleche definido éste como un período crítico desde dos perspectivas diferentes: 1) desde la época del año (otoño-invierno) en que los terneros se deben deslechar en condiciones de baja disponibilidad de forraje en el sistema y 2) desde la perspectiva del animal dado las etapas críticas involucradas en el pasaje de lactante a rumiante. El escaso desarrollo de los terneros al momento del desleche obliga a tomar una serie de precauciones y cumplir con una serie de etapas que garanticen una línea basal mínima de ganancia de peso por lo menos hasta los primeros 6 meses de edad, evitando así efectos negativos que persistan a lo largo de toda la recría y primeras lactancias. En base a bibliografía internacional se establecieron como valores de referencia lograr un 60% del peso adulto al momento del servicio y 85 a 90% del peso adulto al momento del 1º parto. La velocidad y condiciones en las que los animales lleguen a estas metas quedan definidas por las decisiones que se tomen en las etapas tempranas del proceso y de ahí la importancia de abordar el desleche y la recría posterior inmediata. Desde el año 1997 a la fecha el sistema de cría de la EEMAC contempla el desleche a los 45-50 días con un peso promedio de 60-65kg, y fue con estos animales que se plantearon los trabajos experimentales cuyo objetivo principal fue determinar las combinaciones de recursos alimenticios (pasturas y concentrados) que permitían lograr ganancias de peso y desarrollo de los animales por encima de las líneas de base planteadas.

Los recursos forrajeros involucrados en la investigación cubrieron distintos tipos de pasturas desde campo natural hasta verdeos de invierno pasando por varios tipos de praderas permanentes. Las cantidades de forraje variaron entre 1200 y 3200kg materia seca (MS)/ha con asignaciones de forraje por animal entre el 2,5 y el 10% del peso vivo (PV). Los niveles de suplementación utilizados variaron entre 0 y 2% del PV. En conjunto con la cantidad y asignación de forraje se evaluaron métodos de pastoreo que alternaron desde la franja diaria al pastoreo rotativo semanal tanto con acceso libre al pastoreo o restringido (por horas). Detalles y resultados derivados de estos trabajos se pueden encontrar

Cuadro 1. Síntesis de resultados esperables en ganancia de peso diaria según la combinación de pastura y concentrado.

Cantidad de forraje	Calidad del forraje	
	Baja	Alta
Baja	Estabular (0,80kg/día)	Pastura + concentrado (0,65kg/día)
Alta	Pastura+concentrado (0,35kg/día)	Pastoreo solo (0,75kg/día)

en Mattiauda (2000) y en Mattiauda et al. (2000) así como en una serie de Tesis de la Facultad de Agronomía (Andregnette *et al.*, 1997; Aizcorbe y Peyronnel, 2001; De Bonis y Elizondo, 1999; Guido *et al.*, 2001).

En el Cuadro 1 se presenta una síntesis de la contribución de estos trabajos en el campo tecnológico donde se agrupan estrategias de alimentación según época del año y condición de la pastura expresados en términos de cantidad y calidad de forraje disponible.

El trabajo respondió con claridad una de las preguntas formuladas con insistencia en aquel momento: **¿es factible deslechar los terneros teniendo pastura como única fuente de alimentación?** La respuesta fue SÍ (con ganancias de 750g/animal/día) pero... con condiciones de pastura (composición química, disponibilidad y asignación de forraje) que raramente se asignan a los terneros a nivel comercial. La utilización de alimentos concentrados juega un papel importante no sólo desde el punto de vista de las ganancias individuales (por encima del nivel mínimo establecido: 0,4 kg/día), sino también en la mejor utilización del recurso forrajero. La suplementación con concentrados a niveles del 1% del PV en animales pastoreando con asignaciones de fo-



«Jornada Anual de Lechería - Asignación de forraje y manejo del tiempo de pastoreo, ¿cómo aprovechar mejor nuestras pasturas?»

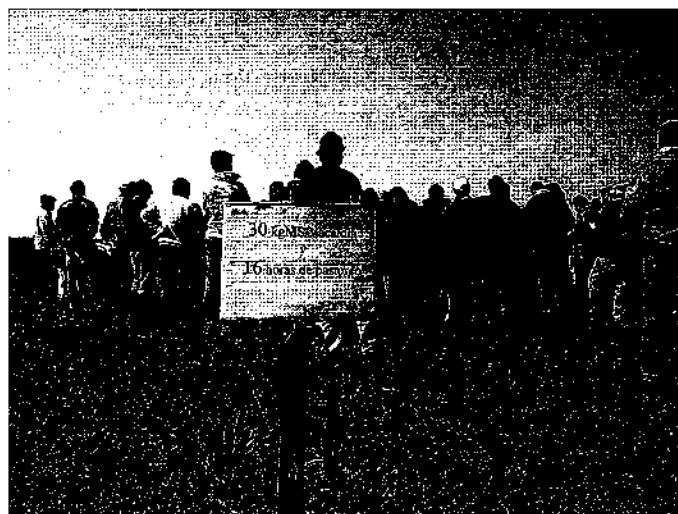
rraje en el orden del 2.5% del PV permitió ganancias de peso en torno a los 500gramos/día con utilizaciones de forraje en torno al 70% del forraje disponible. Ganancias de peso similares a las recién comentadas pero sin uso de concentrado sólo se obtuvieron con utilizaciones del forraje disponible por debajo del 40%. Para varias de las condiciones de alimentación analizadas, especialmente las basadas en campo natural con baja disponibilidad de forraje o praderas degradadas la estabulación total de los animales se planteó como la única opción satisfactoria.

1. Sub-productos industriales

El grupo realizó un número importante de trabajos de evaluación de ensilabilidad y valor nutritivo de subproductos industriales que cubrieron la industria citrícola (pellets de citrus, pulpa fresca), azucarera (pellets de remolacha), arroceras (puntita de arroz), cervecera (brote de malta), lechera (suero de leche) y hortícola (brócoli y coliflor). En todos los casos los trabajos tuvieron como objetivo principal responder a demandas del sector industrial, principalmente en el área de influencia de la EEMAC aunque también se realizaron trabajos para industrias ubicadas al norte del país como CALNU y CALAGUA.

Quizás uno de los trabajos de mayor impacto en esta área fue el realizado en acuerdo con AZUCITRUS S.A. en torno a la evaluación nutricional del pellets de citrus, subproducto resultante de la producción de jugos para exportación. En el año 1988 AZUCITRUS S.A. exportaba el 100 % del pellets producido proceso que consumía muchos recursos de la empresa y dejaba márgenes muy reducidos. Una primera evaluación a nivel analítico de la composición química y la cinética de fermentación ruminal del pellets de citrus determinó la necesidad de ajustes en el proceso industrial durante el secado y pelletizado del material. Una vez realizado ésto las evaluaciones desde el punto de vista nutricional resultaron altamente satisfactorias. El siguiente paso consistió en la realización de pruebas a campo con vacas lecheras con la hipótesis de que era factible sustituir los suplementos más comúnmente utilizados por los productores de leche en esos momentos por pellets de citrus sin deprimir la producción de leche y eventualmente con mejoras en los contenidos de sólidos de la misma. Estas hipótesis fueron probadas directamente a nivel comercial (Bidegain *et al.*, 1992; Raddicioni *et al.*, 1993) y rápidamente el pellets de citrus fue adoptado como suplemento energético por los productores de leche de la región. Desde el año 1990 a la fecha la empresa AZUCITRUS S.A vende el 100% de su producción en el mercado interno. Una evaluación similar se hizo con el pellets de remolacha azucarera producido por AZUCARLITO S.A. con resultados productivos similares (Cetrulo, 1994).

