

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

JULIO 2006

Serie Actividades de Difusión N°465

TABLA DE CONTENIDO

Página

Manejo de malezas en cultivos de invierno <i>Amalia Rios, INIA La Estanzuela</i>	1
Herbicidas recomendados para control de malezas de hoja ancha en cultivos de trigo y cebada <i>Amalia Rios, INIA La Estanzuela</i>	19
Herbicidas en trigo en el sudeste bonaerense <i>María Inés Leaden, Fac. de Cs. Agrarias (UNMdP) y C.M. Lozano, Actividad privada</i>	29
Comportamiento ambiental de los herbicidas en el suelo: conceptos y resultados regionales <i>Francisco Bedmar, Fac. de Cs. Agrarias (UNMdP)</i>	39
Manejo integrado para el control de gramilla <i>Amalia Rios, INIA La Estanzuela</i>	65

MANEJO DE MALEZAS EN CULTIVOS DE INVIERNO

Amalia Rios¹

Introducción

Las características competitivas de los cultivos y las malezas están relacionadas con sus capacidades de obtener recursos del ambiente de los cuales dependen.

Las malezas se caracterizan por presentar propiedades fisiológicas, morfológicas, genéticas, y ontogénicas que determinan su crecimiento rápido, utilizando eficientemente mayor proporción de recursos abióticos que sus pares cultivadas, lo cual las favorece en la captura del espacio y en la determinación de mayores tasas de crecimiento, reflejo de la habilidad competitiva de cada especie.

El grado de dominancia de una especie en la jerarquía de una comunidad está determinado por el tamaño de sus plantas y se establece en estadios iniciales de desarrollo.

Su tamaño dependerá del peso del embrión y las reservas endospermáticas, de su tasa de crecimiento relativo, de la duración de la linearidad en la tasa de crecimiento, de las limitaciones en las tasas impuestas por la presencia, características y distribución de los individuos de otras especies.

Las limitaciones o efectos adversos que las plantas ejercen entre sí se denominan interferencia y está determinada por la competencia o limitación en la disponibilidad de recursos abióticos, tales como luz, agua, nutrientes, espacio, o por la alelopatía o producción de compuestos químicos, por tejidos vivos o no, que afectan su crecimiento.

En este trabajo se analizan los efectos de la interferencia de malezas, del momento de control y de la importancia del efecto residual del herbicida, se incluye el listado de cultivares de trigo y cebada cuya susceptibilidad a herbicidas ha sido evaluada y se presentan los resultados de estos trabajos realizados con distintos materiales de trigo y cebada.

Efecto de la interferencia malezas

El éxito en la implantación y posterior competencia de las agromalezas depende básicamente de su capacidad de capturar recursos abióticos en los estadios iniciales de desarrollo, lo cual les confiere altas tasas de crecimiento inicial, destacándose también, por la adaptación a hábitats con bajos niveles de estrés abiótico y fuerte competencia.

Entre las malezas latifoliadas más difundidas en el área agrícola, las crucíferas reúnen estas características, y son las que ejercen un efecto competitivo superior, debido a su mayor porte y vigor, a lo cual se suma las altas poblaciones presentes en las chacras. Con densidades de 70, 141 y hasta 300 plantas /m², se han determinado incrementos de rendimientos en grano de trigo que oscilaron entre 50 y 100 %.

En cultivos de trigo bajo la competencia predominante de latifoliadas las respuestas logradas en los rendimientos como resultado del control de esta familia de malezas han sido las más importantes y consistentes.

La competencia de gramíneas también produce mermas importantes en los rendimientos, se determinaron incrementos del 70 % y 45 % según se realice el control en tres hojas del cultivo o al macollaje, en trigo con una infestación de 2313 kg MS/ha de raigrás y balango al momento de la cosecha. Asimismo en cebada con niveles de raigrás de 1939 kg MS/ha a la cosecha se determinaron incrementos de 82 y 66 % según se elimine la interferencia en premacollaje o al macollaje, respectivamente.

¹ INIA La Estanzuela

Se debe considerar que estas respuestas están determinadas por la sensibilidad de los cereales a la interferencia de malezas en estadios tan tempranos como son las 3 hojas. Cuando se aplica el herbicida al macollaje, es mayor el espacio de tiempo en el cual el cultivo está expuesto a la competencia y consecuentemente los rendimientos son menores.

Efecto del momento de aplicación

En La Estanzuela a partir del año 1966, se estudia el efecto del momento de aplicación de distintos herbicidas en el rendimiento de trigo. Durante la década del 60 y 70 se compararon aplicaciones al macollaje con herbicidas hormonales como 2,4,-D versus aplicaciones premacollaje con derivados de la urea como diuron, triazinas como simazina y atrazina, o herbicidas de contacto como bromoxinilo y basagran.

Posteriormente, a inicios de la década del 80 se introdujeron los herbicidas de la familia de las sulfonilureas, como clorsulfuron y metsulfuron los cuales fueron aplicados a partir de Z₁₃.

Actualmente, el control químico de malezas latifoliadas en cultivos de invierno se realiza con herbicidas hormonales tradicionalmente aplicados durante el período de macollaje, o con sulfonilureas en aplicaciones más tempranas a partir de las tres hojas del cereal.

Al comparar aplicaciones en pre macollaje, Z₁₃, según escala de Zadoks, y al macollaje, partir de Z₂₁, consistentemente los mayores incrementos en los rendimientos del cereal se han obtenido con aplicaciones pre-macollaje, ya sea con herbicidas de contacto, o sistémicos con o sin efecto residual.

Al aplicarse el herbicida pre-macollaje con menor tamaño de malezas el espectro de control es mas amplio dada la mayor susceptibilidad de las distintas especies al estado de plántula, además también es mayor la velocidad de control, consecuentemente se reduce el período en que el cultivo esta expuesto a la competencia.

En La Figura 1 se presentan los resultados de 8 años de experimentos donde se comparan aplicaciones premacollaje y durante el macollaje.

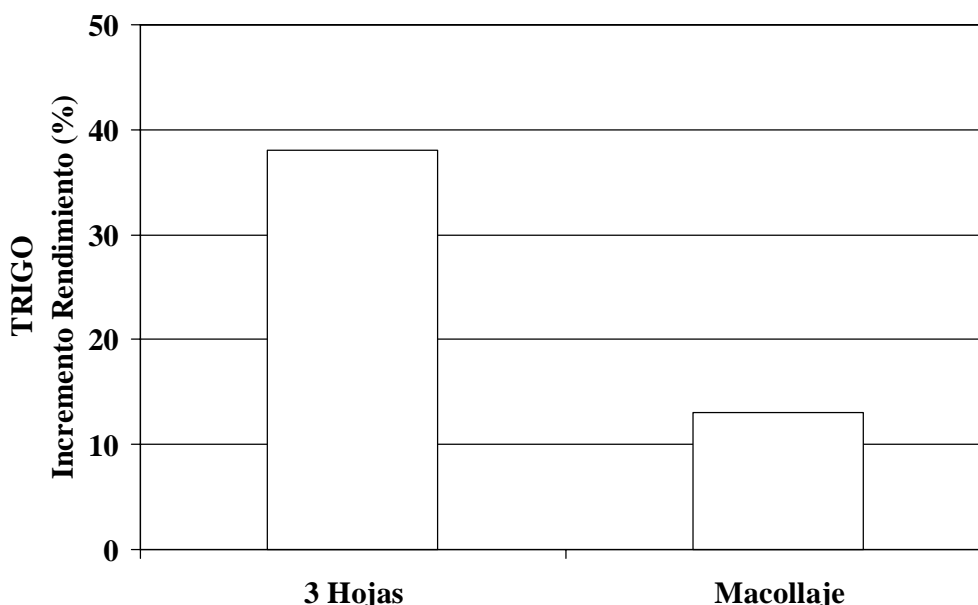


Figura 1. Incrementos de rendimiento de trigo en relación al testigo enmalezado base 100%, en respuesta a aplicaciones premacollaje y al macollaje. Análisis combinado de resultados de 8 años.

Con aplicaciones de 2,4,-D, al macollaje, no se logra un control aceptable de malezas como se observa en el Cuadro 1, donde se presentan los resultados de control con aplicaciones en un período de siete años en diez experimentos

Cuadro 1. Resultados de control obtenidos con aplicaciones de 2,4-D amina a 1.0 L/ha al macollaje.

Experimentos	Malezas presentes (%)					
	Latifoliadas	Crucíferas	Manzanilla (<i>Anthemis cotula</i>)	Calabacilla (<i>Silene gallica</i>)	Capiqui (<i>Stellaria media</i>)	Visnagas (<i>Ammi majus</i> *)
1	71	10	75	173	70	--
2	92	45	118	161	95	64
3	100	33	102	90	85	119
4	62	20	--	120	39	36
5	111	--	238	196	84	43
6	55	37	59	135	--	--
7	13	--	--	--	--	--
8	34	22	--	--	76	--
9	9	--	18	5	--	--
10	53	--	--	100	--	--

* También Ammi visnaga en menor proporción.

El porcentaje de malezas presente está referido al número de malezas, del testigo base 100.

En el cuadro se presenta el resultado general de la aplicación en el total de latifoliadas evaluadas y en las columnas siguientes se desglosa en función de las malezas presentes en cada uno de los experimentos.

En la columna de crucíferas se agrupan nabos, rabanos y mostacillas como *Brassica campestris*, *Raphanus spp.* y *Rapistrum rugosum*, estas malezas, al igual que las visnagas *Ammi majus* y *Ammi visnaga* son susceptibles a la acción del 2,4-D, sin embargo han persistido en número importante post-aplicación.

