

**Seminario de
Actualización Técnica
“Manejo de Malezas”**

JULIO 2006

Serie Actividades de Difusión N°465

MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE GRAMILLA

Amalia Rios¹

Introducción

La gramilla es la maleza que ocupa la mayor área en el Uruguay. Su incidencia se manifiesta a nivel agrícola y pecuario, dificultando la preparación de las sementeras, disminuyendo los rendimientos de cultivos, la calidad de forrajes y la persistencia de praderas sembradas.

Está considerada entre las cinco malezas más importantes a nivel mundial, estando presente en aproximadamente 80 países, entre los cuales se incluyen los que integran el cono sur latinoamericano (Holm et al, 1991).

Es la principal especie causante de la degradación de las pasturas pluri anuales, condicionando su vida media, la cual no suele superar los tres a cuatro años según la historia y manejo que se le realice.

Cuando una pradera empieza a perder las especies introducidas inicialmente y comienza a colonizar la gramilla se produce una disminución en los niveles de producción de forraje tanto en cantidad como en calidad, que impide lograr niveles satisfactorios de producción animal viéndose reflejado en menores performances animales.

Esta especie reúne casi todos los aspectos morfológicos, biológicos y ecofisiológicos que caracterizan a una invasora típica: presenta alta capacidad de propagación vegetativa, órganos de reserva subterráneos y aéreos, como rizomas y estolones, sobrevive a condiciones ambientales adversas, se adapta a diversos tipos de suelos, y no se logran controles excelentes aún con aplicaciones sucesivas de herbicidas totales.

Esta gramínea es una planta, C₄ que desarrolla una alta eficiencia fotosintética en condiciones de alta intensidad lumínica, elevadas temperaturas, aún con humedad limitante. Las praderas entretanto, están constituidas en su gran mayoría por especies forrajeras C₃, las cuales disminuyen sus tasas de crecimiento en condiciones de altas temperaturas y deficiencias hídricas.

La acumulación de biomasa subterránea de gramilla es creciente luego de implantada la pradera.

Su importancia no se circunscribe el "mero" hecho de ocupar un lugar físico, de competir por agua y nutrientes, y de secretar sustancias alelopáticas, sino que además es la responsable de la perpetuación de la invasora y la mayor fuente de propagación de la especie. La agresividad y la capacidad de infestación de la maleza inviabilizan los controles puntuales y evidencian la necesidad de integración de prácticas de control en el largo plazo.

Considerando que en la biomasa subterránea se localizan el 70% de las reservas de la maleza, y que de este 70% un 10% sólo se concentran a nivel radical, resulta obvio que toda la estrategia para su control de la maleza se dirija a los rizomas o sea a los órganos subterráneos de reserva.

Basándose en las consideraciones realizadas, el objetivo planteado con relación a gramilla, es lograr su control a niveles tales que su interferencia física y económica en los sistemas mixtos sea mínima, ya que en condiciones de producción su erradicación resultaría prácticamente imposible.

Dinámica de gramilla en praderas

Las curvas de evolución de los rendimientos de las praderas sembradas y gramilla subterránea en función del tiempo, construida en base a evaluaciones realizadas en condiciones de producción, muestran un pico de máxima para las praderas en el segundo año, a partir del cual declina la productividad, acelerándose la tasa de infestación de la maleza. (Figura 1).

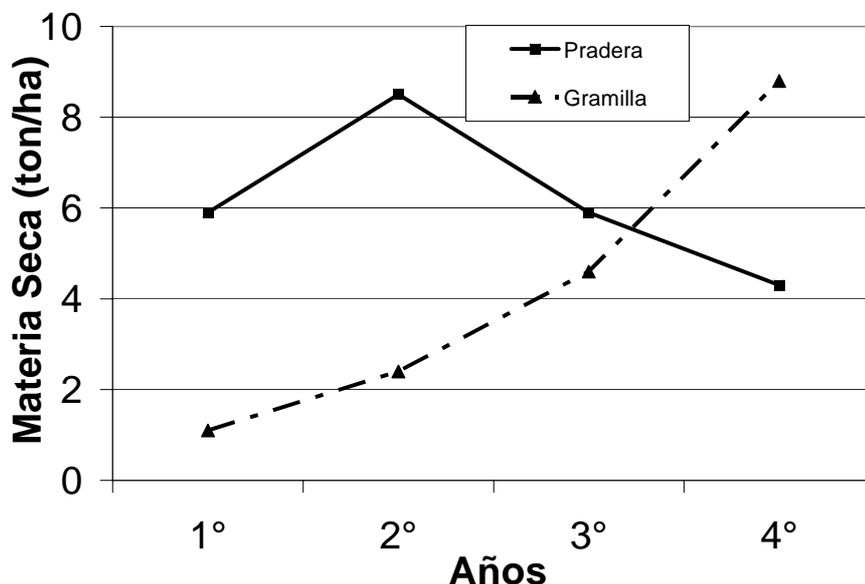


Figura 1. Evolución de los rendimientos de la pradera y del nivel de infestación de gramilla subterránea con los años.

La declinación en la productividad y en la velocidad de colonización de la especie se acelera en condiciones de pastoreos continuos y rasantes en verano. El pastoreo aliviado durante primavera – verano de las praderas determina un mayor sombreado sobre la gramilla, que sólo es efectivo en situaciones de baja infestación de la maleza y cuando la disponibilidad de agua no condiciona las tasas de crecimiento de la pastura. Asimismo la presencia de leguminosas en la pradera conlleva a la mayor disponibilidad de nitrógeno el cual es utilizado eficientemente por gramilla (Brown, 1978).

En general la pérdida de las especies sembradas es alta al finalizar el tercer año de la pastura, culminando el proceso degradativo de la pradera con una infestación generalizada de la maleza. Esta situación se favorece en el verano (Figura 2), ya que la maleza presenta un patrón de crecimiento estacional similar a la evolución de las temperaturas, comportamiento ya destacado por otros autores (Faggi & Scremini, 1997).

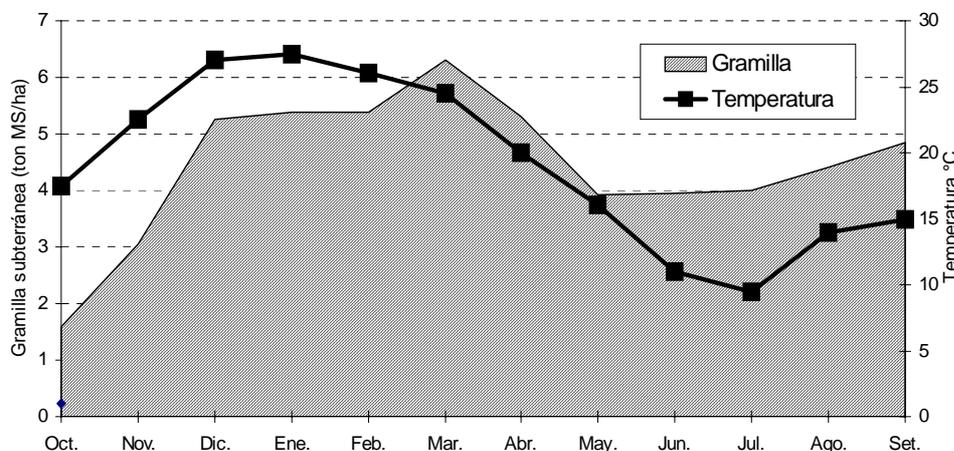


Figura 2. Evolución del contenido de Gramilla subterránea y temperaturas medias mensuales de suelo cubierto a 5 cm de altura.

La merma en la producción resulta casi total en el invierno donde el entramado de rizomas, estolones, tallos y hojas secas, limita el desarrollo de las especies implantadas, condicionando la germinación y el establecimiento de leguminosas y gramíneas anuales.

Generalmente, esta situación se asocia a potreros con historia agrícola, acentuándose la velocidad del deterioro cuando en la siembra no se incluye una gramínea perenne con crecimiento estival, o cuando ésta no logra una buena implantación.

Es importante señalar que en estudios de comportamiento de cultivares generados en INIA La Estanzuela se ha destacado *Dactylis glomerata* INIA LE Oberón entre diversas gramíneas perennes, por su capacidad de competencia frente a la maleza (García, 1995).