El vínculo con la industria citrícola tuvo una segunda etapa que contempló trabajar con la pulpa de citrus fresca (previo al proceso de deshidratado y pelletizado). En esa oportunidad se evaluaron distintas alternativas de ensilaje de la pulpa de citrus sola o en mezclas con diferentes proporciones de pasturas, obteniendo excelentes resultados desde el punto de vista de las características fermentativas y del valor nutritivo del producto final. La mezcla de pulpa de citrus con forraje verde premarchitado resultó en reducciones significativas en los niveles de pérdidas por efluentes durante el proceso de ensilado y en un producto



«Jornada Anual de Lechería - Asignación de forraje y manejo del tiempo de pastoreo, ¿cómo aprovechar mejor nuestras pasturas?»

final de muy buen valor nutritivo. Arocena y Benia en el año 2000 utilizando ensilaje de pulpa de citrus mezclada con forraje verde premarchitado como única fuente de alimentación reportaron ganancias de peso mayores a 1.2 kg de peso vivo por día en recría Holando durante un periodo de 90 días. Los trabajos desarrollados en esta etapa permitieron concluir que la pulpa de citrus es de fácil ensilabilidad y que la utilización de inoculantes reduce las pérdidas del proceso de fermentación en forma significativa. Adicionalmente se estableció que la técnica de ensilar la pulpa fresca mezclada con pasturas de leguminosas y gramíneas premarchitas mejora significativamente la ensilabilidad del forraje fresco, permite preservar muy bien las fracciones nutricionalmente importantes determinando finalmente un alimento mejor balanceado en la relación energía:proteína y de alto valor nutritivo. Es de destacar que la reducción significativa ($p < 0.01$) en la producción de efluentes del ensilaje es una característica deseable no sólo desde el punto de vista nutricional sino también desde el ambiental ya que el efluente de ensilajes tiene un potencial contaminante hacia al medio ambiente muy alto y de difícil control.

De menor impacto a nivel productivo pero igualmente interesante desde el punto de vista técnico y académico fueron las evaluaciones de potencial de ensilabilidad de subproductos resultantes del procesamiento de productos hortícolas como brócoli y coliflor. El brócoli puede ser ensilado fácilmente con buenas características de fermentación y organolépticas. El uso de melaza como aditivo incrementó las pérdidas de materia seca (9.44 vs 38% para tratamientos sin y con agregado de melaza). Al igual que con la pulpa de citrus se evaluaron absorbentes naturales como heno de moha y despunte de caña de azúcar incorporados durante el procesos de ensilado en distintas proporciones. En este caso los absorbentes evaluados no lograron retener los efluentes generados por los tratamientos que incluyeron la suplementación del material con melaza. Al incrementar los niveles de inclusión de despunte de caña mejoraron las características fermentativas de la mezcla dado las buenas características de ensilabilidad del despunte de caña. Adicionalmente se realizaron trabajos con suero

de leche, brote de malta y puntita de arroz (Bruni *et al.*, 2000; Bruni y Chilibroste, 1999; 2001).

2. Cinética de Digestión y Fermentación Ruminal

Durante todo el período analizado (Diagrama 1) el trabajo del grupo estuvo fuertemente signado por la premisa de que *el mando del sistema de producción de leche lo tiene el pasto*. En sus inicios esta afirmación estuvo fuertemente ligada a la perspectiva nutricional del problema. Una de las consecuencias derivada de esta visión fue la definición de que la suplementación de las vacas lecheras en pastoreo debía ser funcional al potencial de producción del forraje, es decir balancear los aportes del forraje tanto en cantidad como en nutrientes específicos. Definido este marco conceptual resultaba ineludible contar con un conocimiento detallado de la cinética de digestión del forraje fresco y la caracterización de la fermentación ruminal de vacas en pastoreo suplementadas o no con distintas fuentes de energía. Una serie de experimentos fueron realizados con este objetivo y reportados en tesis, reuniones técnicas y congresos científicos.

A modo de ejemplo se presentan las Figuras 2 y 3 donde se puede ver la variación a lo largo del día del pH ruminal y la concentración de N amoniacal en vacas en pastoreo suplementadas o no con afrechillo de trigo o pellets de pulpa de citrus.

En este experimento las vacas pastoreaban dos horas luego del ordeño vespertino (18:00 a 20:00 horas) que se corresponde con el período 0-2 horas del eje x de los gráficos en las Figuras 2 y 3, permaneciendo luego encerradas hasta el ordeño de la mañana retomando el pastoreo entre las 8:00 y las 15:00 horas (corresponde con el período 14-21 horas del eje x de las Figuras 2 y 3).

Del análisis de las Figuras 2 y 3 resaltan dos aspectos: 1) la dinámica de variación diaria del pH y el amonio en el líquido ruminal estuvo más ligada al patrón de ingestión de la pastura que al tipo de suplemento, y 2) la suplementación opera en la modulación de los picos generados por el consumo y digestión del forraje fresco.

Si bien la mayoría de los trabajos de caracterización de la cinética de digestión de los alimentos y el ambiente ruminales de vacas en pastoreo se concentró en el período otoño-invernal (ej.: Mattiauda *et al.* 2003; Chilibroste *et al.*, 2007) se realizó un experimento de suplementación con sorgo molido y urea sobre verdeos de verano (pastoreo de Moha) que sin tener grandes consecuencias desde el punto de vista tecnológico influyó de forma determinante sobre la orientación de la investigación llevada adelante por el grupo durante el segundo período indicado en la Figura 1 (Rodríguez *et al.*, 1990). En ese trabajo en el que se evaluó el efecto de cambiar el momento de suministrar 40g de urea (ordeño a.m. vs p.m.) se determinó una mejor complementariedad del N no proteico cuando fue suplementado en el ordeño p.m. (valores de amonio en rumen significativamente menores $p < 0.01$; tendencia a mayor producción de leche corregida por grasa, $p < 0.1$) probablemente ligado al mayor patrón de ingestión de las vacas durante la tarde y/o a la mayor concentración de azúcares solubles de la Moha al final del día comparada con los valores al inicio del día (Chilibroste, 2002).

El conjunto de trabajos realizados en esta área junto con los

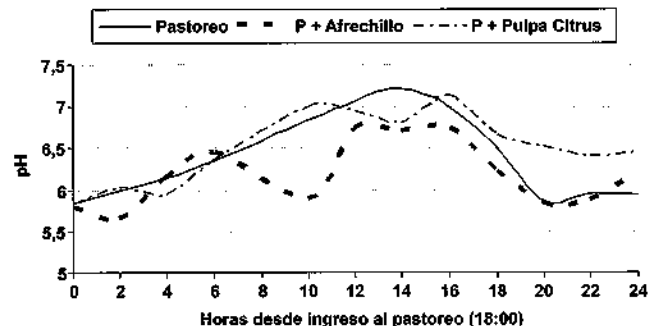


Figura 2. Variación diaria de pH ruminal de vacas lecheras en pastoreo suplementadas o no con afrechillo de trigo o pulpa de citrus pelletizada. P=Pastoreo.

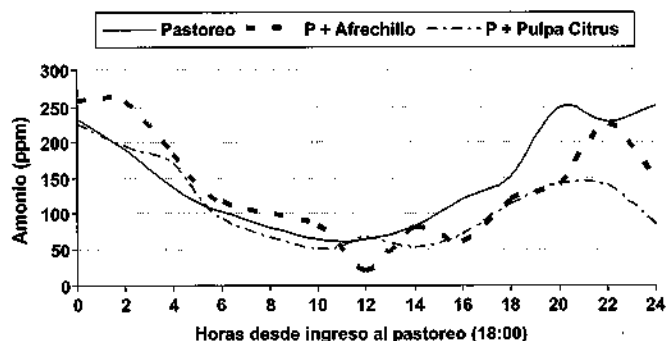


Figura 3. Variación diaria de concentración de amonio en líquido ruminal de vacas lecheras en pastoreo suplementadas o no con afrechillo de trigo o pulpa de citrus pelletizada.

estudios de posgrado desarrollados por integrantes del grupo en el exterior determinaron fuertemente la dirección de los trabajos comenzados en la segunda etapa y que se mantienen vigentes hasta el momento. Entre los años 1998 y el año 2003 se realizan una serie muy intensa de experimentos en las áreas de ecología del pastoreo y el estudio detallado de la interfase plata-animal-suplemento, en un esfuerzo por analizar de forma integrada el proceso de ingestión y digestión en condiciones de pastoreo. Una síntesis de estos trabajos fue recientemente publicada por Chilibroste *et al.* (2007) en Australia. Algunos ejemplos del abordaje realizado y sus resultados se presenta en la sección siguiente.

3. Manejo del tiempo de acceso a la pastura y el tiempo de ayuno previo al pastoreo sobre el comportamiento ingestivo, consumo, utilización de pasturas y producción y composición de la leche.