El intervalo de tiempo transcurrido entre la siembra del cultivo y el momento de las aplicaciones de 2,4-D al macollaje condiciona los resultados obtenidos porque;

1. Las primeras crucíferas que emergieron tienen un tamaño tal, que en ocasiones la acción del herbicida se circunscribe a una parcial detención del crecimiento con la sintomatología típica del herbicida hormonal, y posteriormente se recuperan.
2. Estas malezas de mayor porte, realizan conjuntamente con el cultivo la mayor intercepción del herbicida, impidiendo la llegada de éste al estrato inferior.
3. El estrato inferior donde la llegada del herbicida es errática y desuniforme está constituido por:
 - Crucíferas de emergencia más tardía las que dado su menor tamaño son susceptibles a las dosis recomendadas del herbicida.
 - Malezas de desarrollo más lento, con menor porte como capiqui (*Stellaria media*), calabacilla (*Silene gallica*), sanguinaria (*Polygonum aviculare*) que presentan menor susceptibilidad al herbicida.
 - Malezas que suelen emerger más tardías como ortiga mansa (*Stachis arvensis*), manzanilla (*Anthemis cotula*), visnaga (*Ammi majus*).

A efectos de evaluar la importancia de ese remanente de malezas en el crecimiento se cuantificó el número de plantas y materia seca de rábanos (*Raphanus spp.*) y trigo, con posterioridad a la aplicación de 2,4-D.

En la Figura 2, se observa que hay una respuesta en el desarrollo vegetativo del trigo, post aplicación de 2,4-D, como resultado de la disminución de la competencia, comparado con el testigo sin

tratar, sin embargo este mayor desarrollo del trigo no logra ejercer una competencia efectiva sobre el crecimiento posterior de las crucíferas que persistieron.

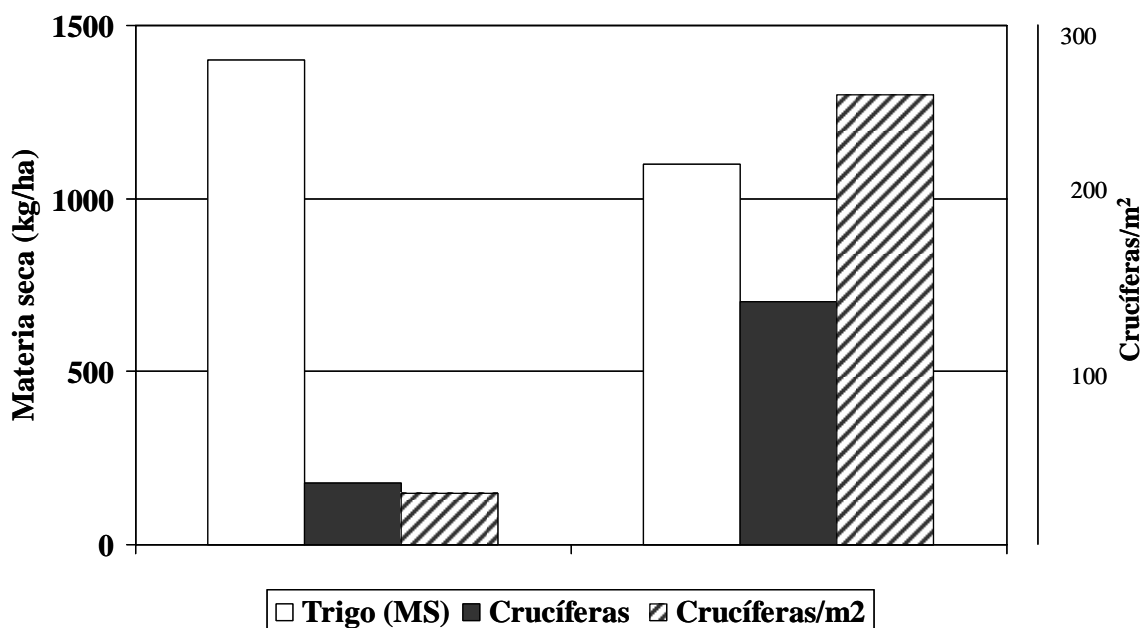


Figura 2. Respuesta a la aplicación de 2,4.D amina en la fitomasa de trigo y rábanos.

En la Figura 2 se observa que aunque se cuantificó una reducción en el número de plantas de crucíferas del 86%, estos valores no son acompañados por reducciones proporcionales en la materia seca total de la maleza, ya que las plantas que no fueron controladas triplicaron su tamaño con relación a las del testigo sin control.

Estos resultados en el control de crucíferas no se modifican con mezclas con tordon o banvel ya que estos herbicidas no controlan a esta familia de malezas.

Las respuestas a las aplicaciones al macollaje, aunque significativas, son siempre menores a las obtenidas con aplicaciones pre-macollaje, al aplicar el herbicida más tardío, es mayor el espacio de tiempo en el cual el cultivo está expuesto a la competencia, y es en estadios tempranos, a partir de Z₁₃ donde se ha establecido el inicio del período crítico de competencia en general para cereales de invierno.

La bibliografía es consistente en señalar que las malezas no controladas entre la segunda y tercer semana a partir de la emergencia del cultivo usualmente afectan los rendimientos, ya que es en las primeras semanas de crecimiento en que se establece el potencial de rendimiento, número y tamaño de las espigas del trigo.

El efecto residual

La eficiencia en el control de los herbicidas sistémicos de absorción principalmente foliar, como son los herbicidas hormonales ya mencionados, está determinada fundamentalmente por el tamaño de la maleza y la superficie de mojado de la parte aérea que se logre en el momento de la aspersión, lo cual condiciona los resultados de control determinando una amplia variabilidad, y por lo tanto los incrementos que se alcancen en los rendimientos de trigo, dependerán de la situación de enmalezamiento particular de cada chacra.

Al aplicar al macollaje existe una importante intercepción del herbicida por parte del cultivo y de las malezas de mayor tamaño, pudiendo quedar malezas a las cuales el producto no llegó que van a sobrevivir, y además, luego de las aplicaciones suelen sucederse flujos de germinación cuya incidencia va a depender del grado de competencia que ejerce el trigo.

En la siguiente figura se cuantifica la magnitud del enmalezamiento posterior a una aplicación de 2,4-D amina a 1.0 L/ha con relación al testigo sin tratar.

A los 25 días postaplicación (DPA) de 2,4-D se produjo una importante reducción en el número de crucíferas. Esta disminución parcial de la competencia origina un mejor establecimiento de las malezas de menor porte, a las cuales el herbicida que no logró controlar como es el ejemplo de ortiga mansa (*Stachis arvensis*), en respuesta a lo cual se cuantifica para esta maleza, aún mayor número de plantas que en el testigo sin control.

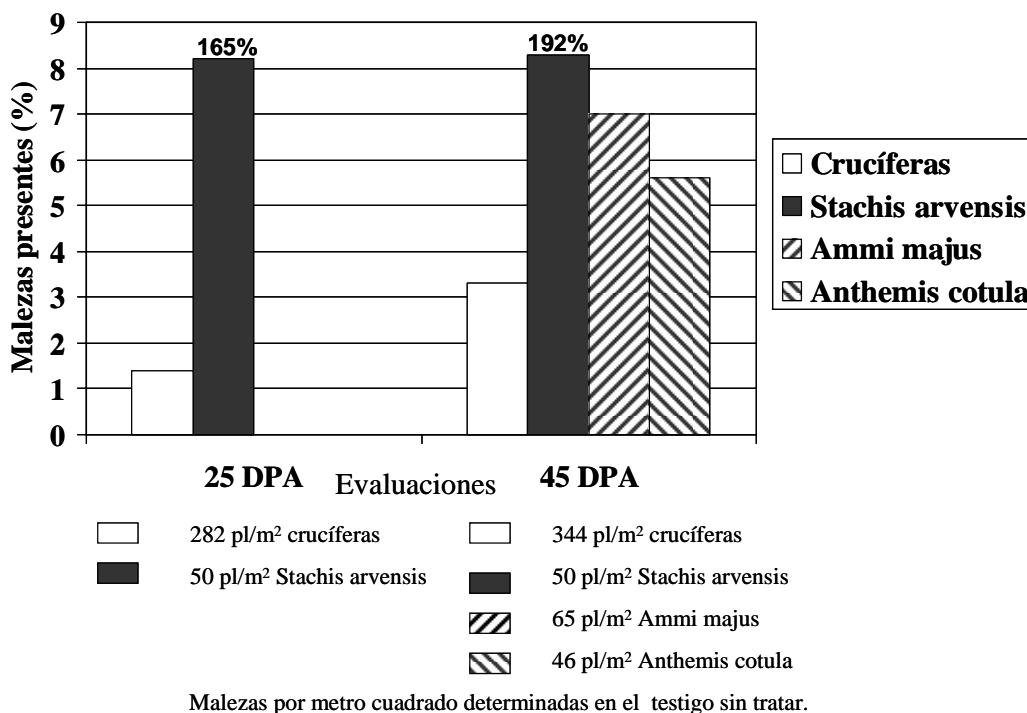


Figura 3. Malezas presentes en evaluaciones realizadas a los 25 y 45 días con posterioridad a la aplicación de 2,4:-D.

A los 45 días posaplicación, en los espacios libres que quedan donde las malezas fueron controladas se sucedieron nuevos flujos de emergencias, se contabilizan visnagas (*Ammi majus*) y manzanillas (*Anthemis cotula*), especies que emergieron posteriormente. Asimismo, mientras que en el testigo con malezas, el aumento en el número de crucíferas es del 20%, en el tratamiento con 2,4-D su número se triplicó.