La gramilla es una pobre productora de semillas en muchas partes del mundo (Holm et al, 1991), en nuestro país, la principal forma de propagación es vegetativa a través de los rizomas y de los estolones. En la base de los entrenudos se encuentran las yemas, zonas meristemáticas, que dependiendo de las condiciones de crecimiento tienen la capacidad de brotar originando raíces, hojas y tallos.

Esos propágulos vegetativos dan origen a rizomas y estolones que se desarrollan en forma radial. Los estolones luego, se van ramificando llenando los huecos dejados por las guías primarias (Horowitz, 1972b). Se completa así, la doble trama aérea y subterránea en círculos concéntricos, cada vez más densos y amplios; son los clásicos focos y manchones que observamos en las praderas con las cuales empiezan las infestaciones de gramilla.

Es muy importante destacar que, a partir de un fragmento de rizoma en condiciones de secano se cubren 25 m² en un período de 2.5 años (Horowitz, 1972a).

Para cuantificar esa fuente de perpetuación y propagación debemos tener en cuenta que cada nudo de un rizoma o estolón es un propágulo vegetativo potencial, o sea que dadas las condiciones de crecimiento tiene la capacidad de desarrollar una planta de gramilla.

En determinaciones realizadas en nuestras praderas se cuantificó una media de 13 yemas por gramo de materia seca de gramilla subterránea, lo cual determinaría que si al momento de instalar una pastura el suelo presenta un nivel de infestación de 1000 kg MS/ha de gramilla, existirían 13 millones de yemas, en consecuencia a los 3 años representaría unos 100 millones de propágulos (Rios, Civetta & Sanz, 1996).

Debemos por lo tanto para cada situación de chacra tener en cuenta la distribución subterránea de la gramilla. Esta dependerá del tipo de suelo, dado que en la medida que no existan impedimentos para el crecimiento, como B texturales o compactación, mayor será la profundidad colonizada. También inciden las condiciones de humedad, con limitantes hídricas tienden a crecer en profundidad, sólo se detienen por deficiencias oxígeno o por impedimentos físicos, aunque no sobrevive en condiciones de anegamiento.

Dadas las características ecofisiológicas mencionadas de la especie se hace necesario en las distintas etapas de la rotación realizar prácticas de manejo, que vayan deteriorando su capacidad de interferencia.

Estas consideraciones son relevantes para la comprensión de la precisión con que se deben realizar las prácticas de manejo relacionadas con el control de esta maleza.

Control en las praderas

El control de gramilla durante el período de la pradera se restringe al empleo de graminicidas, en consecuencia las aplicaciones se circunscriben a pasturas o cultivos de leguminosas forrajeras o de praderas con gramíneas anuales, donde el herbicida se aplica en el período entre semillazón y germinación

de las gramíneas, fines de noviembre-principios de marzo.

Existen distintos graminicidas disponibles en plaza, pero cuando se realiza una sola aplicación con cualquiera de estos herbicidas, el control es limitado y en los años siguientes generalmente se recupera o supera el nivel de infestación presente al realizar el tratamiento.

Para mantener los niveles de productividad y evitar la reinfestación son necesarias aplicaciones anuales sucesivas, aun partiendo de bajos niveles de infestación al momento del establecimiento de la pradera.

Al respecto en la figura 3 se compara la evolución en los pesos subterráneos de gramilla en años sucesivos y en respuesta a la aplicación de graminicidas, partiendo de dos situaciones marcadamente diferentes en los niveles iniciales de infestación, 500 (Figura 3A) y 1500 kg de MS/ha (Figura 3B).

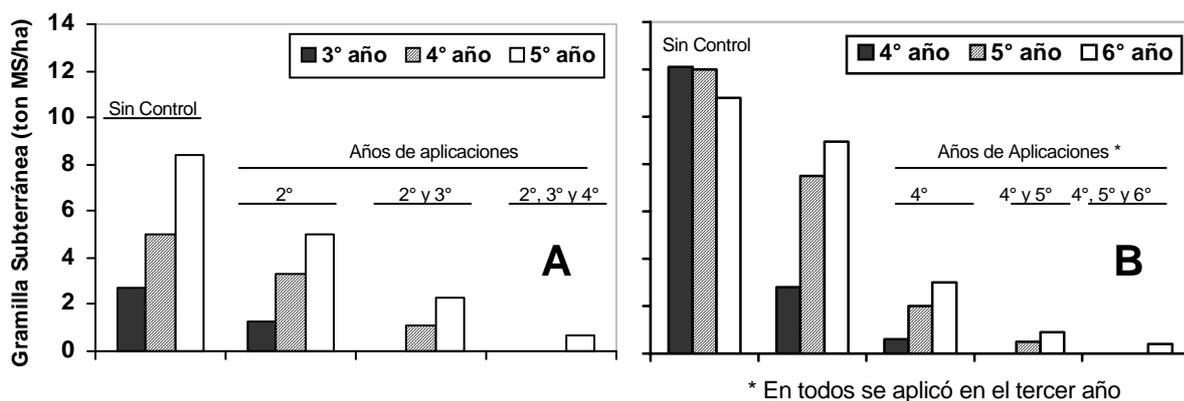


Figura 3. Control de gramilla en praderas sin gramíneas perennes

Cuando en el suelo existen niveles iniciales bajos de infestación de gramilla se obtienen al implantarse una pradera para las distintas especies, mayores poblaciones y tasas de crecimiento inicial de las plántulas. Posteriormente, en años sucesivos son también mayores las velocidades de rebrote luego de cada pastoreo o corte, con lo cual se favorece la persistencia de la pastura y en consecuencia su capacidad de competencia, obteniéndose paralelamente menores tasas de crecimiento y de acumulación de materia seca subterránea de la maleza.

Las respuestas reseñadas se visualizan también en la figura que antecede, donde se observa que cuando no se aplican graminicidas, en el cuarto año de las pasturas, se cuantifican 5 y 12 ton de gramilla subterránea (Figura 3A y 3B respectivamente), en respuesta, como ya fue señalado, a las contrastantes diferencias en los niveles iniciales de la maleza.

Sin embargo, la eficiencia en el control de gramilla con distintos graminicidas ha sido reportada por otros autores (Bryson & Wills, 1985, Wilcut, 1991). Al realizar las aplicaciones de estos herbicidas en otoño se contempla el ciclo estacional de traslocación floemática que regula el movimiento de herbicidas sistémicos, favoreciendo su transporte hacia los rizomas. Posiblemente en nuestras condiciones los altos niveles de acumulación subterráneos de gramilla son los que limitan la eficiencia de los graminicidas.

Las praderas implantadas en situaciones que presentan baja infestación inicial de gramilla, producen en 4 años de vida útil 6,6 ton MS/ha más de forraje, que las implantadas con niveles altos de infestación inicial. En estas últimas, además, la duración productiva se reduce de tres a sólo dos años (García y col. 1981). En consecuencia, y dada la inviabilidad de los controles puntuales con graminicidas, se debe considerar que la etapa previa a la implantación de las praderas es clave para el control de gramilla.

Control preimplantación de praderas

La gramilla compite con las plantas cultivadas, especialmente por agua, nutrientes y espacio, produciendo también una canopia lo suficientemente densa como para competir por luz. Es una planta típicamente heliófila que cuando crece a la sombra de un cultivo modifica su porte rastrero, los tallos se tornan erectos y los rizomas emergen continuando su crecimiento como estolones (Fernández & Bedmar, 1992).

Esta respuesta ecofisiológica determina una mayor relación parte aérea/parte subterránea (PA/PS) y consecuentemente la disminución de las reservas subterráneas, y la modificación del patrón de crecimiento de las hojas que presentan una mayor área foliar específica, que cuando crecen bajo radiación completa.

Tradicionalmente, en sistemas de laboreo convencional el control de gramilla se realiza básicamente por medios mecánicos. El fraccionamiento de rizomas y estolones, y su exposición a condiciones ambientales adversas como altas o bajas temperaturas extremas y el estrés hídrico determinan que la planta reduzca o pierda su capacidad de rebrote por agotamiento de las sustancias de reserva.