Las vacas lecheras consiguen su alimento bocado a bocado. Múltiples eventos de tasa de consumo instantáneo deben ser integrados para lograr comprender y predecir el consumo de materia seca en base diaria, dado la alternancia de períodos de consumo con otras actividades como rumia, descanso y traslados.

Las decisiones de manejo pueden ser tomadas en base diaria o a escalas mayores, pero los mecanismos determinantes de los

Cuadro 1. Descripción de las condiciones experimentales.

Exp.	Animales	Pasturas	Forraje	Concentrados
I	Holando	Avena		Concentrado
	PV = 488±44 Leche = 16,4±2,2 DEL = 33±7,8	Disp. = 1600 kg DM/ha Asignación 15 kg MS/vaca/d	Ensilaje Maíz Oferta diaria	Oferta diaria 7kg MF/vaca/d
II	Holando	Trébol Blanco (45%) Gramínea (19%) Achicoria (8%) Disp. = 2750 kg MS/ha Altura = 12,5 cm	NO	NO
	PV = 537±56 Leche = 23,9±5,7 DEL = 122±112			

Disp.= masa forraje (kg MS/ha); MF = Materia fresca; PV= peso vivo (kg); DEL= días en leche (d); Leche (L/d).

Referencias: I = Chilbroste *et al.*, 1999; II = Chilbroste *et al.*, 2004a;

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y resultados productivos.

Exp.	Descripción de los tratamientos	Alimentación	Resultados Leche L d ⁻¹
I	Acceso a la pastura		
	8 h (6:30 – 14:30)		17,7 ab
	6 h (8:30 – 12:30) (16:30 – 18:30) 6 h (12:30 – 14:30) (16:30 – 20:30)	SIN diferencias entre tratamientos	18,2 ab 20,0a
II	16 h (18:00 – 02:30) (07:00 – 5:00)	AA 60 kg MS vaca d ⁻¹	25,3 ^a
	16 h (18:00 – 02:30) (07:00 – 5:00)	BA 30 kg MS vaca d ⁻¹	21,5 b
	8 h (18:00 – 02:30)	AA 60 kg MS vaca d ⁻¹	21,5 b
	8 h (18:00 – 02:30)	BB 30 kg MS vaca d ⁻¹	19,7c

Números con letras diferentes dentro de los recuadros, indican diferencias significativas ($p < 0,05$); AA= alta asignación; BA=Baja asignación;

Por otras abreviaciones remitirse al Cuadro 1.

procesos ocurren en forma continua (ej.: digestión) o en períodos discretos (ej.: consumo). Desde el año 1998 a la fecha nuestro grupo decidió abordar la integración del proceso de ingestión y digestión en condiciones de pastoreo como condición necesaria para comprender y predecir el suministro de nutrientes a vacunos con o sin utilización de suplementos. La intervención en el manejo del pastoreo mediante restricciones en el tiempo o el momento de acceso de los animales a la pastura, genera cambios en la conducta de los animales y en la dinámica de utilización de la pastura (Chilbroste, 2002). En sistemas de manejo del pastoreo en franjas diarias y con asignaciones de forraje moderadas a bajas, una alta proporción del forraje cosechable es cosechado en la primera mitad de la sesión de pastoreo (Chilbroste 1999; Chilbroste *et al.*, 1999). En estas condiciones las vacas se pueden comportar como si estuvieran ayunadas, como un mecanismo de adaptación para competir por un recurso escaso exhibiendo una alta tasa de consumo instantáneo.

Adicionalmente, se pueden describir efectos positivos de restricciones en el tiempo de acceso a la pastura sobre la producción y utilización de forraje dado que los efectos negativos del animal sobre la pastura (pisoteo, sobre pastoreo, arrancado de

plantas, etc.) son menores. Monitoreos realizados a nivel comercial han demostrado incrementos en la producción de forraje del orden del 30% durante el período otoño-invernal simplemente por efecto de controlar la condición de la pastura para tomar decisiones de ingreso y salida de los animales del pastoreo. (Zanoniani *et al.*, 2004). En los sistemas lecheros pastoriles, períodos prolongados de ayuno ocurren naturalmente, dada la alternancia entre períodos de consumo y otras actividades como rumia y descanso, sumado a los traslados desde y hacia la sala de ordeño. En Uruguay, traslados desde la sala de ordeño al potrero de 1 a 2 km no son para nada inusuales, los que naturalmente generan períodos de ayuno de 4 a 5 horas (considerando el traslado más el tiempo de espera en los corrales).

En los Cuadros 1 y 2 se introducen dos ejemplos del tipo de experimentos llevados a cabo en otoño-invierno (pastoreo + suplementación) o primavera (100% pastoreo) en la EEMAC durante los años 1998 al 2004.

En el experimento I la producción de leche tendió ($p < 0,15$) a ser mayor en el tratamiento con 6h de acceso a la pastura y con comienzo de la sesión de pastoreo a las 12:30. El concentrado y ensilaje de maíz ofrecido a los animales, fue totalmente consu-

mido en los tres tratamientos. La utilización promedio de forraje entre tratamientos no difirió, indicando que la tendencias observadas en producción de leche se debieron a una diferente composición del forraje cosechado (ej.: efecto del momento del día), y/o a una mejor sincronización entre el consumo de forraje y los otros componentes de la dieta. El contenido de MS de muestras de forraje obtenidas simulando el consumo realizado por las vacas al comienzo de la sesión de pastoreo, fue de 14, 15 y 18%, mientras que el contenido de PC fue de 20, 15 y 14%, para los tratamientos que comenzaban el pastoreo a las 6:30, 8:30 y 12:30, respectivamente. Las 6 horas de ayuno experimentado por el tratamiento que ingresaba más tarde al pastoreo (período comprendido entre las 6:30 y 12:30), pueden haber inducido una mayor motivación para pastorear, lo que se logró a expensas de un menor tiempo de búsqueda y de rumia. La probabilidad de encontrar una vaca pastoreando fue mayor en los tratamientos que ingresaron más tarde a la pastura (81, 59 y 57% para los tratamientos que comenzaron el pastoreo a las 6:30, 8:30 y 12:30 horas, respectivamente). Como contraparte, estos tratamientos exhibieron un tiempo significativamente menor de rumia y descanso (Soca *et al.*, 1999) durante la sesión de pastoreo.

En el experimento II la relación entre el tiempo de acceso a la pastura (8 (TP8) vs. 16 (TP16) horas) y la asignación de forraje (AA vs. BA) fueron examinados al inicio de la primavera, con tiempo templado. Se observó un efecto significativo ($p < 0,01$) del tiempo de acceso de los animales a la pastura y la asignación de forraje, sobre la producción y composición de la leche (Cuadro 2). Al igual que en experimentos previos las vacas del grupo TP16 pastorearon por más tiempo que las del TP8, tanto en la condición de AA (509 vs. 332 min.), como en la de BA (481 vs. 379 min.). A pesar de que las vacas de TP16 tuvieron acceso a la pastura durante 480 min. extras en comparación con las vacas en TP8, sólo utilizaron un 30% del tiempo extra en actividades de cosecha de forraje. La alta eficiencia exhibida por las vacas con tiempo restringido de pastoreo (TP8), dedicando a actividades de cosecha de forraje entre un 70 y un 80% del tiempo disponible en la pastura, puede ser atribuida al largo período de ayuno (16 h) previo al pastoreo, así como a la buena condición de la pastura. Ambos factores (alta motivación para comer y buena condición de la pastura), pueden haber inducido a las vacas en TP8 a expresar altas tasas de consumo instantáneo en largas e ininterrumpidas sesiones de pastoreo. Ambos grupos de animales TP16 y TP8, exhibieron patrones de consumo similares al inicio del pastoreo, con sesiones iniciales intensas durante, aproximadamente, 90min. Esta observación indica, que las diferencias en comportamiento ingestivo se hicieron aparentes durante la segunda y tercera parte de la sesión de pastoreo, momento en que las señales de saciedad pueden comenzar a operar con más fuerza, o que la estructura de la pastura como resultado del proceso de defoliación, comienza a tener un efecto directo sobre el comportamiento ingestivo.