La residualidad del herbicida permite controlar flujos de emergencia posteriores a la aplicación, y es relevante no sólo en chacras con altos niveles de enmalezamiento, sino también para prevenirlas en situaciones de chacra con diferencias en suelo, manejo previo o implantación del cultivo.

En la figura 4 se presentan los resultados de aplicaciones comparando tratamientos de herbicidas con y sin efecto residual, realizadas al inicio del macollaje en el rendimiento de trigo y en el nivel de reinfestación de malezas de las malezas presentes ortiga mansa (*Stachis arvensis*) y visnaga (*Ammi spp*)

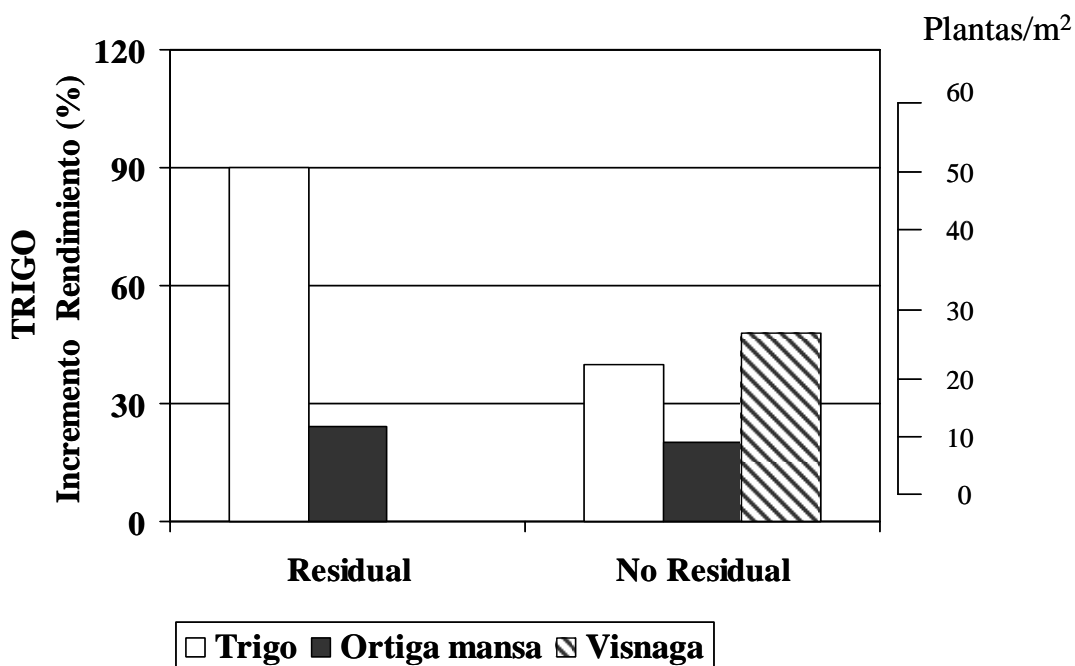


Figura 4. Incrementos de rendimiento en trigo y porcentaje de malezas presentes en aplicaciones con y sin efecto residual en relación al testigo sin tratar.

El control en pre-macollaje y con herbicidas residuales, minimiza la interferencia de las malezas y posibilita una rápida cobertura del cultivo, y cuando el efecto residual del herbicida decae, el propio cultivo bien implantado las “controla”, y conlleva a que el enmalezamiento posterior no incida en los rendimientos.

Dado los niveles de enmalezamiento de las chacras en el área agrícola, la aplicación de herbicidas pre-macollaje y con efecto residual debe ocupar un lugar relevante, debiéndose realizar en forma complementaria estudios de susceptibilidad varietal para evaluar los productos más promisorios.

Susceptibilidad varietal

Los estudios de susceptibilidad varietal se iniciaron en La Estanzuela en el año 1969, desde ese año a la fecha se han evaluando los principales herbicidas que se recomiendan al productor.

Los herbicidas 2,4.-D, tordón (picloran), banvel (dicamba) y varios mas, fueron los pioneros en estos estudios. A inicios del año 1980, con el surgimiento de las sulfonilureas, también se empezó a evaluar la susceptibilidad a glean (clorsulfuron), el primer herbicida de esta familia registrado a nivel mundial en cuatro variedades de trigo, por aquel entonces, a dosis muy superiores, 60 y 90 g/ha de producto comercial, a las que posteriormente se fueron ajustando para el control de malezas.

En los siguientes cuadros 2, 3 y 4 se presentan la nómina de cultivares y dosis evaluados desde el 80 a la fecha en trigo y cebada para clorsulfuron, metsulfuron y más recientemente para la mezcla de ambos, finesse.

Cuadro 2. Nómima de cultivares de trigo evaluados en experimentos de susceptibilidad a clorsulfuron y metsulfuron desde 1980.

TRIGO	DOSIS PC/ha		AÑOS
	Glean	Metsulfuron (60%)	
LE Hornero	15-20-40		1981-82
LE Dorado	15-20-40		1981-82
LE Tarariras	15-20-40		1981-82
Trigal	15-20-40		1981-82
Buck Pangaré	15-30		1982
LE Boyero	20-30	7.5-10	1983
LE Boyero	15-20-30	5-7.5-10	1983
Cardenal	15-30		1985
LE 1961	15-30		1982
LE 2232	15-30	7	1998
LE 2252	15-30	7	1999
INIA Mirlo		7	1999
LE 2220		4-6	2000
LE 2233		4-6	2000

Cuadro 3. Nómima de cultivares de trigo evaluados en experimentos de susceptibilidad a la mezcla formulada de clorsulfuron y metsulfuron.

TRIGO	DOSIS PC/ha	
	FINESSE	AÑOS
INIA Cabure	10-15-20	2001
INIA Tijereta	10-15-20	2001
INIA Churrinche	15	2002
INIA Torcaza	15-25	2003
INIA Churrinche	15-20	2004
INIA Tero	15-20-30	2005
INIA Garza	15-20-30	2005

Cuadro 4. Nómima de cultivares de cebada evaluados en experimentos de susceptibilidad a clorsulfuron, metsulfuron y la mezcla formulada de ambos.

CEBADA	Glean	Metsulfuron (60%)	AÑOS
Acacia	20-30	7.5-10	90-91-92
INIA Quebracho	15-20-30	5-7.5-10	90-91-92
FNC1		5-10	1996
Clipper		5-10	1996
Quebracho		5-10	1996
Quilmes Ayelén	20	4-6	2000
INIA Quebracho	20	4-6	2000
Diamalta	20	4-6	2000
Norteña Carumbé	20	4-6	2000
INIA Ceibo		4-6	2001
INIA Ceibo	10-15-20		2001
INIA Ceibo	15		2003

Los estudios de susceptibilidad metodológicamente deben realizarse sin presencia de malezas y se incluye en estos experimentos un testigo sin herbicidas y por supuesto sin malezas. En consecuencia la concentración en el cultivo del herbicida es muy superior a las condiciones donde hay enmalezamiento, ya que durante la aplicación todo el herbicida es interceptado por el cultivo o llega al suelo, y sólo es absorbido por éste, y no hay “consumo”, metabolización por malezas ya sea por penetración vía follaje o radical.

Asimismo, en estos trabajos los herbicidas se aplican en los estadios de aplicación recomendados, generalmente se seleccionan dos momentos preacollaje, Z₁₃ según la escala de Zadoks, realizándose la otra aplicación a los 15 a 20 días siguientes, en Z₂₂.

A continuación se presentan a modo de ejemplo los resultados obtenidos con el herbicida hussar (iodosulfuron)

La susceptibilidad de este herbicida fue evaluado en trigo INIA Mirlo, Caburé y Tijereta y una línea experimental de INIA, con aplicaciones realizadas preacollaje y al macollaje. Asimismo, fue evaluada su susceptibilidad en cebada en cuatro materiales Carumbe, Diamalta, Quilmes y Quebracho en aplicaciones realizadas en preacollaje. Los resultados se presentan en las siguientes figuras.

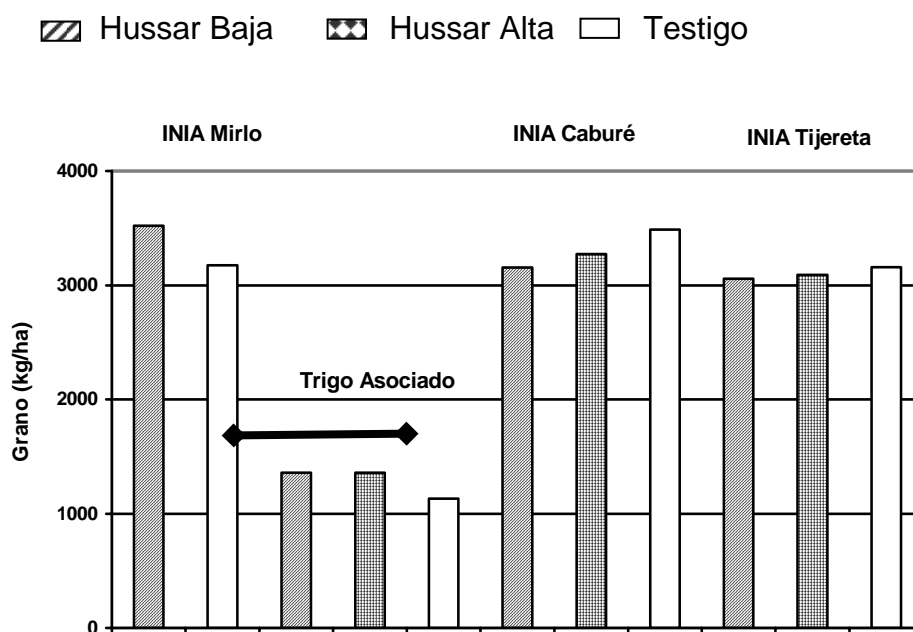


Figura 5. Rendimiento de grano de trigo en respuesta a aplicaciones preacollaje y al macollaje de hussar a dos dosis.