Las temperaturas más extremas se dan en la superficie del suelo ya que a medida que se profundiza en el perfil se atenúan como se observa en la figura 4.

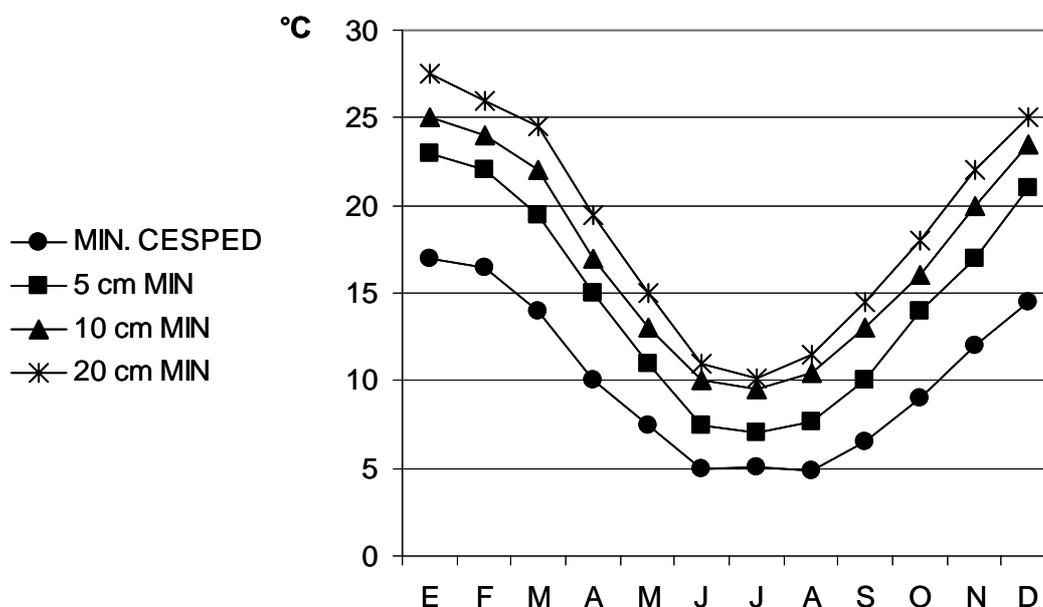


Figura 4. Temperaturas mínimas registradas en suelo y césped en INIA La Estanzuela, promedio de 12 años.

El efecto de las altas temperaturas será mayor en condiciones de baja humedad, con trozos de rizomas y estolones más cortos, y con las yemas en crecimiento activo.

En relación al efecto de las bajas temperaturas, la bibliografía señala que la gramilla no sobrevive a temperaturas menores a -2°C. Sin embargo, es importante el estado fisiológico en que se encuentra, ya que para sobrevivir al invierno entra en estado de latencia, para lo cual se deshidrata y por esto tolera las bajas temperaturas. Por tanto los veranillos invernales que inducen al crecimiento en esa época favorecerán el efecto letal de las bajas temperaturas nocturnas si la gramilla se encuentra expuesta.

El fraccionamiento de los rizomas disminuye la dominancia apical que ejercen las yemas en activo crecimiento, favoreciendo una mayor brotación y aumentando la sensibilidad de las latentes (cuadro 1).

Cuadro 1: Efecto del largo del estolón sobre el número de yemas brotadas.

Nº de yemas por fragmento de estolón	Porcentaje de yemas brotadas
3	65
5	55
8	52
10	33

Además se aumenta la eficiencia de los herbicidas por mayor número de yemas receptivas y menores distancias de traslocación, así como se favorece el desecamiento al aumentar la superficie expuesta.

Paralelamente, si se complementa el control mecánico, o sea el fraccionamiento de rizomas y estolones, con el control químico, se favorece la actividad de los herbicidas sistémicos, al disminuir la distancia a la cual se deben traslocar los productos y porque además, se promueve el número de yemas receptivas por disrupción de la dormancia y un mayor crecimiento de la parte aérea.

Control en sistemas con laboreo y con siembra directa

En sistemas de siembra directa, el control se realiza principalmente por medios químicos, debiéndose encarar los programas a largo plazo, con un manejo integrado incluyendo aplicaciones sucesivas de herbicidas totales como glifosato que se deben adaptar a la cadena productiva, donde las secuencias de cultivos forrajeros competitivos constituyen etapas claves previo a la implantación de la pradera.

Un cultivo que crezca rápidamente e intercepte la radiación competirá más efectivamente, limitando el crecimiento de la maleza. En consecuencia la densidad de siembra o las fertilizaciones nitrogenadas son prácticas de manejo que deben ser consideradas.

En este contexto, el control químico en la primavera del tercer año de la pradera para cortar el ciclo de acumulación subterráneo de gramilla durante el verano, es una práctica de manejo clave, tanto en condiciones de laboreo convencional como de siembra directa (Figura 2). Esta práctica condiciona además, la implantación y los rendimientos del cultivo de verano que se pretenda establecer para complementar con un estrés biótico al químico.

Así, en siembra directa, se ha determinado que con las aplicaciones de glifosato (roundup 36%, aplicado con el agregado de un surfactante organosiliconada al 1%), a diferentes dosis se pueden generar marcadas diferencias en el control de gramilla y en el rendimiento de un cultivo de verano como moha (Rios, Faggi y Scremini, 1997), no implantándose la moha cuando no se controló la gramilla como se observa en la Figura 5.

En sistemas con laboreo convencional también a mayores dosis del herbicida mayores rendimientos, sin embargo, sin control químico el cultivo se implanta, pero la interferencia de la maleza condiciona su productividad (Figura 5).

Cuando se realiza laboreo, la presencia de gramilla en cultivos estivales puede determinar mermas del 20-30% (Rios, Civetta y Sanz, 1996). En este sentido Fernández y Bedmar, 1992 reportan que la germinación de las especies que se pretenden implantar puede ser limitada por gramilla una vez que haya desarrollado una trama de rizomas y estolones.

Siembra Directa

Laboreo Convencional

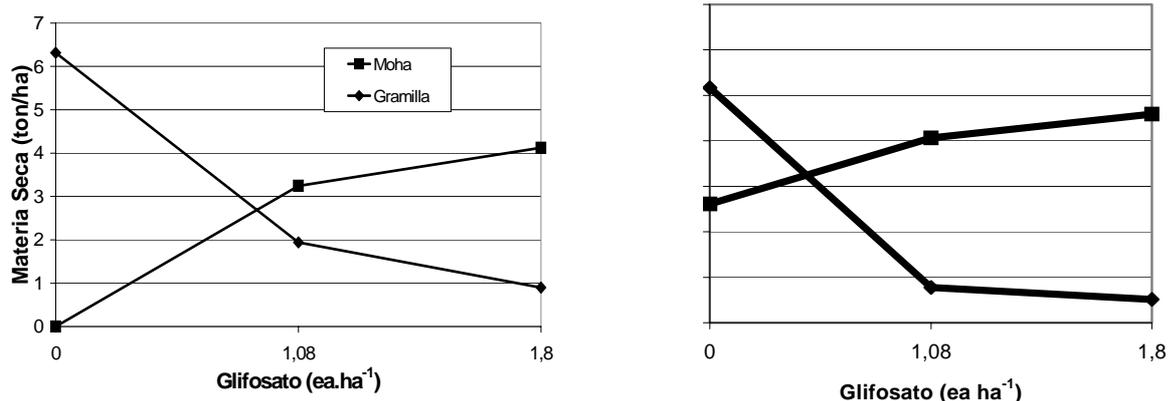


Figura 5. Rendimiento de moha y control de gramilla subterráneo en respuesta a aplicaciones con glifosato.

En nuestras condiciones también se ha cuantificado la reducción en los niveles subterráneos de gramilla luego del invierno aún sin control químico en otoño (Rios, Faggi & Scremini, 1997). Esta situación se explicaría por la sumatoria de los efectos de las bajas temperaturas invernales, la competencia en primavera de la pastura sobre gramilla y además porque el crecimiento se reinicia a expensas de las reservas de carbohidratos de los rizomas determinando menor biomasa en el suelo (Horowitz, 1972a).