Al igual que en los trabajos iniciales de caracterización del ambiente ruminal el pH ruminal fue un buen indicador de los patrones de ingestión de forraje observados. En los tratamientos con acceso restringido a la pastura (TP8), el pH declinó linealmente desde el comienzo (18:00 h) hasta el final (2:00 h) de la sesión de pastoreo, aumentando luego en forma ininterrumpida,



Uso de alimentos conservados para la mejor combinación de recursos.

hasta el ingreso a la nueva franja de pastoreo (18:00). En los tratamientos con acceso no restringido (TP16), que retornan al pastoreo luego del ordeño matutino el pH ruminal alcanzó valores mínimos a las 23 h, lo que podría estar asociado a que las vacas en esos tratamientos interrumpieron la actividad de pastoreo antes que las vacas del grupo TP8. Las variaciones en el contenido ruminal a lo largo del día fueron consistentes con estas observaciones, donde las vacas en TP8 exhibieron el mayor contenido ruminal (80.1kg) al final de la sesión de pastoreo a pesar de que comenzaron la sesión con niveles de contenido ruminal significativamente más bajos (41kg) que los otros tratamientos, consecuencia del largo período de ayuno experimentado previo al pastoreo. Los mayores valores de contenido ruminal observados para las vacas TP8 vs TP16 al final de la sesión de pastoreo de la tarde, soporta la hipótesis que el llenado ruminal no es el principal factor involucrado en la definición de las estrategias de pastoreo de vacas lecheras.

Los patrones de pastoreo, rumia y descanso fueron caracterizados para una gama amplia de condiciones productivas tanto en otoño invierno con un uso intensivo de suplementos como en primavera-verano con forraje como única fuente de alimentación. Resulta evidente que en los tambos el movimiento de las vacas desde y hacia el pastoreo es un factor que interactúa fuertemente sobre el comportamiento ingestivo de las vacas. El conocimiento del efecto del ayuno sobre el comportamiento ingestivo tiene implicancias prácticas en la definición de las estrategias de pastoreo y alimentación. Los experimentos realizados con vacas lecheras, muestran que cambios en el tiempo y/o momentos de acceso de los animales a la pastura inducen cambios en el comportamiento ingestivo y en los patrones de digestión. Prácticas de manejo que involucren sesiones de pastoreo más cortas y que ocurren en la tarde, generalmente resultan en sesiones iniciales más largas de pastoreo, mayores tasas de consumo, reducción en el tiempo de rumia durante la sesión de pastoreo, pronunciadas caídas en pH, así como incrementos en la concentración de los productos de la fermentación y llenado ruminal. Estos cambios han sido asociados con tendencias o mejoras significativas ($p < 0.05$) en performance animal. Estos hallazgos son importan-

tes para definir estrategias de manejo eficientes, sobre todo en situaciones con disponibilidad limitada de forraje disponible o con amplias disponibilidades pero con variaciones importante en calidad de la pastura y/o estado fisiológico de los animales. Las acciones llevadas adelante en esta área de trabajo tuvieron la virtud de que al mismo tiempo que daban luz sobre los mecanismos determinantes de los niveles de consumo y producción en diferentes regímenes de manejo del pastoreo y la suplementación pusieron de manifiesto el grado de plasticidad del sistema y las posibilidades de intervenir con éxito en el proceso de ingestión-digestión. Varias de las prácticas culturales ensayadas en el marco de estos diseños experimentales (ej.: limitación del tiempo de acceso a la pastura) fueron rápidamente adoptadas por los productores buscando mayor eficiencia, disminución de daños de los animales sobre la pastura y/o simplemente mayor simplicidad en el manejo del sistema.

Al mismo tiempo que se llevaron a cabo estos experimentos se comenzaron a responder preguntas a nivel más agregado, a nivel del sistema de producción. Trabajos coordinados con PILI S.A., CLALDY S.A. y la cooperativa CONAPROLE permitieron analizar estrategias de suplementación vinculadas a explotar mejor el potencial productivo de los partos de otoño-invierno (ej.: Chilbroste *et al.*, 2003; Chilbroste *et al.*, 2004b). Uno de los factores que se expresó con mayor claridad a la luz de estos trabajos fue la crisis estructural de los sistemas de producción de leche en el período otoño-invernal y orientó la conformación de una línea de trabajo actualmente activa y que se describe brevemente en el próximo ítem.

4. Intensidad de defoliación y producción de forraje: trabajos experimentales y de monitoreo a nivel comercial

La intensificación de la producción de leche en Uruguay ha estado asociada entre otros aspectos a un incremento en la carga animal y a un mayor uso de reservas forrajeras y concentrados. No obstante, se han encontrado problemas asociados al desbalance de la rotación cultivo – pastura, producción de forraje y elevada carga animal en el área efectiva de pastoreo, lo cual se asoció con inestabilidad del sistema y altos costos por unidad de producto (Chilbroste *et al.*, 2003). El aumento de productividad basado en incrementos en la carga animal superiores a la capacidad de carga del sistema, no permitirá un manejo racional del pastoreo y provocará una reducción en la persistencia productiva de praderas perennes. Este desbalance estructural entre demanda y oferta de forraje durante el período otoñal presente en la mayoría de los predios comerciales del Uruguay determina el empleo de fechas de siembra tardías, problemas de implantación de pasturas y reducida eficiencia de producción y utilización del forraje. Las praderas perennes presentan una vida útil de 2 a 3 años, alcanzando en casos excepcionales 4 o 5 años. Esta problemática analizada tanto desde la perspectiva de la performance animal como desde la productividad del sistema ha sido oportunamente divulgada a través de diferentes medios: Revista Cangüé (N^{os} 21, 26 y 27), Proyecto “Interacción Alimentación – Reproducción” EEMAC-CONAPROLE (Informes finales 2002 – 2003), Revista de FUCREA (Nro 206), Jornadas Anuales y Seminarios Técnicos de Lechería desarrollados en la EEMAC.

Con el objetivo de estudiar alternativas de producción que

Cuadro 3: Días de pastoreo, días promedio de retorno a la parcela, producción total acumulada y promedio individual de leche según altura del forraje remanente.

Tratamiento	Pastoreo (P) (días)	Intervalo entre P (días)	Producción Acumulada L	Producción Promedio L vaca/día
T 3cm	123 ± 1 b	50 ± 24	6303 ± 7,3	23,3 ± 0,98
T 6cm	148 ± 21 b	38 ± 19	8089 ± 5,6	24,0 ± 0,79
T 9cm	182 ± 26 ab	28 ± 20	10264 ± 5,9	24,7 ± 0,77
T 12cm	216 ± 4 a	20 ± 18	13267 ± 5,6	26,0 ± 0,77

Medias con distinta letra difieren significativamente. Tukey (P<0,05).

reduzcan el costo unitario de producción y “faciliten” el diseño y manejo operativo del sistema, se han planteado una serie de experimentos cuyo objetivo es levantar alguna de las limitantes más importantes detectadas a nivel comercial en la implantación, producción y manejo de pasturas. Se postuló como principal hipótesis de trabajo que son factibles aumentos significativos de la producción de forraje y de leche en base a estrategias que permitan mejorar y cuantificar simultáneamente la relación planta-animal-suplemento del sistema. El modelo de investigación integra la eco fisiología de la producción de forraje y la estimación de la capacidad de carga de los recursos forrajeros involucrados (Soca *et al.*, 2006). La identificación de variables simples a nivel de la pastura (ej.: altura remanente del forraje en diferentes estaciones del año) en las cuales basar manejos que permitan un buen balance entre producción de forraje, producción animal y persistencia de la pastura es estratégico en la búsqueda de sistemas lecheros competitivos.

Durante el año 2004 se instaló un experimento en la EEMAC cuyo objetivo general fue estudiar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de forraje y de leche con praderas perennes de *Festuca arundinacea*, en mezcla con Trébol blanco y Lotus. Algunos de los objetivos específicos de este trabajo fueron: 1) estudiar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre los días de ocupación y retorno al pastoreo, producción de forraje y leche de una pastura plurianual, 2) generar información nacional que permita identificar según época del año, la intensidad de pastoreo que “optimiza” la eficiencia de utilización del forraje producido sin comprometer la persistencia productiva del recurso forrajero.