Las dosis evaluadas en ambos cultivos fueron en producto comercial 60 + 4 y 90 + 6 g/ha de iodosulfuron y metsulfuron respectivamente.

Los resultados permiten destacar la selectividad del herbicida, en esos materiales para los momentos de aplicación realizados y dosis evaluadas.

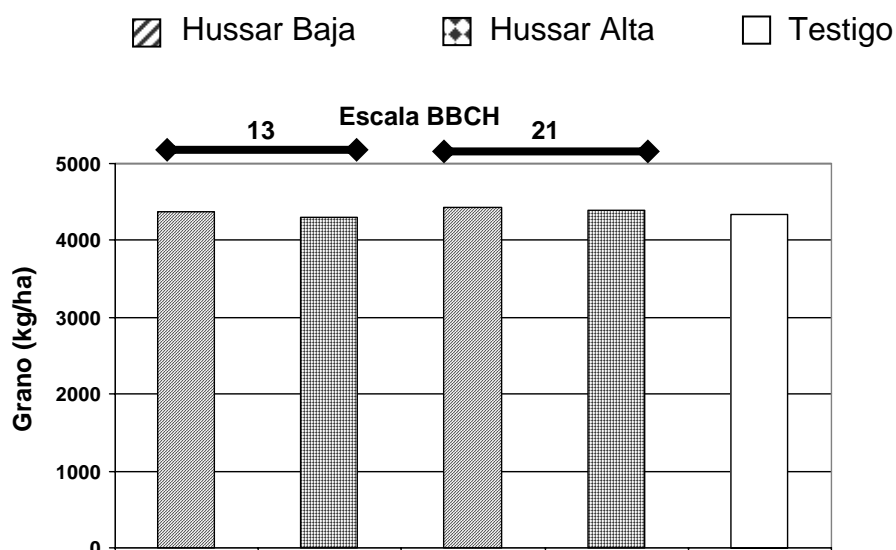


Figura 6. Rendimiento de grano de cebada cervecera en respuesta aplicaciones premacollaje de hussar. Media de los cuatro cultivares de cebada.

Con este herbicida al igual que con otras sulfonilureas, bajo ciertas condiciones climáticas que como lluvias excesivas, temperaturas bajas, o fluctuaciones térmicas grandes entre el día y la noche previo o posterior a la aplicación puede observarse temporariamente en los cultivos clorosis y detención del crecimiento.

Estudios de susceptibilidad con aplicaciones de herbicidas posteriores al período de macollaje

En condiciones de siembra directa las malezas son controladas en el periodo de barbecho previo a la instalación del cultivo de invierno, sea por aplicaciones sucesivas de glifosato o por su mezcla con un herbicida residual antes de la siembra.

El grado de control que se obtenga en el largo plazo con este manejo dependerá del pool de semillas de malezas del suelo, de la importancia de los flujos de germinación que vayan ocurriendo durante el barbecho, lo cual se favorecerá por condiciones ambientales promotoras para la germinación como alternancia de lluvias y días luminosos

Asimismo, la residualidad del herbicida aplicado con el glifosato presiembra, o premacollaje debería ser suficiente para controlar la emergencia de malezas hasta inicio del encañado y de ahí en más la cobertura de una buena variedad lograda mediante una adecuada siembra, fertilización y manejo sanitario conllevaría a minimizar la incidencia de malezas.

En ocasiones, condiciones ambientales como mayores volúmenes de lluvias y temperaturas en el período invernal determinan una mayor velocidad en la degradación de los herbicidas residuales y paralelamente promueven la remoción de dormancias, con lo cual al inicio de primavera se suceden importantes flujos de germinación, ya sea de especies latifoliadas o gramíneas como raigrás y balango,

Este enmalezamiento tardío puede condicionar los rendimientos de grano deprimiéndolos, además de dificultar el proceso de trilla con las consecuentes pérdidas.

A lo señalado en las líneas precedentes en condiciones de laboreo convencional se suma además situaciones de falta de piso que dilatan el momento de aplicación.

En este contexto es que se presentan los resultados de aplicaciones post Z₃₀ con herbicidas como finesse y hussar, donde se estudia la susceptibilidad varietal de los cultivares mas promisorios de INIA.

Susceptibilidad varietal con finesse (clorsulfuron + metsulfuron)

Los experimentos de susceptibilidad varietal con este herbicida fueron realizados con trigo INIA Tijereta, INIA Caburé, y en cebada en INIA Ceibo.

El experimento con trigo INIA Tijereta se instaló, en siembra directa, sobre un rastrojo de raigrás, sembrándose 125 kg/ha, fertilizándose con 60 kg/ha de urea a la siembra. El diseño experimental fue de bloques aleatorizados con 5 repeticiones, se incluyeron 10 tratamientos en arreglo factorial incompleto de 3 momentos de aplicación por 3 dosis del herbicida y un testigo sin herbicida y sin malezas.

Las aplicaciones se realizaron en tres momentos preacollaje, Zadoks 13, encañado, Zadoks 33 y embuchado, Zadoks 42.

En cada momento el herbicida se evaluó en tres dosis 10, 15 y 20 gramos de PC/ha.

A los efectos de facilitar la visualización de los resultados y la magnitud de las diferencias éstos se presentan en base al ANOVA.

En el análisis estadístico se detectó sólo para las variables rendimiento de grano y número de espigas por m² efecto del momento de aplicación, no siendo significativo el efecto dosis ni la interacción momento por dosis.

Los resultados se presentan en el Cuadro 5 y 6 y en las figuras 7 y 8.

Cuadro 5. Efecto del momento de aplicación de finesse en rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG).

Estadio de aplicación	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m²	Peso Hectolítrico	PMG
Z13	2604 a	496 a	86	32,4
Z33	2388 ab	455 b	86	33,3
Z42	2220 b	441 b	86	32,0
C.V. (%)	14,3	10,9	1,3	4,2

La disminución en el rendimiento correspondiente a las aplicaciones realizadas en Z 42 fue de 17% en relación a las preacollaje y la disminución en el n° de espigas/m² fue de 12%.

Cuadro 6. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en trigo Tijereta obtenidos en las tres dosis evaluadas de finesse.

Dosis (g PC/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m²	Peso Hectolítrico	PMG
10	2301	472	86	32,8
15	2487	465	87	32,7
20	2425	455	86	32,2

Cuando se analiza el rendimiento de grano y el n° de espigas considerando el testigo sin herbicidas y sin malezas no se detectan diferencias entre éste y los rendimientos de grano y n° de espigas obtenidos en los diferentes tratamientos químicos (Figuras 7 y 8).

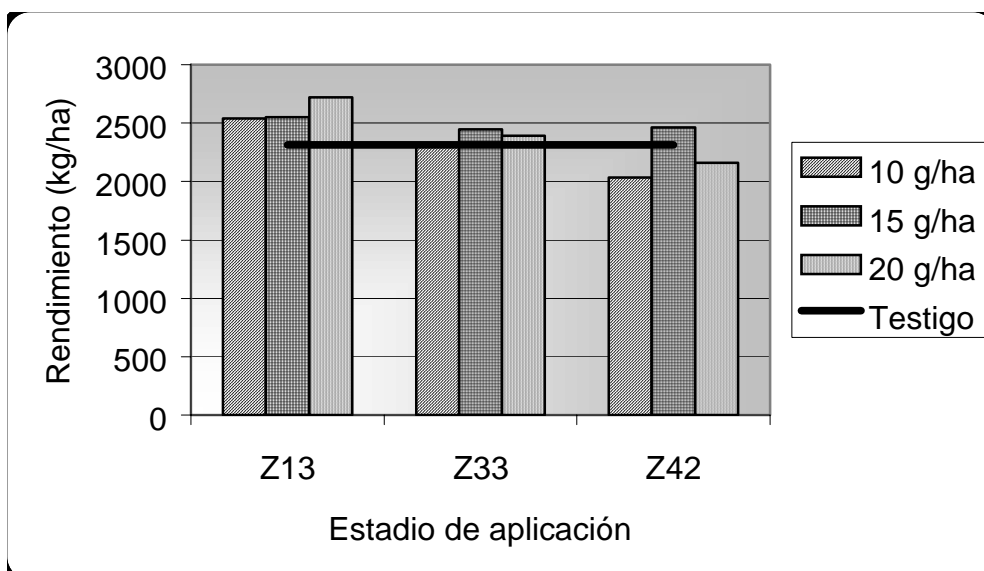


Figura 7. Rendimiento de grano de trigo INIA Tijereta en aplicaciones de finesse en premacollaje, encañado, embuchado y en el testigo sin herbicida.