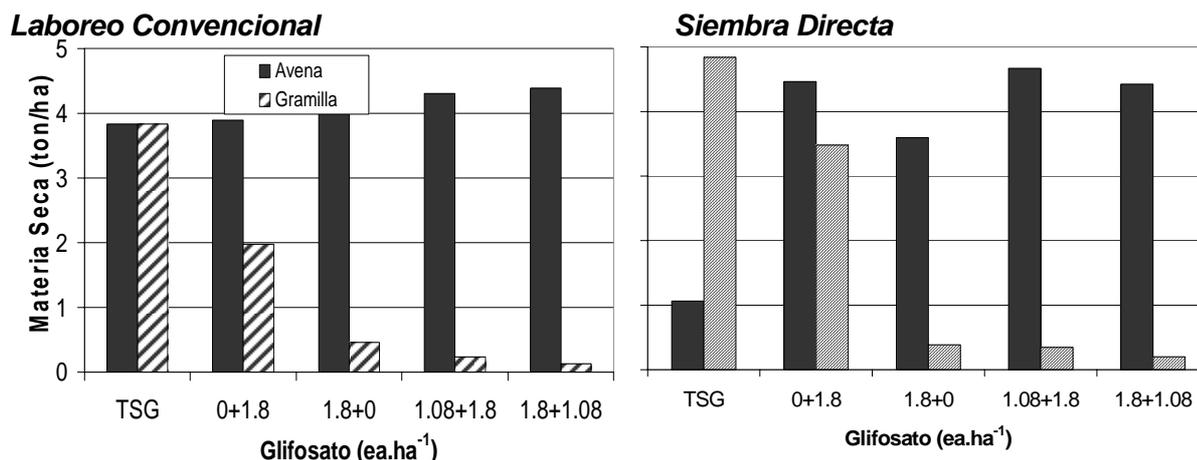
Al reiniciar la gramilla su actividad en la primavera, el flujo de fotoasimilatos es principalmente acropétalo, en consecuencia es menor la traslocación del herbicida hacia la parte subterránea, no obstante la eficiencia de control puede ser mayor en primavera que en otoño.

En el otoño, al disminuir el crecimiento de gramilla en respuesta al menor fotoperíodo y temperatura, la traslocación es principalmente basipétala, lo cual favorecería una mayor acumulación del herbicida en rizomas y raíces.

En una pradera de 3° año en la primavera al reiniciarse la estación de crecimiento suelen cuantificarse niveles de 3000 kg MS/ha, sin embargo en el otoño luego de la fase de crecimiento primavero-estival, la biomasa subterránea puede llegar a duplicar la de primavera.

Así, considerando una aplicación de 5 litros de glifosato existiría una mayor concentración del herbicida aplicado sobre la biomasa subterránea de la maleza en primavera, 1.67 cm³/kg MS de gramilla, que en otoño, 0.83 cm³/kg MS, originando importantes diferencias de control.

Estas diferencias en control son más marcadas en siembra directa que en convencional, y condicionan la respuesta en el rendimiento del verdeo invernal que se integra a la rotación (Figura 6)



TSG: Testigo sin glifosato.

Figura 6. Rendimiento de avena y control de gramilla subterránea en función de las aplicaciones de glifosato realizadas en primavera + otoño.

La competencia de la gramilla en los cultivos forrajeros invernales determina menor crecimiento de la parte aérea, disminuyendo el número de tallos o macollos y la altura de las plantas, lo cual conlleva a mermas en la producción de forraje.

En el cuadro 3 se presentan la producción de forraje, el número de tallos, la altura de plantas, y la biomasa radical de avena, raigrás y trébol alejandrino calipso, implantados en dos situaciones contrastantes.

Una situación es el resultado de dos aplicaciones de glifosato sucesivas, una realizada a fines de diciembre y la otra, luego que la gramilla rebrotara a mediados de febrero. En la segunda situación sólo se realizó una aplicación en febrero en una gramilla pastoreada con una altura que no sobrepasaba los 3 a 4 cm.

Al momento de la siembra, a mediados de marzo, en la primera situación descrita, no había restos secos de gramilla, solo suelo desnudo, en la segunda situación los restos secos de la gramilla estaban presentes.

Cuadro 3. Crecimiento de verdes invernales, determinación realizada a los 116 días de la siembra en dos situaciones de control de gramilla.

RAIGRAS TITAN				
APLICACIONES	FORRAJE	TALLOS	ALTURA	SISTEMA RADICAL
	Kg MS/ha	N°/m2	cm	Kg MS/ha
Diciembre y Febrero	529	1492	9.0	402
Febrero	228	1129	8.2	226
Diferencia (%)	58	25	-	44
AVENA 1095a				
Diciembre y Febrero	2044	494	26	454
Febrero	713	494	16	327
Diferencia (%)	65	-	38	-
TREBOL ALEJANDRINO INIA CALIPSO				
Diciembre y Febrero	1764	897	13.2	309
Febrero	461	431	8.2	151
Diferencia (%)	75	52	39	28

A la competencia que ejerce la gramilla en la parte aérea de las forrajeras, se suma el efecto de interferencia de su biomasa subterránea, la cual es una eficiente consumidora de agua, nutrientes, ocupando un espacio físico con un entramado de rizomas que interfieren en el desarrollo en profundidad de las raíces, a lo cual se suma los efectos alelopáticos que interfieren también con el crecimiento de los sistemas radicales de las especies implantadas.

Control de praderas engramilladas con maíz como cabeza de rotación

En sistemas de siembra directa, el grado de control de una pradera engramillada previo a la implantación de cultivos o verdeos ya sea de invierno o verano, no solo puede afectar el rendimiento del cultivo cabeza de rotación, sino que puede incidir en la productividad del sistema en el largo plazo.

Como ya fue señalado, cuando el nivel de gramilla de una pradera degradada a fines del invierno del tercer o cuarto año alcanza los 2500 kg MS.ha⁻¹, al otoño siguiente luego del período de crecimiento primavera-estival se duplica ese valor.

En términos prácticos esta situación significa que durante la primavera y el verano en esa pastura degradada lo que prioritariamente se va a propagar va a ser la gramilla.

Para evitar llegar a esos niveles, con las dificultades de control que eso significa la alternativa tecnológica que se ha planteado, es cortar el ciclo de crecimiento al comienzo de la primavera implantando cultivos estivales.

En este contexto, cuando se iniciaron, a mediados de la década del 90, los estudios de control de gramilla en sistemas de directa, la primera alternativa que se manejó fue integrar la moha como cultivo cabeza de rotación, como ya fuera mencionado en líneas precedentes, se obtuvieron resultados excelentes de control, de productividad y persistencia de las praderas de festuca y leguminosas sembradas posteriormente (Faggi y Scremini, 1997; Rios, 1998, Rios 2001).

El desafío posterior era integrar al maíz como cabeza de rotación, para lo cual la estrategia de control de la pradera engramillada a la salida del invierno constituía el mojón para el éxito de la tecnología, y si además se disponía de herbicidas que tuvieran algún efecto supresor sobre la gramilla en el cultivo de maíz, ya era un eslabón más y muy importante en la cadena.

Con malezas perennes y en especial con la gramilla, el éxito en las estrategias de control integrado se visualizan en el largo plazo, consecuentemente si el objetivo es controlar una pradera engramillada y establecer un cultivo de maíz, los resultados también se deben capitalizar en la siguiente estación de crecimiento de la maleza, a través de las productividades de las secuencias de los verdeos invernales y estivales.

El control de la pradera engramillada durante el barbecho previo a la implantación de un cultivo de verano puede ser realizado variando el momento de la primera aplicación y consecuentemente el largo del barbecho, y puede ser combinado con diferentes dosis de glifosato. Asimismo este control presiembra puede o no ser complementado por las alternativas químicas elegidas para el cultivo seleccionado como cabeza de rotación.

Considerando este escenario se analiza a continuación la evolución del engramillamiento y las productividades obtenidas en una secuencia de un verdeo invernal y otro estival, en respuesta al control de gramilla iniciado en la primavera anterior con glifosato, lo cual se complementa con diferentes tratamientos químicos en el cultivo de maíz antecesor (Haedo y Rostán, 2003; Rios, Haedo y Rostan, 2004a).