La intensidad de pastoreo se definió como la diferencia entre altura de forraje a la entrada de pastoreo (15cm, igual para todos los tratamientos) y cambios en la altura del forraje remanente a la salida del pastoreo fijadas a 3cm (T 3cm), 6 cm (T 6cm), 9cm (T 9cm) y 12cm (T 12cm). Durante los 463 días en que se evaluó el experimento (octubre 2004 a enero 2006) los tratamientos con mayor altura de forraje remanente produjeron más forraje: 6272 (T 3cm), 10341 (T 6cm), 11352 (T 9cm) y 11685 (T 12cm) quilogramos de materia seca por hectárea. En el cuadro 3 se reporta la dinámica de ocupación y descanso de las parcelas y los resultados en términos de producción de leche.

Este trabajo a pesar de su poca duración (poco más de 1 año) es muy ilustrativo sobre el potencial de producción de forraje de estas opciones forrajeras y fundamentalmente del impacto de direccionar el proceso a través del control de la intensidad de defoliación en distintas épocas del año. De esta forma se mejora la capacidad de asignación táctica y estratégica del forraje en el sistema, baja los costos de producción y permitirá incrementar la cantidad de forraje en el producto final del proceso industrial. Una tecnología con esta característica permitirá reducir el riesgo físico y económico del cambio técnico y mejorar la biodiversidad del ecosistema.

Actualmente, en la EEMAC y predios comerciales se cuenta con tres experimentos vinculados a esta línea de trabajo involucrando vacas lecheras, recría holando e invernada de razas de carne cuyo objetivo es cuantificar el efecto del cambio en la intensidad de pastoreo entre estaciones del año sobre la producción de forraje y animal del sistema con prioridad en la PERSISTENCIA PRODUCTIVA. .

5. Estrategias de Intervención: sistemas familiares de producción de leche

En distintos momentos y en diferentes circunstancias el Grupo de lechería EEMAC ha tomado contacto con los sistemas familiares de producción de leche. Sin embargo, recién en el año 1996 se comenzó un trabajo de carácter más permanente, con una visión sistémica e integrado a otras unidades docentes y al Centro Universitario de Paysandú. También en esta área de trabajo se pueden distinguir dos etapas:

- Desde 1996 al 2004 una etapa fundamentalmente universitaria, que surge como respuesta al planteo de las gremiales lecheras de Paysandú que veían amenazada la sobrevivencia de los productores de menor escala por el marco socio-económico dominante durante los años 90. Es durante esta etapa que se estableció y desarrolló el Programa Integral de Extensión (PIE).

- Desde el 2005 a la fecha se desarrolla una etapa donde los aprendizajes realizados en la etapa anterior se extienden a todo el Departamento de Paysandú, en asociación con las organizaciones sociales departamentales, el gobierno local e instituciones nacionales. Con apoyo financiero de la IAF (Inter American Foundation) se trabaja con técnicos de campo que realizan ejercicio liberal de sus profesiones en un proyecto titulado "Desarrollo Productivo y Comunitario Rural" (DPCR). Este proyecto es liderado por la Universidad de la República y respaldado técnicamente por la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni".

La concepción teórico-metodológica del PIE es territorial desarrollándose en espacios geográficos definidos; es además integral ya que se articulan las tres funciones universitarias: docencia-investigación y extensión; finalmente es sistémica dado que en todos los niveles de intervención (predial, grupal, comunitario, etc) se trabaja con un enfoque holístico. Este enfoque resulta en abordar simultáneamente lo socio comunitario con lo

predial y lo productivo con lo familiar. Los aprendizajes realizados en este programa a nivel de la producción familiar, permitieron determinar que existe margen para la mejora de la producción y de los ingresos de las familias, así como el desarrollo y puesta a punto de una metodología de trabajo con el potencial de reorientar el asesoramiento técnico. Uno de los aspectos destacable de este abordaje y netamente diferencial de otro tipo de intervenciones en la producción familiar es la constatación de que los aprendizajes que hacen los productores durante el período de ejecución del proyecto se mantienen en el tiempo después de retirarse el proyecto.

En el proyecto DPCR en tanto, se reiteran ahora a escala departamental las situaciones encontradas durante la experiencia del PIE. Las situaciones extremas van desde predios que están en un nivel productivo y financiero que sin la intervención técnica del proyecto tienen capacidad de seguir en el sistema, a predios tan comprometidos financiera y técnicamente que aún la intervención técnica del proyecto si bien necesaria es probable que no sea suficiente.

Es destacable la constatación de que en la fase de producción primaria la producción de leche familiar no difiere en el uso o adopción de tecnologías de insumos respecto a la producción comercial. Lo que se encuentra en forma generalizada es una aplicación incompleta de las técnicas asociadas a un bajo nivel de registración y por lo tanto resultados pobres de su aplicación. Dentro de la diversidad y en términos generales los productores remitentes aparecen algo más desarrollados que los que- seros artesanales, existiendo en ambos casos lo extremos descritos anteriormente.

Comentarios finales en clave perspectiva

Este trabajo da cuenta de las actividades desarrolladas por el Grupo Lechería EEMAC en los últimos 15 años destacando algunas de las contribuciones realizadas en el terreno tecnológico. Tal vez hoy tiene más sentido que nunca durante este período la reafirmación de trabajar en torno al objetivo central oportunamente definido "*Contribuir al diseño y desarrollo de Sistemas de Producción económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente balanceados*". En clave perspectiva nos permitimos señalar tres elementos que consideramos centrales para la consecución del objetivo central:

- a) enmarcar nuestra actividad futura en un programa de desarrollo de la lechería regional que comprometa en la acción a actores públicos y privados (mayor articulación inter-institucional),

- b) procurar un mejor balance en el ejercicio de análisis y síntesis del problema entre múltiples dimensiones que lo definen (ampliación y articulación disciplinaria y metodológica) y,

- c) encontrar mecanismos que permitan la conformación y desarrollo de una masa crítica mínima que le dé vida y sustentabilidad al proceso creativo de ejercer la función integrada docencia-investigación-extensión-desarrollo-innovación. ▼