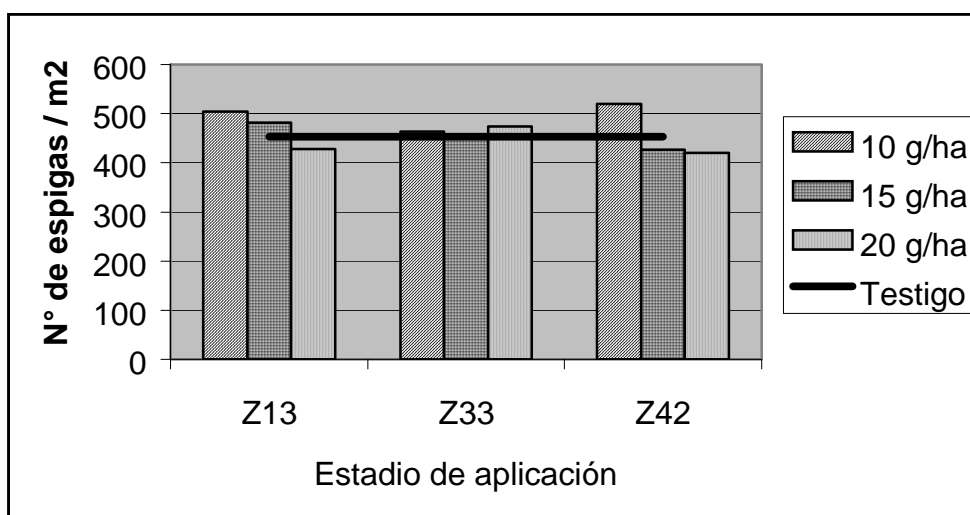


Figura 8. Espigas/m2 de trigo INIA Tijereta en aplicaciones de finesse en premacollaje, encañado, embuchado y en el testigo sin herbicida.

El experimento con trigo INIA Caburé se instaló en siembra directa, sobre un rastrojo de sorgo cosechado para silo de planta entera. La siembra se realizó a 125 kg/ha de semilla, fertilizándose a la siembra con 150 kg/ha de 25-33-33-0 y 100 kg/ha de urea al macollaje.

El diseño experimental fue el mismo que el utilizado para INIA Tijereta, con tres repeticiones.

En el experimento con INIA Caburé las aplicaciones también se realizaron en tres momentos premacollaje, Zadoks 13, encañado, Zadoks 33 y fin de encañado, hoja bandera con lígula visible, Zadoks 39. Se incluyó además un tratamiento sin herbicida y sin malezas.

En cada momento el herbicida finesse se evaluó en tres dosis 10, 15 y 20 gramos de PC/ha.

En las distintas variables evaluadas rendimiento de grano, espigas/m2, peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG), no se determinaron efectos significativos de momento de aplicación ni de la dosis, no siendo tampoco significativa la interacción momento de aplicación por dosis.

Los resultados se presentan en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en trigo Caburé obtenidos en tres momentos de aplicación de finesse.

Estadio de aplicación	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Z13	2187	492	79	29,3
Z32	2100	458	79	29,1
Z39	2000	465	78	29,0
C.V. (%)	16,4	20,7	1,6	3,1

Cuadro 8. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en trigo Caburé obtenidos en las tres dosis evaluadas de finesse

Dosis (g PC/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
10	2131	465	78	29,4
15	2055	474	79	29,2
20	2105	476	78	28,9

En la Figura 9 se presentan los resultados de rendimiento de grano de trigo obtenidos en los diferentes tratamientos realizados, entre los cuales no se determinaron diferencias estadísticas, al igual que para el resto de las variables estudiadas.

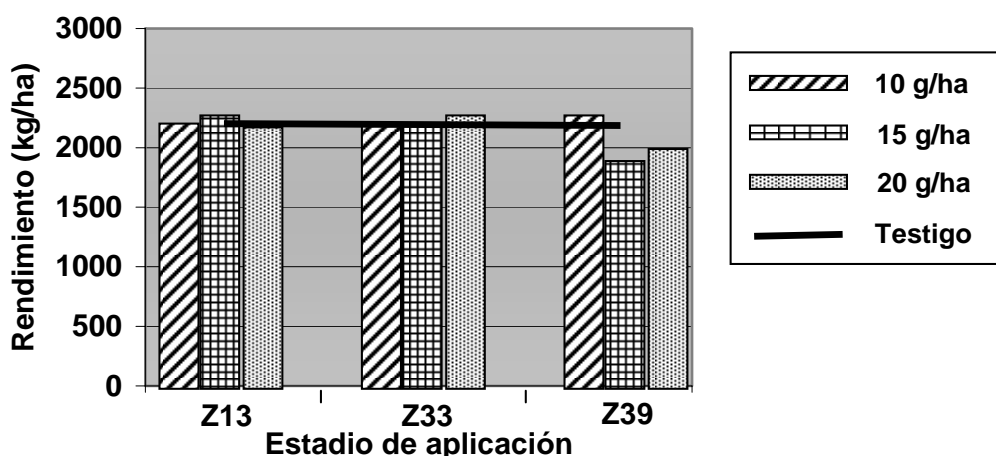


Figura 9. Rendimiento de grano de trigo INIA Caburé en respuesta a las aplicaciones de finesse y el testigo sin herbicida.

El experimento con cebada Ceibo también se instaló en siembra directa, sobre un rastrojo de cultivo de invierno. Se empleó 125 kg/ha de semilla, fertilizándose con 150 kg/ha de 25-33-33-0 a la siembra. Se utilizó el mismo diseño experimental que para Trigo INIA Tijereta y Caburé, con 5 repeticiones.

Las aplicaciones también se realizaron en tres momentos preacollaje, Zadoks 13, el 7/8/01, encañado, Zadoks 33 y espigado Zadoks 57. En estos tres momentos el herbicida se evaluó en tres dosis 10, 15 y 20 gramos /ha de PC.

En este experimento, para las distintas variables evaluadas rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG), no se detectaron diferencias significativas para momentos de aplicación, ni en las dosis, ni para la interacción momentos de aplicación por dosis.

Los resultados se presentan en los Cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en cebada INIA Ceibo obtenidos en tres momentos de aplicación de finesse.

Estadio de aplicación	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Z14	2109	741	65,4	30,0
Z33	2155	769	63,8	29,0
Z57	2208	746	64,7	30,1
C.V.(%)	16,35	20,72	1,60	3,12

Cuadro 10. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en cebada INIA Ceibo obtenidos en las tres dosis evaluadas de finesse.

Dosis (g PC/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
10	2196	712	65	29,4
15	2154	751	64	29,7
20	2122	793	65	30,0

En la Figura 10 se presentan los resultados de rendimiento de grano cuantificados en los diferentes tratamientos realizados entre los cuales no se determinaron diferencias estadísticas, similar comportamiento se determinó en el resto de las variables evaluadas.

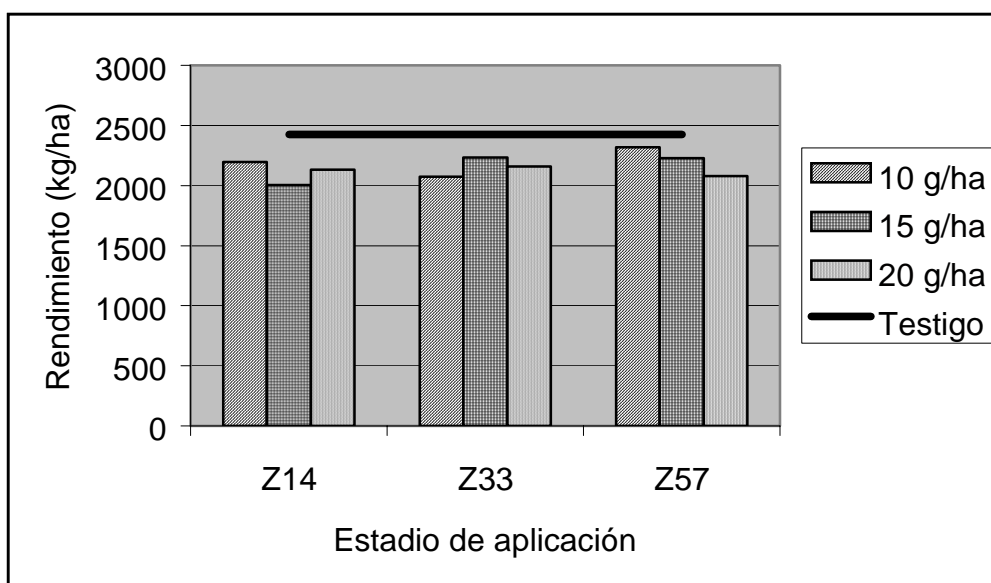


Figura 10. Rendimiento de grano de Cebada INIA Ceibo en respuesta a las aplicaciones de finesse en preacollaje, encañado y embuchado para las tres dosis evaluadas y el testigo sin herbicida.

Susceptibilidad varietal con el herbicida hussar (iodosulfuron)

En la pasada zafra el herbicida fue evaluado en el trigo INIA Caburé y en cebada INIA Ceibo.

El experimento con trigo INIA Caburé se instaló en siembra directa, sobre un rastrojo de sorgo cosechado para silo de planta entera. La siembra se realizó a 125 kg/ha, fertilizándose con 150 kg/ha de 25-33-33-0 y con 100 kg/ha de urea al macollaje.

El diseño experimental fue de bloques aleatorizados con 3 repeticiones, se realizaron 14 tratamientos en arreglo factorial incompleto de 3 momentos de aplicación por 2 herbicidas por 2 dosis por herbicida. Se incluyó un tratamiento un testigo sin herbicida y sin malezas.

Las otras aplicaciones se realizaron en tres momentos preacollaje, Zadoks 13, encañado, Zadoks 33 y hoja bandera totalmente expandida con lígula visible, Zadoks 39.

En estos tres momentos se evaluó el iodosulfuron en dos dosis de producto comercial 60 y 90 gramos/ha, y además la mezcla de iodosulfuron y metsulfuron a 60 + 4 y 90 + 6 g/ ha de producto comercial respectivamente

En el análisis estadístico sólo para la variable rendimiento de grano se detectó diferencias entre momento de aplicación, no siendo significativo el efecto herbicida, ni el efecto dosis, ni las interacciones correspondientes.