En una pastura de tercer año infestada con gramilla se iniciaron los tratamientos de control en invierno y primavera de 2001 en distintos momentos y con diferentes combinaciones de dosis de glifosato. Las seis estrategias de aplicación de glifosato fueron: junio +octubre 1.4+2.4, agosto + octubre 1.4+2.4 y 2.4+1.4, setiembre + octubre 1.4+2.4 y 2.4+1.4 y en octubre 2.4 kg ea ha⁻¹. El glifosato empleado fue Roundup Full, fabricado en base a la sal monoetanolamina de la N- fosfometilglicina,

a una concentración de 480 gramos de equivalente ácido por litro, formulado con el surfactante etheramina a una concentración de 120 gramos por litro.

En noviembre de ese año se sembró maíz, evaluándose una aplicación preemergente de atrazina + acetoclor a $1.5+1.5 \text{ kg ia ha}^{-1}$. y una posemergente de la mezcla formulada de imazapic + imazapir a $76+26 \text{ g ia ha}^{-1}$ (On duty 171 g.ha^{-1}). En mayo, luego de cosechado el maíz, se sembró un verdeo invernal mezcla de raigras (*Lolium multiflorum*) cv 284 y trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) cv INIA Calipso y en enero de 2003 se sembró moha (*Setaria itálica*).

En noviembre de 2001, mayo 2002 y en enero 2003, previo a la siembra de los cultivos se realizó una aplicación generalizada de glifosato a 0.48 , 0.48 y $0.96 \text{ kg ea ha}^{-1}$, respectivamente.

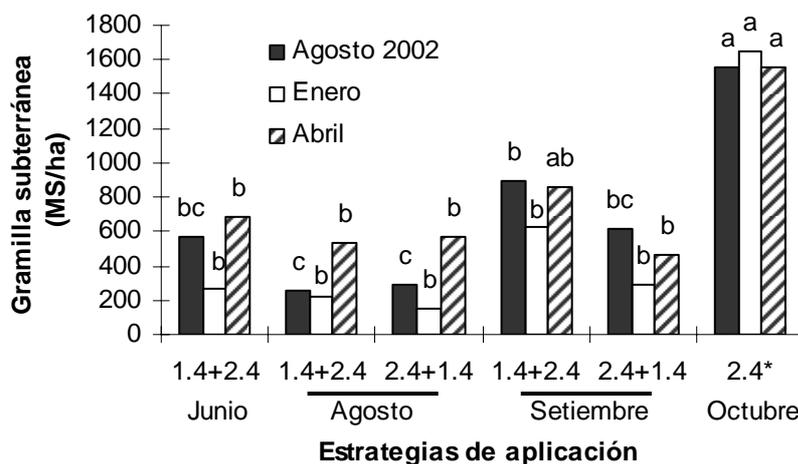
En agosto de 2002, enero y abril de 2003 se realizaron muestreos de gramilla. Se realizaron tres cortes de producción de forraje del verdeo invernal en agosto, octubre y diciembre y uno para el verdeo estival en abril. Luego de realizado el tercer corte de forraje del verdeo invernal, y previo a la aplicación de glifosato para la siembra directa de moha, se estimó visualmente el área cubierta por gramilla y pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*).

Evolución de los niveles de gramilla subterránea

Con relación al efecto de las estrategias de aplicación en los niveles de gramilla subterránea se determinó la tendencia de menores niveles asociados a mayor largo de barbecho, considerando desde el mes de junio hasta octubre.

En las aplicaciones realizadas en el mes de agosto se registran los menores valores de infestación y fueron debidos probablemente a que al realizar la segunda aplicación en el mes de octubre se encuentra la gramilla más receptiva, con mayor cantidad de yemas en actividad y con mayor área de superficie fotosintéticamente activas (Figura 7)

A las aplicaciones realizadas en el mes de setiembre también se les aplicó una segunda dosis en el mes de octubre pero debido al menor período de rebrote entre ambas aplicaciones, la gramilla en octubre presentó menor superficie foliar expuesta y consecuentemente menor penetración del glifosato.

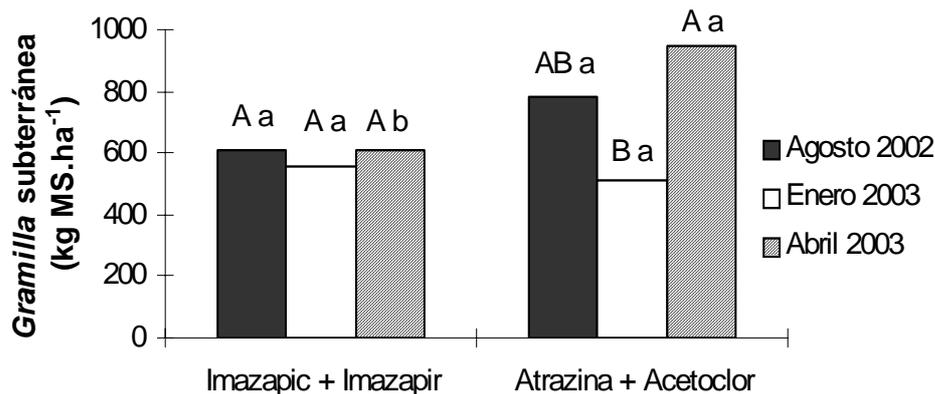


* kg ea ha^{-1}

Nota. Para cada mes de evaluación las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Figura 7. Biomasa subterránea de *C. dactylon* cuantificada en las seis estrategias de aplicación de glifosato.

En relación a los tratamientos de herbicidas realizados en el maíz se observó la tendencia a menores niveles de gramilla subterránea con imazapic + imazapir al ser comparado con la mezcla de atrazina + acetoclor (Figura 8).

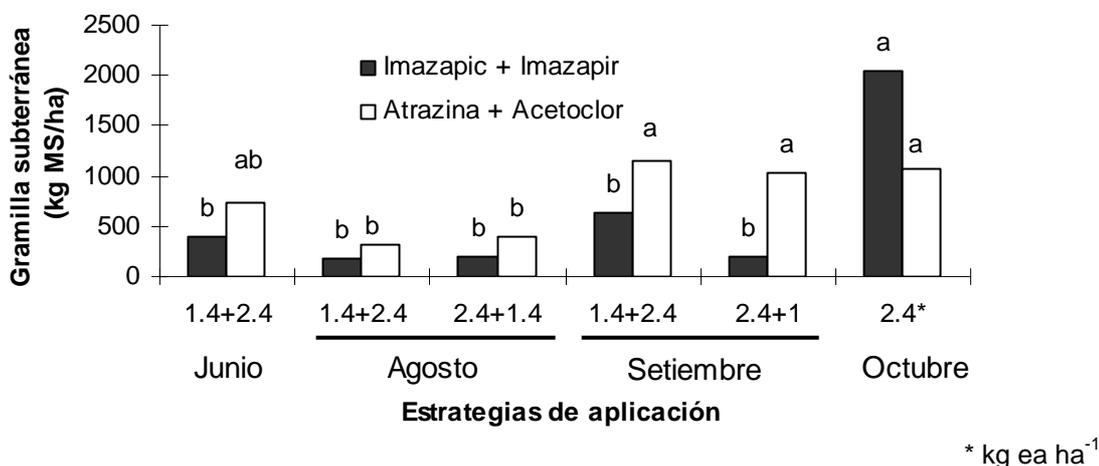


Nota. Para cada mes de evaluación y para cada herbicida las medias seguidas por la misma letra mayúscula y minúscula respectivamente, no difieren estadísticamente entre sí ($P < 0.05$)

Figura 8. Biomasa subterránea de gramilla en respuesta a los herbicidas aplicados en el cultivo de maíz.

En la evaluación realizada en el mes de agosto, los mejores niveles de control se lograron asociados a los tratamientos donde se aplicaron las imidazolinonas y las estrategias de aplicación comenzaron en junio o agosto.