BIBLIOGRAFÍA

- AIZCORBE, F., ; PEYRONEL, K. 2001.** Efecto del manejo del pastoreo y de la suplementación en la conducta de pastoreo y desarrollo de la cría Holando pos-desleche. Tesis. Montevideo. Uruguay.
- ANDREGNETTE, D.; J. BORTHAGARAY; MARI, S. 1997.** Recría de vaquillonas Holando sobre campo natural, validación de una propuesta de manejo (Parte I). Tesis. Montevideo. Uruguay.
- AROCENA, S; BENIA, P. 2000.** Evaluación de la ganancia de peso de terneros holando, suplementados con henolaje de pradera, ensilaje de pulpa de citrus pura o mezclada con forraje. Tesis Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Uruguay.
- BIDEGAIN, J.; SÁNCHEZ, P.; DÍAZ, J. 1992.** Efecto del tipo de suplemento sobre la performance productiva de vacas Holando pastoreando sorgo forrajero (Sudax 121). Tesis Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- BRUNI, M.A.; CHILIBROSTE, P. 1999.** Uso de residuos industriales: Una nueva alternativa de alimentación para el ganado. Revista Cangué Nro 17: 1999
- BRUNI, M.A.; CHILIBROSTE, P.; MATTIAUDA, D. 2000.** Alternativas de conservación de pulpa de citrus fresca como ensilaje In: XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. (CD). Montevideo, Uruguay.
- BRUNI, M.A. y CHILIBROSTE, P. 2001.** Alternativas de conservación de residuos de brócoli como ensilaje. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Resúmenes. Palacio de las Convenciones. 20-23 Noviembre. La Habana, Cuba. pp: 314-315.
- CETRULO, F. 1993.** Efecto de la suplementación con afrechillo de arroz y pulpa de remolacha peleteada, sobre la performance productiva de vacas holando pastoreando verdes de invierno. Tesis Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- CHILIBROSTE, P. 1999.** Estudio integrado de las estrategias de pastoreo y suplementación en vacunos: información relevante en el manejo de recursos escasos. Revista Cangué Nro 15. .
- CHILIBROSTE, P.; SOCA, P. and MATTIAUDA D. 1999.** Effect of the moment and length of the grazing session on: 1. Milk production and pasture dynamic depletion. In. Proceedings of International Symposium "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology". Eds. Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C., Alvez, S.J. and Lustosa, S.B. pp 292-295. Agosto 1999. Curitiba. Brasil.
- CHILIBROSTE, P. 2002.** Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el periodo otoño – invernal. In X Congreso Latinoamericano de Buiatría, XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Ed. Centro Médico Veterinario, Paysandú. pp 90-96
- CHILIBROSTE, P.; IBARRA, D.; ZIBIL, S.; LABORDE, D. 2003.** Proyecto Alimentación- Reproducción Conaprole 2002. Informe final. 28 p.
- CHILIBROSTE, P.; MATTIAUDA, D.A.; ELIZONDO, F. and COSTER, A. 2004a.** Herbage allowance and grazing session allocation of dairy cows: effects on milk production and composition. In: II Symposium on "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology". 11 a 14 Octubre de 2004. Curitiba, Paraná, Brazil.
- CHILIBROSTE, P.; IBARRA, D.; ZIBIL, S.; LABORDE, D. 2004.** Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales: 2. Condición de la pasturas. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 24. Supl.1. Soporte magnético.
- CHILIBROSTE, P.; SOCA, P.; MATTIAUDA, D.A.; BENTANCUR, O. and ROBINSON, P.H. 2007.** Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. Australian Journal of Agricultural Research, 47, 1075-1084.
- DE BONIS, E.; ELIZONDO, F. 1999.** Estrategias de alimentación en terneras/os Holando en pastoreo, deslechados precozmente. Tesis Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- GUIDO, G.; DEBALI, A.; BORBA, J. 2001.** Manejo del pastoreo y suplementación en el crecimiento de la cría Holando pos-desleche. Tesis. Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- MATTIAUDA, D. 2000.** Alternativas de alimentación de los animales de reemplazo en sistemas lecheros. Revista Cangué. 18:28-31 Uruguay.
- MATTIAUDA, D.; BRUNI, M.A.; P. CHILIBROSTE; E. FAVRE; BENTANCUR, O. 2000.** Asignación del forraje y manejo del pastoreo en el crecimiento de terneros Holando deslechados. In: Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. 28 al 31 de marzo. Montevideo. Uruguay. Soporte magnético.
- MATTIAUDA, D.A.; TAMMINGA, S.; ELIZONDO, F.; CHILIBROSTE, P. 2003.** Effect of the length and moment of the grazing session on milk production and composition of grazing dairy cows. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 3: 87-90.
- RADICIONI, D.; TARANTO, V.; ZIBIL, S. 1993.** Efecto de la suplementación de vacas lecheras en pastoreo. I- Ambiente ruminal y composición de la leche. Tesis. Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Uruguay.
- RODRÍGUEZ, F.; CHILIBROSTE, P.; FAVRE, E.; MATTIAUDA, D.; BRUNI, M.A.; APEZTEGUÍA, E.; ORDEIX, B. 1990.** Adaptación nutricional de vacas lecheras en pastoreo complementadas o no con sorgo y urea. In: II Seminario Nacional de Campo Natural. INIA, Facultad de Agronomía, MGAP. Tacuarembó. Uruguay.
- SOCA, P.; CHILIBROSTE, P. and MATTIAUDA, D. 1999.** Effect of the moment and length of the grazing session on: 2. Grazing time and ingestive behaviour. In Proceedings of international Symposium "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology". Eds. Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C., Alvez, S.J. and Lustosa, S.B. pp 295-298. Agosto 1999. Curitiba. Brasil.
- SOCA, P.; CASTELLS, A.; MARCHESI, C.; DO CARMO, M.; CHILIBROSTE, P. 2006.** Efecto de la carga animal sobre la producción de forraje y performance de vacunos en Festuca arundinacea cv. quantum. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 26 Supl 1. 29º Congreso Argentino de Producción Animal, 18-20 de octubre. Mar del Plata Argentina.
- ZANONIANI, R., ZIBIL, S., ERNST, O.; CHILIBROSTE, P. 2004.** Manejo del pastoreo y producción de forraje: resultados del monitoreo realizado durante el año 2003. In: Proyecto "Interacción Alimentación – Reproducción". Informe final 2003. Acuerdo de trabajo EEMAC – CONAPROLE. pp 25-33.



Ganadores del Premio «IPNI Scholar Award» 2008

IPNI dio a conocer a los ganadores del IPNI Scholar Award 2008, catorce estudiantes de posgrado (M.Sc. o Doctorado), en áreas relevantes a la nutrición de plantas y manejo de nutrientes en los cultivos.

Felicitamos especialmente al Ing. Agr. Sebastian Mazzilli Vanzini del Departamento de Producción Vegetal, quien está realizando su doctorado en la Universidad de Buenos Aires bajo la dirección del Dr. Gervasio Piñeyro, y cuyo trabajo de investigación se realiza en la EEMAC

Fuentes de N alternativas a la urea: ¿en qué situaciones pueden marcar la diferencia en los cultivos de invierno en Uruguay?

NOTA TÉCNICA

Sebastián Mazzilli*, Esteban Hoffman*

INTRODUCCIÓN

El manejo del nitrógeno N en cultivos de invierno es una de las principales determinantes del rendimiento y la calidad panadera del grano. Por tal motivo, la investigación nacional ha puesto especial esfuerzo en el estudio de la dinámica de este nutriente (Perdomo *et al.*, 1999; Hoffman *et al.*, 2001). A pesar de este esfuerzo, no fue generada una recomendación de fertilización nitrogenada que fuera objetiva y aplicable en condiciones de campo sino hasta fines de la década de los 90, cuando investigadores de la Facultad de Agronomía lograron generar una propuesta tecnológica de ajuste del nitrógeno para cebada, que posteriormente fue adaptada al trigo (Hoffman, *et al.*, 2001).

Si bien esta propuesta de manejo ha sido validada y ampliamente difundida a técnicos y productores (Hoffman *et al.*, 2001), todo el trabajo fue desarrollado con urea y el modelo está ajustado para esta fuente; por lo tanto, surgen dudas acerca de la necesidad de realizar modificaciones en la corrección del N, así como en la existencia de diferencias en la respuesta vegetal, cuando son utilizadas otras fuentes de este nutriente.

Desde 2001 hasta la fecha en Uruguay ha sido escaso el volumen de trabajos en manejo de N en cultivos de invierno. A su vez, este periodo coincide con el ingreso al mercado de fuentes líquidas de N, como el UAN (que, además de sus menores pérdidas de N por volatilización, ofrece un aporte más rápido de N). También se registra la vuelta al mercado del Nitrato de amonio (NA), que asimismo brinda un aporte más rápido de N disponible y más independiente de la humedad del suelo.

El objetivo de este trabajo es analizar la información disponible, enfatizando las situaciones donde puede ser importante el cambio hacia otras fuentes alternativas a la urea, especialmente en los ambientes en donde la velocidad del aporte de N puede establecer cambios relevantes en la respuesta vegetal.

¿CUÁNDO Y POR QUÉ DEBERÍAMOS CAMBIAR UREA POR OTRAS FUENTES?

La urea es una fuente de N amoniacal que, para que el N quede disponible para ser absorbido por los cultivos en condiciones de secano, debe transformarse a la forma de $N-NO_3$. Para llegar a este estado, el N debe pasar por una serie de etapas, que van desde la hidrólisis de la urea, el pasaje por carbonato de

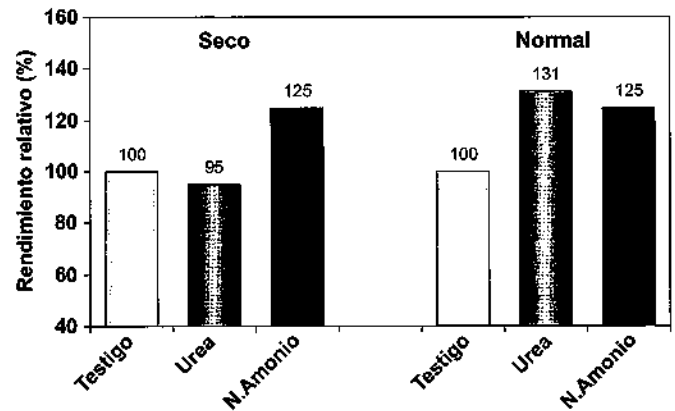


Figura 1. Respuesta relativa al testigo sin N, del agregado de nitrógeno (30 kg/ha) en cebada, según fuente de nitrógeno para dos condiciones hídricas contrastantes, dadas por distintas zonas de la red de Nitrógeno de cebada (Perdomo, Hoffman, Pastorini y Pons, s/p).

amonio, amonio, nitrito y finalmente nitratos. Estas distintas etapas están afectadas en forma diferente por la temperatura, pero sobre todo por la humedad, en particular el pasaje de amonio a nitratos (Tisdale *et al.*, 1993). Cuando el suelo se encuentra con bajo contenido de humedad, aunque sea suficientes para la hidrólisis de la urea y el pasaje hasta amonio, la etapa de nitrificación se ve enlentecida, llevando a que las cantidades de N disponibles para el cultivo sean bajas y retrasadas en el tiempo (Watson, 2000). Si la deficiencia de N es importante, la velocidad de llegada del nutriente al cultivo, desde el fertilizante, se asocia con la eficiencia de uso del mismo (Bologna y Rincón, 1997).