Los resultados se presentan en el Cuadro 11, 12 y en la Figura 11.

Cuadro 11. Efecto en trigo INIA Caburé del momento de aplicación de iodosulfurón solo y en mezcla con metsulfurón en rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG).

Estadio de aplicación	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Z13	2402 a	524	79	29,8
Z33	2182 ab	499	78	29,9
Z39	2121 b	482	79	29,1
C.V. (%)	16,35	20,72	1,60	3,12

La disminución en el rendimiento de grano en la aplicación en el estadio correspondiente Zadoks 39 fue del 13% en relación a la aplicación preacollaje.

Cuadro 12. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en trigo Caburé obtenidos con iodosulfurón solo y en mezcla con metsulfurón.

Herbicida	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Iodosulfuron	2215	510	79	29,5
Iodo + Met	2255	494	79	29,7

Cuando se analiza el rendimiento de grano considerando el testigo sin herbicidas y sin malezas, no se detectan diferencias entre éstos y los rendimientos de grano obtenidos en los tratamientos químicos iodosulfurón solo y en mezcla con metsulfurón. (Figura 11).

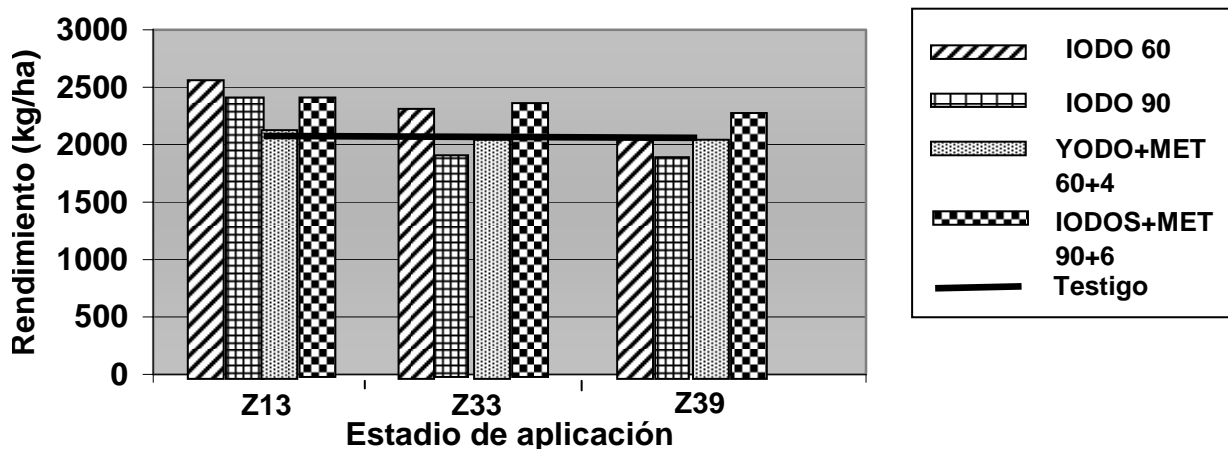


Figura 11. Rendimiento de grano de trigo INIA Caburé en respuesta a aplicaciones de iodosulfurón solo y en mezcla con metsulfurón en preacollaje, encañado y embuchado para las dos dosis evaluadas y el testigo sin herbicida.

En el experimento con Cebada Ceibo el diseño experimental fue de bloques aleatorizados con 5 repeticiones, se incluyeron 12 tratamientos en arreglo factorial incompleto de 3 momentos de aplicación por 2 herbicidas por 3 dosis por herbicida y un testigo sin herbicida.

La cebada se instaló en siembra directa, sobre un rastrojo de cultivo de invierno. La siembra se realizó a 125 kg/ha, fertilizándose con 150 kg/ha de 25-33-33-0 a la siembra.

Las aplicaciones se realizaron en tres momentos preacollaje, Zadoks 13, encañado Zadoks 33 y espigado (Zadoks 57).

En estos tres momentos se realizaron los mismos tratamientos de herbicida que en trigo Caburé, Iodosulfurón solo a 60 y 90 g de PC/ha y en mezcla con Metsulfurón a 60+4 y 90+6 g de PC/ha respectivamente.

En el análisis estadístico de las distintas variables evaluadas en la cebada INIA Ceibo no se detectó efecto de momento, ni de herbicida, ni de dosis, no siendo tampoco significativas las interacciones correspondientes.

Los resultados se presentan en los Cuadros 13, 14 y en la Figura 12.

Cuadro 13. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en cebada Ceibo obtenidos en tres momentos de aplicación de Iodosulfurón solo y en mezcla con Metsulfurón.

Estadio de aplicación	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Z13	2220	818	64,4	29,0
Z33	2170	783	63,4	28,4
Z57	2436	791	64,6	29,0
C.V. (%)	14,48	11,93	1,93	5,34

Cuadro 14. Rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico y peso de 1000 granos (PMG) en cebada Ceibo obtenidos con Iodosulfurón solo y con Iodosulfurón + Metsulfurón.

Herbicida	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico	PMG
Iodosulfurón	2300	804	64	29,0
Iodo + Met	2253	790	65	28,6

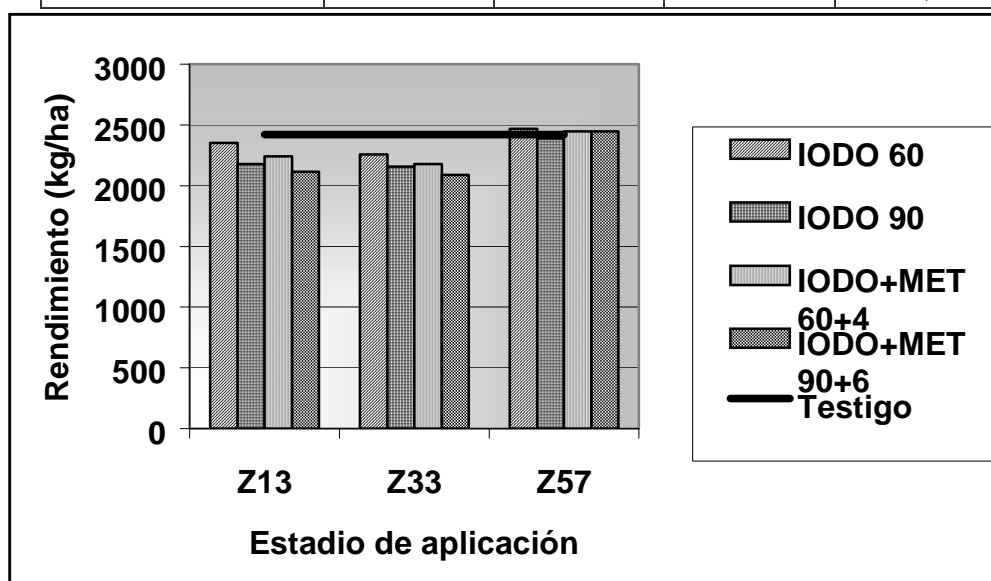


Figura 12. Rendimiento de grano de cebada Ceibo en respuesta a aplicaciones de Iodosulfurón solo y en mezcla con Metsulfurón en preacollaje, encañado y espigado para las dos dosis evaluadas y el testigo sin herbicida

Los resultados de rendimiento de grano de cebada obtenidos en los diferentes tratamientos realizados y que se visualizan en la Figura 6 no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, al igual que para el resto de las variables estudiadas

Susceptibilidad varietal con starane (fluroxipir)

Starane se puede aplicar desde el estadio de 3 hojas, Z₁₃, hasta que se visualiza la lígula de la hoja bandera, Z₃₉.

Considerando el período de aplicación en mezclas con sulfonilureas como, clorsulfuron y metsulfuron se podría aplicar hasta que el segundo nudo esté visible

Los resultados de dos experimentos, donde se evaluó la susceptibilidad en trigo de este herbicida aplicado en tres estadios: tres hojas expandidas Z₁₃, comienzo del macollaje Z₂₁ y segundo nudo visible Z₃₂.

El producto se evaluó solo y en mezclas, a dosis de 0.3 L/ha a tres hojas; 0.45 L/ha a tres hojas y al macollaje; y 0.6 L/ha al estadio de segundo nudo.

En las mezclas con metsulfuron (60%) la dosis fue de 7 g/ha en los tres estadios indicados previamente.

Además en el estadio Z₂₁ el producto se evaluó con MCPA y 2.4 D a dosis equivalente a 0.48 kg ia/ha.

Starane
 Starane+Ally
 Starane+2,4 D
 Starane+MCPA

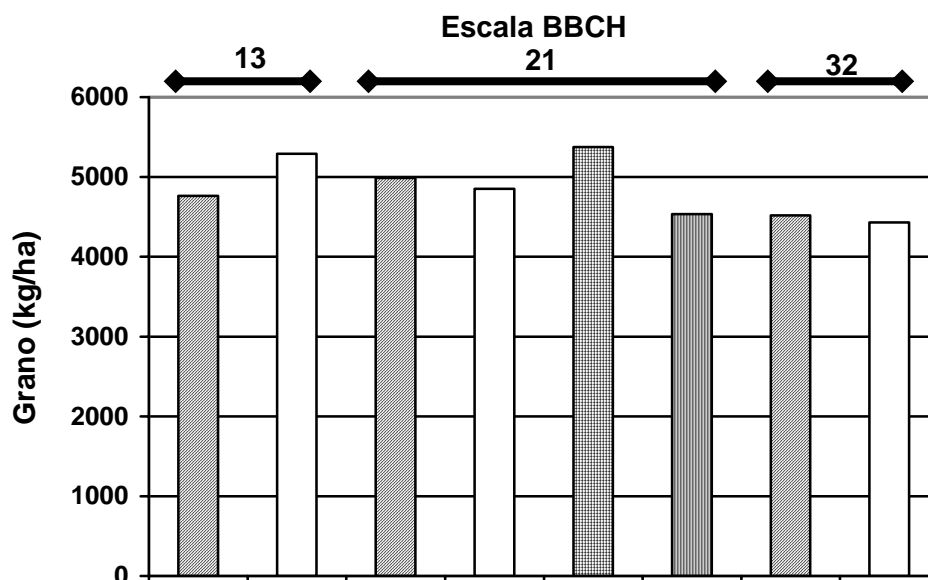


Figura 13. Rendimiento de trigo en respuesta a aplicaciones premacollaje, al macollaje y al encañado de starane solo y en mezcla.