En los barbechos largos asociados a dobles aplicaciones con mayores intervalos entre las mismas determinan drásticas reducciones en el nivel de engramillamiento, ya que imazapic+imazapir ejercieron un efecto supresor en el crecimiento de la gramilla, lo cual no se logra si se aplican en barbechos donde el nivel de gramilla subterránea es alto como puede ocurrir en barbechos cortos o con una sola aplicación (Figura 9).



Nota: el valor de cada barra es la media de esa aplicación química para ese barbecho. Las medias identificadas con la misma letra no difieren significativamente entre sí al 10% de probabilidad ($P < 0,10$).

Figura 9. Pesos secos de gramilla subterránea en el mes de agosto en los distintos barbechos en función de las aplicaciones químicas realizadas para el control de malezas en el cultivo de maíz

Los niveles de gramilla subterránea en enero en respuesta a la estrategia de aplicación, indican el barbecho comenzado en octubre es donde aún persistía el mayor nivel de infestación de gramilla con una media de 1650 kg MS/ha. El contenido subterráneo de gramilla de los barbechos iniciados entre junio y setiembre no se diferenciaron entre sí, presentando niveles menores a 500 kg MS/ha (Figura 7)

En la evaluación de enero los niveles de infestación subterránea en las distintas estrategias de aplicación, disminuyen con respecto a los niveles de agosto, evolucionando diferencialmente en las distintas situaciones (Figura 7). El crecimiento del verdeo invernal, y la consecuente competencia limitó el crecimiento de la gramilla, probablemente al disminuir los niveles de radiación fotosintéticamente activa que alcanza los niveles inferiores de la pastura.

En diciembre luego del último pastoreo y finalizado el ciclo de las especies componentes del verdeo, la radiación penetra más. Con esta nueva situación, en plena estación de crecimiento de la gramilla, se da un activo rebrote de ésta a partir de sus reservas, determinando que el peso seco subterráneo disminuya. Similares resultados fueron cuantificados por Civetta y Sanz, 1995.

Sobre estos niveles de infestación de gramilla es que se establece el cultivo de moha, previa aplicación de glifosato, la siguiente evaluación se realiza en el mes de abril luego de transcurrido el ciclo de crecimiento de la moha.

En el mes de abril, se cuantificó el mayor nivel de engramillamiento en el barbecho que comenzó en octubre, con una media de 1551 kg MS/ha mientras que en los restantes barbechos varió entre 467 a 860 kg MS/ha (Figura 7).

En general, en todos los barbechos se produjo una recuperación en el nivel de gramilla subterránea en el mes de abril respecto a enero como es dable esperar luego del crecimiento estival de la maleza, alcanzándose los niveles determinados en agosto, excepto para el barbecho de octubre que se mantuvo constante en las tres evaluaciones y con los mayores niveles (Figura 7).

En el mes de abril, para la media de las estrategias de aplicación comparando los dos tratamientos de control que se realizaron en el maíz, se diagnosticó una evolución diferencial en el nivel de gramilla subterránea.

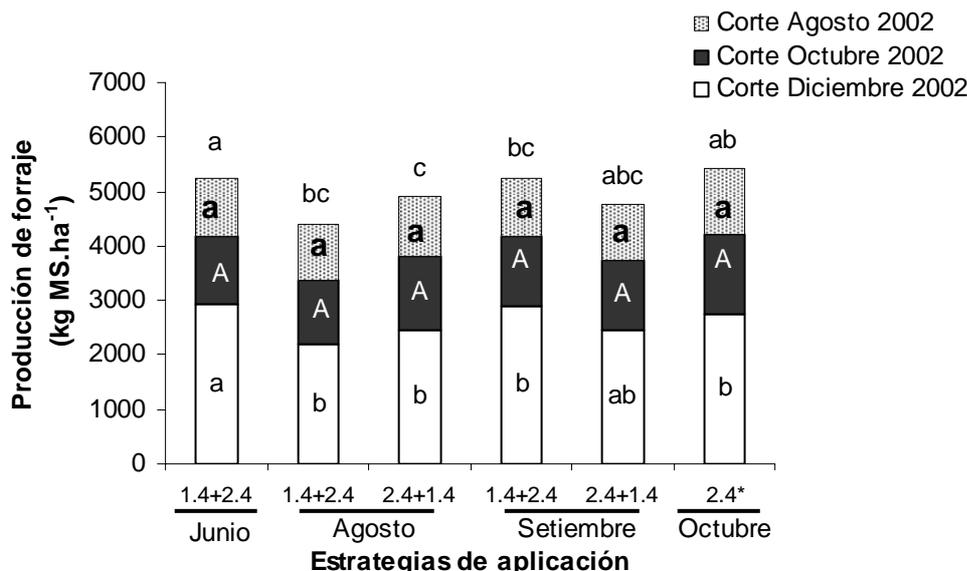
El tratamiento en el maíz de atrazina+acetoclor permitió una mayor recuperación de los niveles de gramilla subterránea en comparación a las imidazolinonas, lo cual ocurre principalmente por el menor crecimiento de la moha en aquel tratamiento, determinando un menor efecto de competencia a la gramilla principalmente por luz.

En los tratamientos químicos realizados en el cultivo del maíz, la evolución en el engramillamiento fue similar a la determinada en los barbechos donde se constata una leve disminución de los niveles de enero y nuevamente una recuperación hacia el mes de abril donde se alcanzan los niveles del muestreo de agosto e inclusive se superan como ocurre en donde se aplicó atrazina+acetoclor (Figura 8).

La recuperación cuantificada en la evaluación realizada en el mes de abril, se fundamenta en el desarrollo estival de la gramilla, acumulando reservas hacia fines de verano para pasar el invierno y rebrotar nuevamente en la siguiente primavera, determinando un aumento en el peso seco subterráneo, esta evolución también fue caracterizada por Faggi y Scremini, 1997. En ese mes la gramilla finalizó la floración y comenzó el período de traslocación de carbohidratos hacia la parte subterránea acumulando reservas para la siguiente estación de crecimiento (Ríos, 2001).

Producción de forraje del verdeo invernal

En la estrategia de aplicación que comenzó en el mes de junio, fue donde se cuantificaron los mayores volúmenes de forraje, superando los 3000 kg MS/ha de producción en el primer corte, entretanto, la producción de forraje en los períodos de barbecho comenzados en agosto, setiembre y octubre fue similar, superando los 2500 kg MS/ha (Figura 10).

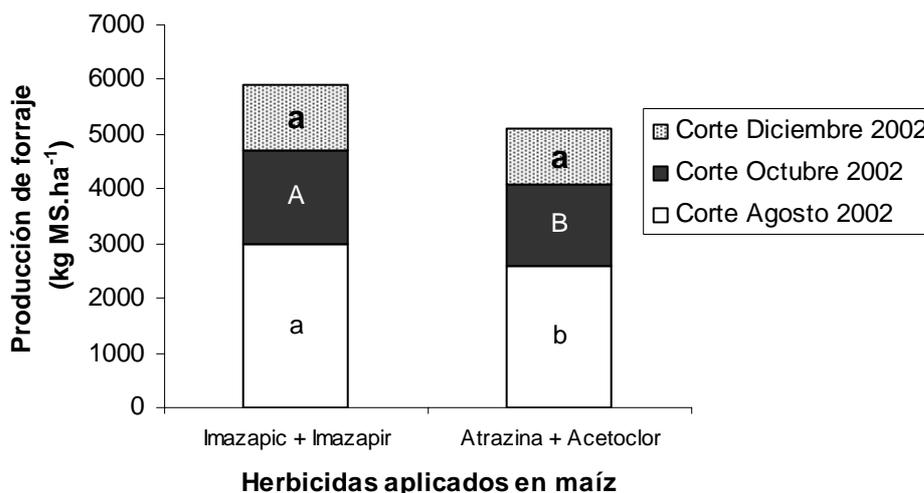


* kg ea ha⁻¹

Nota. Para cada mes de evaluación las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Figura 10. Producción de forraje total y en cada uno de los tres cortes realizados del verdeo invernal en las estrategias de aplicación de glifosato

En las estrategias de aplicación donde se aplicó imidazolinonas en el cultivo de maíz, la media de producción de forraje del verdeo en el primer corte fue marcadamente superior a donde se aplicó atrazina + acetoclor, siendo esta diferencia de 500 kg MS/ha. Esta diferencia estaría determinada por el menor nivel de gramilla subterránea y malezas estivales como pasto blanco cuantificada en la aplicación de imazapic+imazapir, también asociado a un mayor largo de barbecho para el verdeo invernal, por comenzar el mismo en madurez fisiológica del cultivo de maíz al estar limpio de malezas en comparación a la situación con aplicaciones de atrazina+acetoclor, donde el período de barbecho comienza con la aplicación de glifosato (Figura 11).