En la Figura 1 se presentan los resultados de ocho ensayos de la red de N en cebada, llevados a cabo en el marco de la Mesa Nacional de Cebada (no publicados). Estos ensayos se agruparon de acuerdo a la característica hídrica del ambiente al momento del agregado del N (normal y seco), para dos fuentes de aporte de N (Urea y Nitrato de Amonio), que determinan distintas velocidades de aporte de N, en asociación con la humedad del suelo.

En el ambiente definido como "normal" (húmedo, sin pérdidas de N por lixiviación o desnitrificación), la urea no se diferenció de una fuente de aporte más rápido de N, como es el Nitrato de Amonio (NA).

Cuando el N fue agregado sobre un suelo seco, la urea no permitió corregir la situación de deficiencia, a diferencia de lo observado con el NA. Esta fuente se mostró independiente de las

* Ings. Agrs. Dpto. de Producción Vegetal. EEMAC.

variaciones de humedad al momento de la fertilización en los ocho experimentos, a diferencia de lo observado con la urea. Esta diferencia estaría asociada a que el 50% del N está rápidamente disponible como N-NO₃ en el NA y, al no existir el pasaje de NH₄ a NO₃, el aporte de N es menos dependiente de la humedad del suelo (Bologna y Rincón, 1997).

En la Figura 2 se presenta la respuesta a dos fuentes nitrogenadas de N, en cebada cervecera, para un ambiente con severa deficiencia del nutriente a inicios de macollaje.

Cuando la deficiencia temprana es muy severa (N-NO₃ en suelo a 20 cm. = 4,5 ppm), una fuente con entrega rápida de N permite sacar antes en el tiempo al cultivo de la situación de deficiencia. En este caso, la diferencia a favor del NA fue indescartable y, por lo tanto, fue superior la eficiencia de uso del N. Vale la pena mencionar que el agregado de 30kg de N/ha bajo la forma de NA permitió igualar el rendimiento en grano obtenido con el doble de la dosis de N, agregado como urea. En este caso, se lograron 3000kg/ha de grano con 30kg de N/ha de NA (casi 50 kg grano/kg de N) y con el doble de N como urea, llevando a que la eficiencia de uso del N como urea fuese la mitad que la obtenida con una fuente más eficiente como el NA. El trabajo de Bologna y Rincón (1997) muestra que en el tratamiento con NA a los 5 días había 15ppm N-NO₃ en el suelo, mientras que esa concentración se alcanzó con la urea recién al día 12. Esta información muestra dos situaciones en las cuales la urea puede ser superada por una fuente cuyo aporte de N se produce antes en el tiempo.

Buscando otras situaciones en las cuales la velocidad de aporte de N pudiera establecer diferencias en la respuesta a su agregado en cultivos de invierno, en el año 2003 se realizó un experimento con tres fuentes de este nutriente (Cuadro 1).

El trabajo se instaló en un Brunosol éutrico de la Unidad Fray Bentos, sobre un campo natural manejado sin laboreo (Mazzilli, 2004). Si bien el tiempo de barbecho puede ser considerado suficiente (101 días), al momento de la siembra aún existían abundantes restos orgánicos en descomposición. La siembra fue realizada el 10 de junio con un cultivar de trigo de ciclo largo (INIA Tijereta), que se caracteriza por una baja tasa de crecimiento hasta Z 30 y tasas de crecimiento muy elevadas durante el encañado (llevando a que la demanda de N sea muy alta).

A pesar que hasta el estadio de Z 30 se habían agregado 83 kg de N/ha, el cultivo presentaba aún una importante deficiencia estimada de este nutriente (% N total en planta 2,8). Con ello se había generado una situación de demanda por llegada rápida de N, a la que se sumaba una condición de falta de agua en superficie. Todo esto determinaba, *a priori*, condiciones ideales para evaluar las diferencias en respuesta vegetal asociadas con distintas fuentes de aporte de N.

La fuente Sol UAN presenta solamente un 25% del nitrógeno total como componente amoniacal, mientras que Foliar U y Urea contienen un 100% amoniacal.

Considerando que el cultivo de trigo estaba en banda 4 y con 2,8% de N en planta, se esperaba una respuesta mínima a 40 UN (modelo de respuesta a N; Baetghen, 1992). En la Figura 3 se presenta la respuesta en rendimiento al agregado de N, en promedio para las tres fuentes evaluadas.

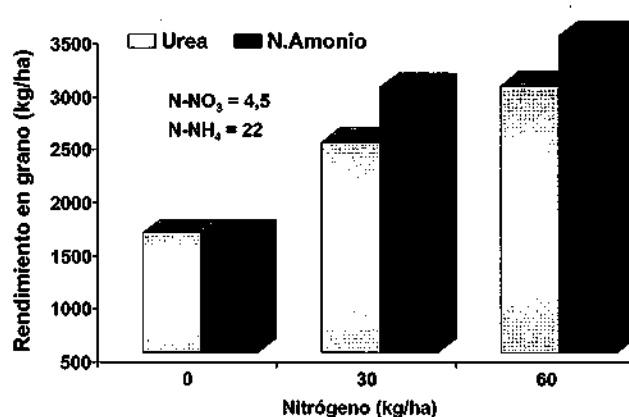


Figura 2. Respuesta al agregado de N en cebada a inicio de macollaje, para dos fuentes nitrogenadas, en un ambiente con elevada deficiencia del nutriente (Bologna y Rincón, 1997).

Cuadro 1. Características de las fuentes evaluadas.

Fuente	Contenido de N %	Estado	Densidad g/L
Urea	46	Sólido granulado	-
Foliar U	20	Líquido	1,2
Sol UAN	32	Líquido	1,32

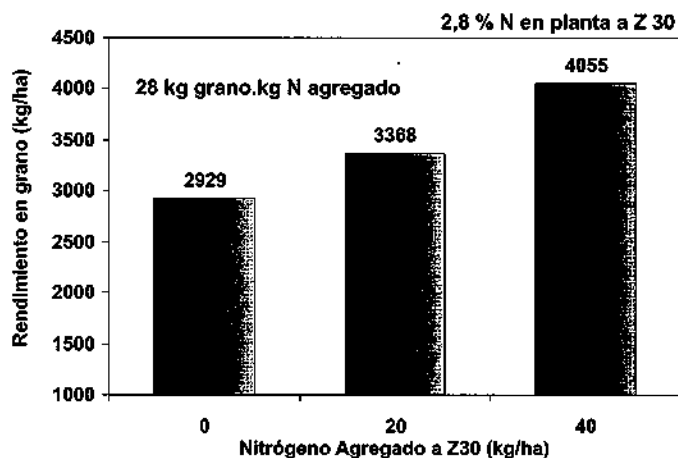


Figura 3. Respuesta en rendimiento al agregado de N a Z 30 en trigo, promedio para tres fuentes nitrogenadas (Mazzilli, 2003).

En promedio, el máximo rendimiento se logró a la dosis máxima evaluada, con una eficiencia media de 28kg de grano por quilogrammo de N agregado. Sin embargo, existió una interacción significativa entre la respuesta al N y la fuente (Figura 4).