En estos dos experimentos no se detectaron diferencias con los testigos sin malezas que rindieron 4847 y 5322 kg/ha respectivamente, y los tratamientos presentados en las Figuras 13 y 14, respectivamente.

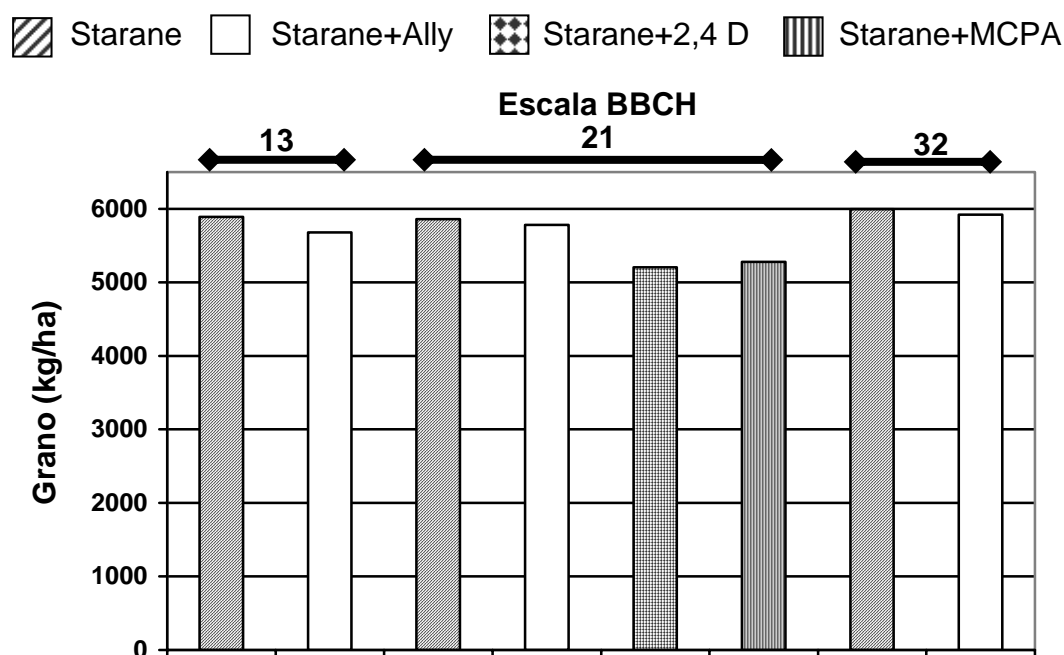


Figura 14. Rendimiento de trigo en respuesta a aplicaciones premacollaje, macollaje y encañado de starane solo y en mezcla.

La selectividad del starane permite la realización de aplicaciones más tardías, durante el período de alargamiento de entrenudos, lo cual podría justificarse en chacras con infestaciones de *Convolvulus arvensis*, dado que el crecimiento de esta especie se activa en la primavera, cuando en general los cultivos de invierno han finalizado el macollaje.

Algunas consideraciones

En cereales de invierno la información generada en INIA La Estanzuela consistentemente indica que: los mayores rendimientos de grano se obtienen con aplicaciones premacollaje debido a la eliminación más temprana de las malezas y a que son mayores los porcentajes de control logrados, y además empleando herbicidas residuales se controlan especies con flujos de emergencia escalonados o tardíos, lo cual redundará también en chacras más limpias, beneficiando al sistema de producción en su conjunto.

En INIA La Estanzuela desde el año 1979, las malezas en los campos experimentales y en las chacras de multiplicación de los cultivares de cebadas y trigos se controlan con sulfonilureas. Este proceso sistemático donde generalmente se aplica más de una vez por año, con dosis generalmente superiores a las recomendadas a nivel de producción y durante un período de 8 a 9 años hasta el lanzamiento de la variedad al mercado, les confiere un grado de "tolerancia" a esta familia de herbicidas que se evidencia en su capacidad de recuperación cuando paralelamente a la aplicación están sometidas a estreses ambientales.

A pesar de los distintos trabajos donde se ha cuantificado la selectividad de los materiales de INIA, en definitiva, será el nivel de enmalezamiento, su incidencia en el rendimiento y las pérdidas por procesamiento las que, en cada situación de chacra, serán los factores a considerar por los técnicos en la toma de decisión para la realización de la aplicación en estadios fenológicos avanzados.

HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA CONTROL DE MALEZAS DE HOJA ANCHA EN CULTIVOS DE TRIGO Y CEBADA

Amalia Rios¹

Introducción

Las comunidades de malezas presentes en los cultivos de invierno están constituidas por una amplia diversidad de especies de hoja ancha, como las que integran la familia de las crucíferas representadas por nabos, rábanos y mostacillas, y las gramíneas como raigrás y balango cuyo nivel de infestación en algunas chacras puede llegar a ser preponderante.

Para controlar especies de hoja ancha existen dos grandes grupos de herbicidas los hormonales, como 2.4D, MCPA, tordón 24 K (picloram), banvel (dicamba), starane (fluroxipir) y las sulfonilureas presentes en el mercado a partir de mediados de la década del 80 que se aplican en general premacollaje como son glean (clorsulfuron), metsulfuron, o la mezcla de ambos finesse.

Para controlar raigrás y balango existen graminicidas que son selectivos para la cebada y el trigo, o solo a uno de estos cultivos, que controlan a ambas malezas gramíneas o que eliminan solo a una de ellas.

En general, de todos los herbicidas existen varias marcas disponibles en el mercado, a efectos de facilitar la lectura se hace referencia al nombre comercial de la molécula original de cada herbicida, que se corresponde con la información generada en INIA La Estanzuela y analizada en este artículo.

En este trabajo se presenta la nómina de los herbicidas recomendados para cebada y trigo, sus características principales, el período de aplicación, las dosis recomendadas, así como el espectro de control de malezas que abarcan.

Recomendaciones de herbicidas

En los cuadros siguientes se presentan los tratamientos de herbicidas recomendados para los cultivos de trigo y cebada.

Es importante resaltar que no se deben realizar aplicaciones de herbicidas en cultivos que estén en condiciones de estrés ya sea debido a deficiencias hídricas, excesos de humedad, deficiencias nutricionales y especialmente cuando estén previstas temperaturas bajo cero.

Es necesario también precisar que entre los cultivares suelen existir diferencias en susceptibilidad, principalmente a los herbicidas que integran la familia de las sulfonilureas. Los materiales de INIA en general tienen una excelente performance, si se toman las precauciones mencionadas en el párrafo anterior; con otros materiales es importante consultar a la empresa semillerista correspondiente. Como rutina se recomienda realizar la lectura de la etiqueta que acompaña el producto y seguir sus indicaciones, además de consultar un técnico asesor.

En el cuadro 1 se incluyen las recomendaciones para el control de malezas de hoja ancha, considerando un rango de dosis según el tamaño de las malezas.

¹ INIA La Estanzuela

Cuadro 1. Herbicidas y dosis recomendados en el control de malezas de hoja ancha para el cultivo de trigo y cebada

Herbicida	DOSIS PC/ha
Finesse	15 a 20 g
Metsulfuron (50%)	7 a 10 g
2.4 D	0.8 a 1.2 L
2.4 D + banvel	0.8 + 0.150 a 1.2 + 0.180 L
2.4 D + tordon 24 k	0.8 + 0.100 a 1.2 + 0.120 L
Starane	0.3 a 0.6 L

En el cuadro 2 se presentan primero los graminicidas recomendados para ambos cultivos, hussar y puma extra, luego los herbicidas que son sólo selectivos en trigo como everest y topik, considerando un rango de dosis según el estadio del raigrás y el balango, dosis menores para cuando están a tres hojas y las mayores cuando están macollados.

Cuadro 2. Herbicidas recomendados para el control de balango (*Avena fatua*) y raigrás (*Lolium multiflorum*) en cultivos de trigo y cebada.

Trigo y Cebada

Herbicida	DOSIS PC/ha	Malezas Controladas
Hussar	90 a 120 g	Raigras
Puma extra	0.8 a 1.0 L	Balango

Solo Trigo

Herbicida	DOSIS PC/ha	Malezas Controladas
Everest	45 a 60 g	Raigras y balango
Topik	0.150 a 0.200 L	Balango
Topik	0.200 a 0.300 L	Raigras

Finalmente en el cuadro 3 se presentan las recomendaciones de mezclas para el control conjunto de especies de hoja ancha y gramíneas.

Cuadro 3. Herbicidas recomendados para aplicar en Cultivos de Invierno para el control de Hoja ancha y Gramíneas.