Nota. Para cada mes de evaluación las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Figura 11. Producción de forraje total y en cada uno de los tres cortes realizados del verdeo invernal en respuesta a las aplicaciones realizadas en el cultivo de Maíz.

En la producción total de forraje se mantiene que el mayor volumen de producción se asocia al barbecho mas largo donde se cuantificaron 6200 kg MS/ha, determinándose las mayores diferencias en el primer corte (Figura 10).

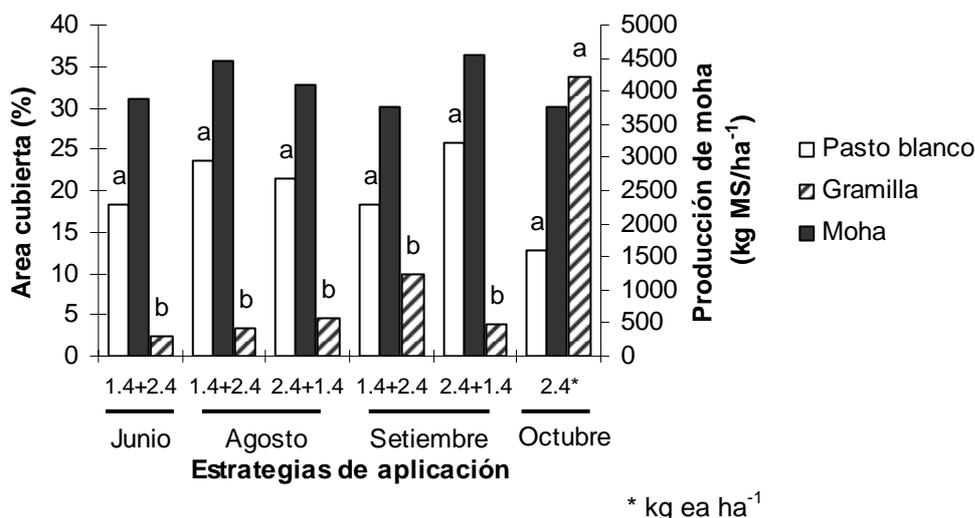
En referencia a la producción total de forraje en respuesta a la aplicación de herbicidas en el cultivo de maíz, con la aplicación de las imidazolinonas se supera en 800 kg MS/ha la media de los tratamientos con atrazina+ acetoclor (Figura 11).

La producción total de forraje varía de 5000 a 6000 kg MS/ha aproximadamente.

Area cubierta por gramilla y pasto blanco

Las determinaciones de área cubierta por gramilla y pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*) se realizaron cuando finalizó el ciclo de las especies forrajeras que constituían el verdeo de invierno posterior al último corte, un año después de aplicados los herbicidas en el cultivo de maíz.

El barbecho de octubre fue el de mayor porcentaje de área cubierta de gramilla diferenciándose de los otros tratamientos de barbecho, alcanzándose un valor de 34% mientras que en los otros barbechos fluctuó de 2,5 a 10% (Figura 12).

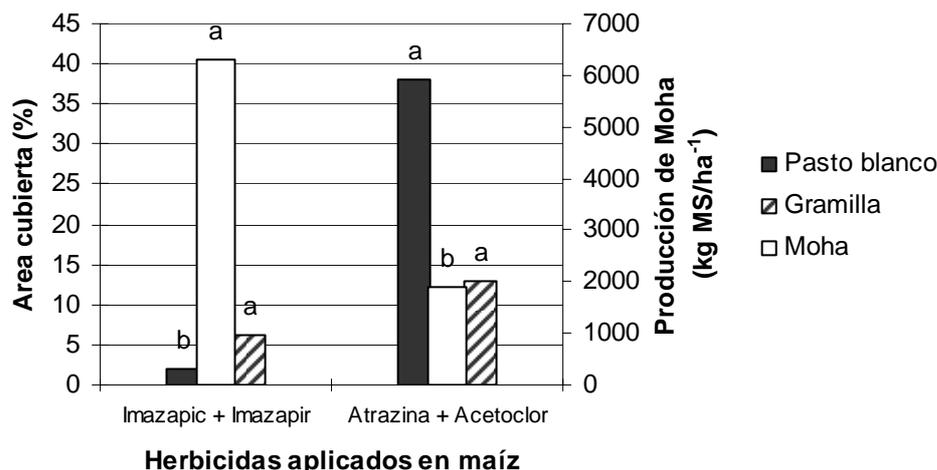


Nota. Para cada variable las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Figura 12. Producción de forraje de moha y área cubiertas por Gramilla y pasto blanco en las estrategias de aplicación de glifosato

Con respecto a la aplicación química, el área cubierta por gramilla fue de casi 7 unidades porcentuales menor para la media de los tratamientos de las imidazolinonas, que en los que se aplicó atrazina + acetoclor (Figura 13).

Anteriormente fue señalado que las aplicaciones sucesivas de glifosato posibilitan un mayor control de gramilla, ya que entre aplicaciones se produce el rebrote de los propágulos vegetativos que producen nuevas superficies foliares. Así, en la medida que las aplicaciones se suceden, la capacidad de rebrote va disminuyendo al igual que las reservas, se reduce el número de yemas y el tamaño de estolones y en esas condiciones se constata que la aplicación de imazapic + imazapir determinaría un efecto supresor de la maleza.



Nota. Para cada variable las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Figura 13. Producción de forraje de Moha, y área cubiertas por gramilla y pasto blancos en respuesta a las a los herbicidas aplicados en el cultivo de maíz.

El área cubierta por pasto blanco, fue significativamente menor donde al maíz se le aplicaron las imidazolinonas como se visualiza en la figura 13, la menor residualidad de la mezcla de atrazina+acetoclor determinaría estas respuestas.

En el cultivo de maíz, en general la emergencia de esta gramínea anual estival se suele visualizar a partir de los 60 días de realizadas las aplicaciones premergentes, dependiendo del mayor o menor volumen de precipitaciones que ocurra en el período considerado. Estos flujos germinativos aún con el cultivo de maíz sellando las entrefilas culminan con la maleza sembrando y reinfestando la chacra para la próxima primavera.

Producción de forraje del cultivo de moha

Las determinaciones de producción de moha se realizaron antes de finalizar el ciclo del cultivo cuando se encontraba en estado de grano lechoso-pastoso, a 92 días de su siembra, en el mes de abril.

La evaluación del área cubierta analizada en líneas precedentes se realizó previo a la siembra de la moha, controlándose las malezas posteriormente con glifosato.

No obstante, es importante señalar que estas respuestas estarían favorecidas por un año sin limitantes hídricas, ya que las precipitaciones en enero y febrero superan los 250 mm.

La mayor infestación de pasto blanco se constató en los barbechos en que los niveles de gramilla aérea son menores, lo que determinaría una mayor penetración de luz al suelo, lo cual es un requerimiento de las semillas de pasto blanco para iniciar el proceso de germinación (Tuesca y Leguizamón, 2003) (Figura 6).

La tendencia que se registró fue de mayores rendimientos de moha en los barbechos con menores niveles de gramilla aérea previo a la implantación. Interesa resaltar que la determinación del área cubierta por ambas malezas se realizó en diciembre conjuntamente con el tercer corte del verdeo invernal, siendo controladas en enero previo a la siembra de la moha, como ya fue mencionado.

Cuando la moha se sembró donde el año anterior se había aplicado las imidazolinonas su producción fue significativamente superior a la registrada donde se trató con atrazina+acetoclor. Cuando se utilizó esta mezcla se determinaron niveles de 38% de área cubierta por pasto blanco y una producción de 1880 kg PS/ha de moha, mientras que donde se usó imazapic + imazapir, el área cubierta por pasto blanco fue 2% y la producción de moha de 6300 kg PS/ha (Figura 7).