La máxima respuesta para las tres fuentes se dio a la máxima dosis evaluada, aunque sin diferencias significativas (Figura 4). El UAN determinó casi 500kg/ha más de rendimiento que las dos fuentes 100% amoniacales y elevados valores de eficiencia del nitrógeno agregado (Cuadro 2). La interacción resultó significativa por la respuesta a la dosis de 20kg de N/ha. De forma similar a los resultados obtenidos por Bologna y Rincón (1997), con una fuente de aporte más rápido (NA), en este caso con 20kg de N/ha como UAN, se logró el mismo rendimiento en grano que con el doble de la dosis de urea, sin importar su formulación.

Cuando el cultivo se ve sometido a situaciones de severa deficiencia de N, y más aún cuando el suelo está seco e ingresa a la etapa de máxima demanda, como en este caso, la mayor velocidad de aporte de N del fertilizante permitió lograr el mismo resultado con menos dosis o, a la dosis máxima, una eficiencia netamente superior del nutriente.

Otro resultado que es relevante para la producción, sobre todo cuando no se pueden utilizar fuentes como UAN (para este tipo de situaciones), es que cuando se prevén necesidades de 40kg de N/ha (como en este ambiente), trabajar con sub-dosis del nutriente agregadas como urea (ejemplo 20kg de N/ha) significa mantener la situación de nutrición nitrogenada del cultivo sin obtener respuestas en rendimiento. Esto puede visualizarse en la Figura 5, que representa la evolución del macollaje, hasta las espigas finales a cosecha, para los distintos tratamientos evaluados.

CONSIDERACIONES FINALES

- Cuando se prevén deficiencias tempranas no extremas de N y las condiciones de humedad no son limitantes, la urea es una opción que no ofrece inconvenientes para cubrir la demanda por parte de los cultivos de invierno.
- Cuando, por el contrario, se prevén deficiencias tempranas extremas de N y las condiciones de humedad son limitantes, fuentes que aporten N en forma más rápida permitirían garantizar mayores respuestas biológica y económica del nutriente agregado.
- Cultivares de trigo y cebada que tienen baja tasa de crecimiento hasta Z 25-30, sólo pueden lograr elevados potenciales de rendimiento en grano si concretan elevadas tasas de crecimiento durante el encañado. En este sentido, manejar la velocidad de disponibilidad del N mediante distintas fuentes alternativas a la urea determinó mayor velocidad de absorción y crecimiento y, por lo tanto, mayor tasa de concreción de potencial de rendimiento. 🌱

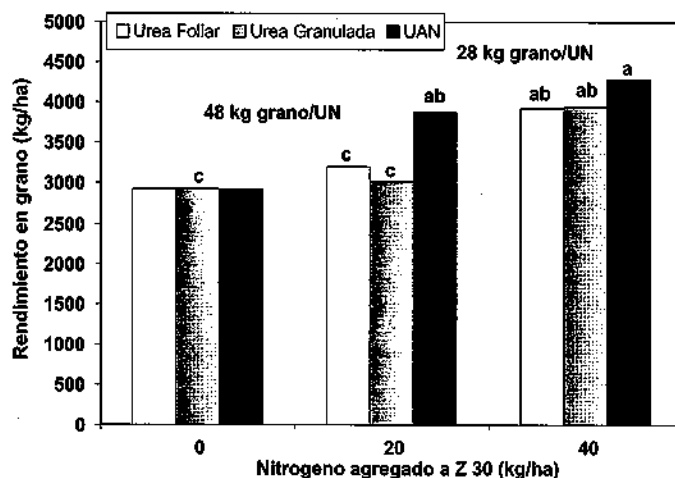


Figura 4. Rendimiento en grano de trigo, en respuesta al agregado de N para tres fuentes. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí $p < 0,05$. (Mazzilli, 2004)

Cuadro 2. Eficiencia de uso de nitrógeno agregado (kg grano/kg Nitrógeno).

Dosis	FUENTES		
	Urea	Urea foliar	UAN
0		0 c	
20	4 bc	14 bc	48 a
40	26 abc	25 abc	34 ab

* Valores seguidos de diferente letra resultaron estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

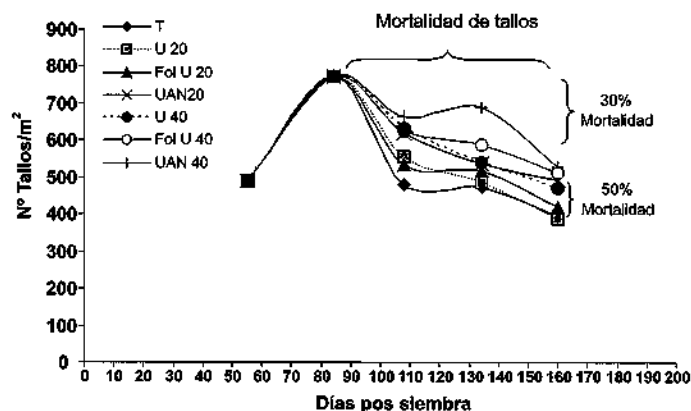


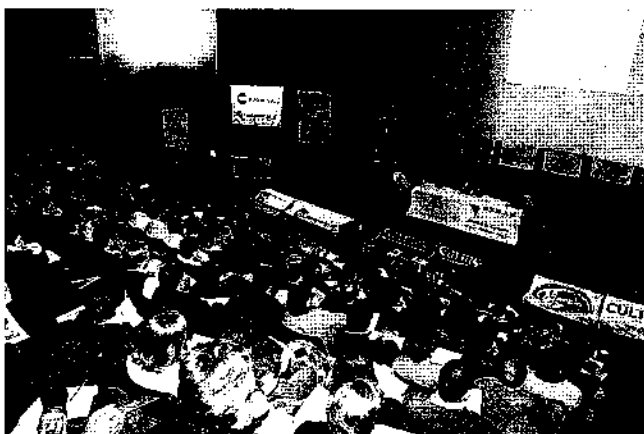
Figura 5. Evolución del número de tallos, hasta espigas finales a cosecha, para los distintos tratamientos evaluados (Mazzilli, 2004).

BIBLIOGRAFÍA

- BAETHGEN, W. 1992.** Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay. INIA. La Estanzuela. Serie Técnica N° 24. 59p.
- BOLOGNA, J. L.; RINCÓN, F. 1997.** Efecto de la fuente nitrogenada, dosis y momento de aplicación en cebada sembrada sin laboreo con y sin rastrojo de sorgo en superficie. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 72p.
- MAZZILLI, S. 2004.** Efecto de la dosis de Nitrógeno y fuentes alternativas a la urea sobre la absorción, crecimiento y rendimiento en grano de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 68p.
- TISDALE, S.; NELSON, W.; BEATON, J.; HAVLIN, J. 1993.** Soil fertility and fertilizers. Fifth Ed. MacMillan Pub.Co. New York (U.S.A.). 635p.
- WATSON, C. J. 2000.** Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceedings N° 454. 39 p.
- PERDOMO, C.; HOFFMAN, E.; PONS, C.; PASTORINI, M. 1999.** Relación entre la concentración de NO_3 del suelo en siembra y Z 22 y la respuesta al nitrógeno en cebada Cervecera. III Congreso Latinoamericano de Cebada. Organizado por la Mesa Nacional de Cebada-FAO. Bastión del Carmen. Colonia. 1999. p62-63.
- HOFFMAN, E.; PERDOMO, C.; ERSNT, O.; BORDOLI, M.; PONS, C.; PASTORINI, M.; BORGHI, E. 2001.** Propuesta para el manejo del nitrógeno en cultivos de invierno. Seminario de discusión técnica. Proyecto de Difusión de la EEMAC. Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio. Universidad de la República. 7 de Junio del 2001. 13p.

JORNADAS y SEMINARIOS 2008

JORNADA NUTRICION VEGETAL: criterios para la fertilización con fósforo y potasio en sistemas agrícolas.
24 de julio de 2008



JORNADA ANUAL "UPIC: 10 años de investigación para una ganadería eficiente"
14 de agosto de 2008



JORNADA ANUAL DE PASTURAS

26 de setiembre de 2008



JORNADA UNIVERSIDAD DE PUERTAS ABIERTAS

Martes 14 de octubre de 2008-10-23