Estos resultados estarían determinados posiblemente por los efectos conjuntos de la gramilla y el pasto blanco, provocando problemas en producción y población a cosecha de moha que comprometió su capacidad competitiva sobre las malezas.

Considerando los resultados presentados se puede concluir que en siembra directa la integración de prácticas de manejo permite viabilizar la persistencia del control de gramilla en el largo plazo.

Consideraciones finales

La gramilla se caracteriza por su capacidad de interferencia en las distintas etapas de los sistemas de rotación, y por su capacidad de reinfestación que determina que sean inviables los controles puntuales, en consecuencia su control exige la integración de prácticas en el largo plazo, donde no solo se realicen aplicaciones de herbicidas, sino que se implementen secuencias de cultivos y pasturas que maximicen su capacidad de competencia

La erradicación de gramilla es imposible en condiciones de producción, por lo tanto la convivencia con la especie debe estar enmarcada en la integración de prácticas de manejo que permitan mantenerla en niveles que no interfieran en la productividad de los diferentes sistemas.

Literatura consultada

BONINO, F.; PANIZZA, C. 1997. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) e implantación de pasturas en sistemas de siembra directa. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 56 p.

BROWN, R.H. 1978. A difference in N use efficiency in C3 and C4 crop plants and its implications in adaptation and evolution. *Crop Sci.*; 18:93-98.

BRYSON, C.T. y WILLS, G.D. 1985. Susceptibility of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) biotypes to several herbicides. *Weed Science* 33(6):848-852.

BURTON, G.W.; SOUTHWELL, B.L. and JOHNSON, J.C. 1956. The palatability of coastal bermudagrass as influenced by nitrogen level and age. *Agronomy Journal* 48:360-362.

CIVETTA, P.; SANZ, J. M. 1995. Control de gramilla *Cynodon dactylon* (L.Pers.) en sistemas de siembra directa y de mínimo laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 61 p.

FAGGI, N.; SCREMINI, G. 1997. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) en sistemas pastoriles con aplicaciones de glifosato. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 74 p.

FERNÁNDEZ, O.N. y BEDMAR, F. 1992. Fundamento para el manejo integrado del gramón *Cynodon dactylon* (L. Pers.). INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (Arg.). Boletín Técnico no. 105. 26 p.

GARCÍA, J.A. 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. Serie Técnica n°. 67. 14 p.

_____; FORMOSO, F.A.; RISSO, D.F.; ARROSPIDE, C.G. y OTT, P.M. 1981. Productividad y estabilidad de praderas. CIAAB. Estación Experimental Agropecuaria "La Estanzuela" (Uru.). Miscelanea no. 29. 23 p.

HAEDO, J.; ROSTAN, P. 2003 Producción de un verdeo invernal implantado sobre rastrojos establecidos en una pradera engramillada en sistemas de siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 87 p.

HOLM, L.R.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V. and HERBERGER, J.P. 1991. *CYNODON dactylon* (L.) Pers. In: The world's worst weeds; distribution and biology. Malabar, Fla., Krieger. p. 25-31.

- HOROWITZ, M. 1972a . Development of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Weed Research 12:207-220.
- _____.1972b . Spatial growth of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Weed Research 12:373-383.
- JOHNSON, B.J. y WARE, G.O. 1978. Dates of glyphosate treatments on weeds and bermudagrass (*Cynodon dactylon*). Weed Science 26(6):523-526.
- LESCANO, M.C. 1981. Bioecología del gramón. INTA. Estación Experimental Agropecuaria de San Pedro. Informe Técnico n° 61.24p.
- MOREIRA, I. 1977.Efeito da temperatura no abrolhamento das gamas dos rizomas de *Cynodon dactylon* (L.Pers.). Anais do Instituto Superior de Agronomía (Lisboa) 37:41-47.
- RIOS, A. 1996. Control integrado de *Cynodon dactylon* . In Curso de actualización técnica en manejo de malezas. (2, 1996, La Estanzuela , Uru.).
- _____; CIVETTA ,P. y SANZ, J.M. 1996. Control de *Cynodon dactylon* en sistemas de siembra directa y mínimo laboreo. 4 Jornada Nacional de Siembra Directa . Mercedes, 4 de Octubre de 1996, AUSID, INIA, Prenader, ARS,. 5p.
- _____; FAGGI, N y SCREMINE, G. 1997. Control Integrado de *Cynodon dactylon* en Sistemas Pastoriles. Jornada Anual de Producción Animal. Unidad Experimental de Palo a Pique. 2 de octubre de 1997. INIA Treinta y Tres, p. 15-27.
- _____; FORMOSO,F.; PANIZZA, C. y BONINO; F. 1998. Siembra directa y convencional de pasturas en praderas degradadas a *Cynodon dactylon*. 6° Jornada Nacional de Siembra Directa, Mercedes, 8 de octubre de 1998, AUSID, INIA, Prenader, ARS, 12p.
- RIOS, A. 1998. Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas pastoriles. In: Seminario de biología, manejo y control de gramón (*Cynodon dactylon*), UBA, Buenos Aires, Argentina
- RIOS, A. 1999. Nuevas alternativas para el control de malezas en maíz. In: Jornada de cultivos de verano. INIA La Estanzuela. p. 91-99. (Serie Actividades de Difusión 197)
- RIOS, A. 1999. Dinámica y control de gramilla. INIA La Estanzuela. 17 p. (Serie Actividades de Difusión 192)
- RIOS, A. 2000. Alternativas químicas en cultivos de verano. In: Seminario actualizando la tecnología en control de malezas. INIA La Estanzuela. p. 48-53. (Serie Actividades de Difusión 234)
- RIOS; A. 2001 Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas mixtos de siembra directa y laboreo convencional. In: DIAZ ROSELLO, R. Siembra directa en el Cono Sur. MONTEVIDEO: IICA/PROCISUR, 2001. p. 211-224.
- RIOS, A. 2001. Selectividad y eficiencia de la mezcla formulada de imazetapir con imazapir en maíz (*Zea Mays*). In Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (15., 2001, Maracaibo, VE). Libro de Resúmenes. ALAM/SOVECOM. p. 217.
- RIOS, A. 2001. Algunas características de los nuevos herbicidas presentados. In Día de Campo (2001, La Estanzuela, UY). Siembra directa en cultivos de verano. INIA La Estanzuela (UY). Serie Actividades de Difusión no. 249. p. 1-11.
- RIOS, A. 2002. Manejo de cultivos y pasturas en siembra directa. Dia de campo INIA. Serie de Actividades de Difusión no. 278. p. 7-8.

- RIOS, 2004. Control de pradera engramillada para la siembra directa de maíz. In: Manejo de malezas en cultivos y pasturas en siembra directa. 2004. La Estanzuela: INIA. Serie Actividades de Difusión, 353. p. 5-6
- RIOS, A.; HAEDO, J.; ROSTAN, P. 2004. Control de *Cynodon dactylon* en sistema de siembra directa agrícola pastoril: 407. *Ciencia das Plantas Daninhas* 10(supl.):220.
- RIOS, A.; HAEDO, J.; ROSTAN, P. 2004. Control de *Cynodon dactylon* en sistema de laboreo y siembra directa agrícola pastoril: 408. *Ciencia das Plantas Daninhas* 10(supl.):221.
- RIOS, A. 2006. Día de Campo de Control Integrado de Gramilla. INIA La Estanzuela. 14 p. (Serie Actividades de Difusión N° 458)
- SCHMIDT, R.E. & BLAZER, R.E. 1969. Effect of temperature light and nitrogen on growth and metabolism of "tifgreen" Bermudagrass (*Cynodon sp.*). *Crop Science*. 9 (1) :5-9.
- SHEPARD, I.A. 1982. Evaluación de pasto bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para la producción de carne vacuna. Tesis Ing.Agr. Montevideo. Uru., Facultad de Agronomía. 59 p.
- WILCUT, J.W. 1991. Efficacy and economics of common bermudagrass (*Cynodon dactylon*) control in peanut (*Arachis hypogaea*). *Peanut Science* 18:106-109.