Trigo y Cebada

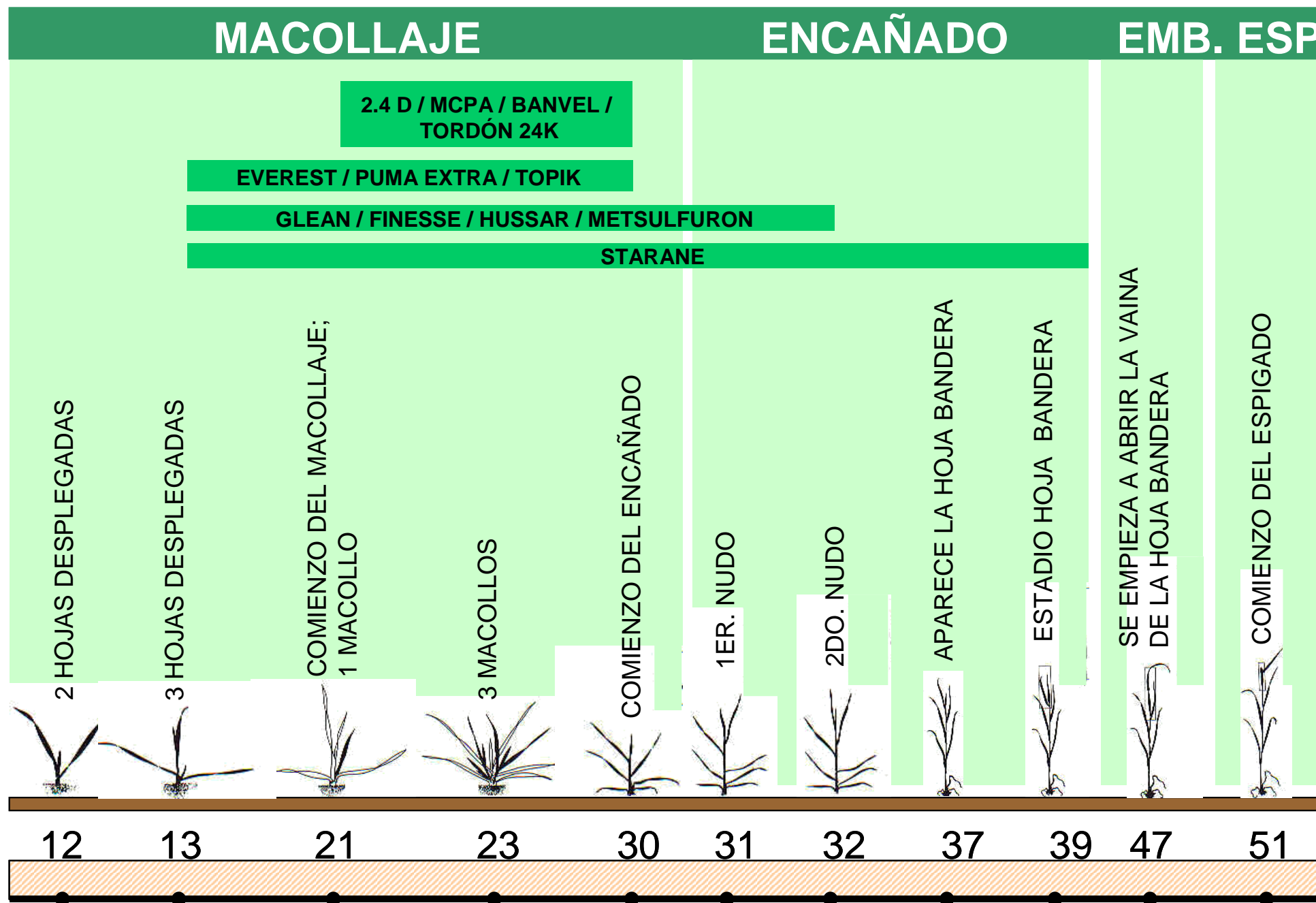
Herbicida	DOSIS PC/ha	Malezas Controladas
Finesse + hussar	15 + 90 a 20 + 120 g	Hoja ancha y raigras
Metsulfuron + puma extra	7 g + 0.8 L a 10 g + 1.0 L	Hoja ancha y balango

Solo Trigo

Herbicida	DOSIS PC/ha	Malezas Controladas
Finesse + everest	15 + 45 a 20 + 60 g	Hoja ancha, balango y raigras

En las Figuras siguientes se presentan los momentos de aplicación de los herbicidas recomendados en trigo y cebada.

ESTADIOS RECOMENDADOS PARA LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES HERBICIDAS EN TRIGO Y CEBADA



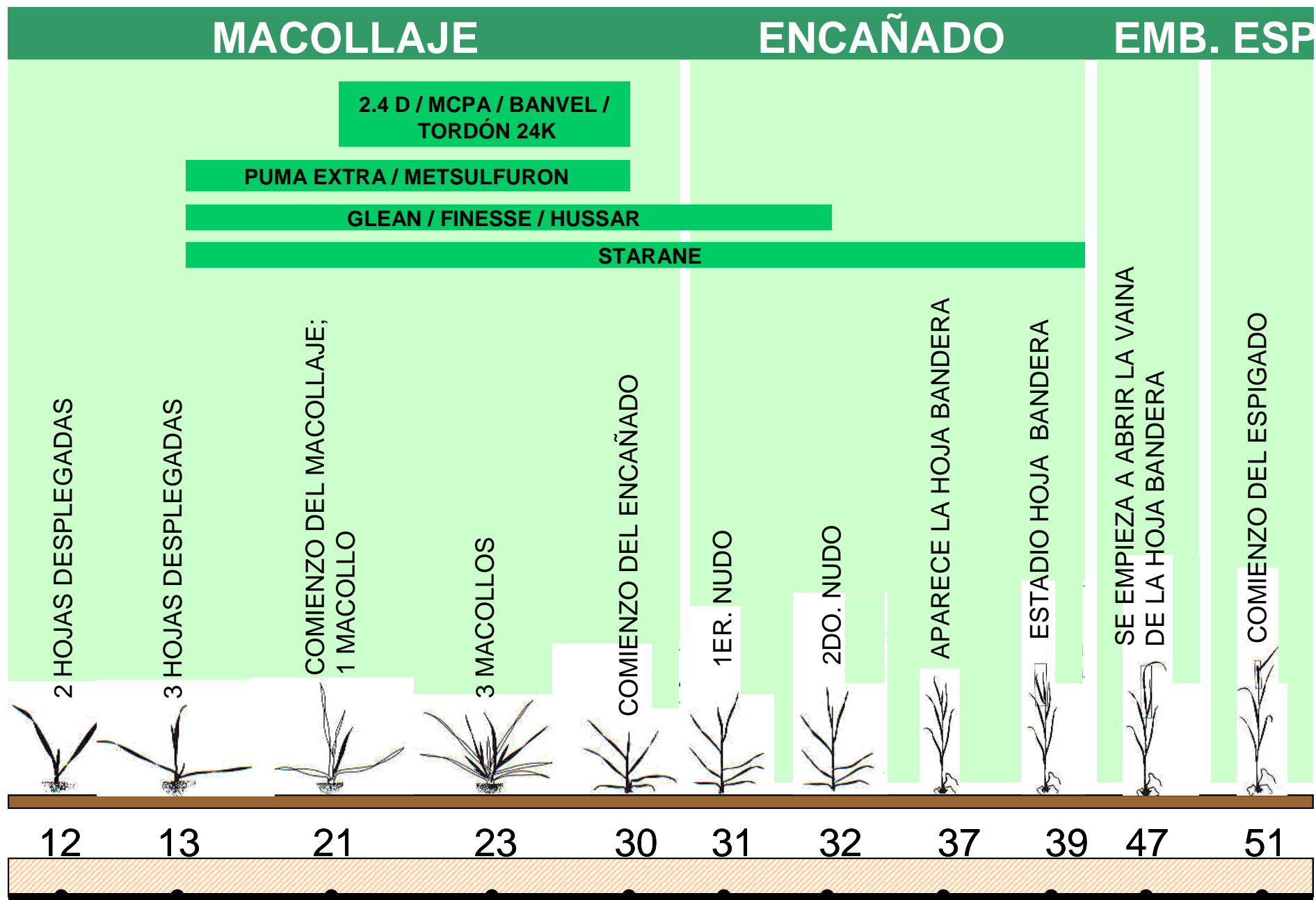


Figura 2. Estados de crecimiento de Cebada y Períodos de aplicación de distintos Herbicidas.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA TRIGO Y CEBADA

➤ SULFONILUREAS

Los herbicidas que integran este grupo son glean (clorsulfuron), metsulfuron y la mezcla de ambos finesse los cuales controlan latifoliadas y hussar (iodosulfuron) que controla raigras.

Las principales características se reseñan a continuación:

Acción: Sistémica, con efecto residual.

- ◆ Presentan absorción foliar y radical.
- ◆ Se acumulan en los puntos de crecimiento produciendo su necrosis.
- ◆ Actúan inhibiendo la actividad de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), con lo cual se afecta la biosíntesis de los aminoácidos y se interrumpe así la síntesis de proteína, de DNA y el crecimiento celular.

Sintomatología de Daño en Malezas Susceptibles:

- ◆ Detención crecimiento
- ◆ Clorosis
- ◆ Muerte de puntos de crecimiento

Para maximizar la eficiencia de control de Malezas:

- ◆ Para el control de latifoliadas aplicar antes de la sexta hoja, ya sea con glean, metsulfuron o sus mezclas.
- ◆ Para el control de gramíneas aplicar hussar antes de los 2 a 3 macollos.
- ◆ Agregar el surfactante recomendado a dosis de 200 cm³ cada 100 L de agua
- ◆ La ocurrencia de lluvias posteriores a las dos horas de la aplicación no afecta su eficiencia

Cuadro 4. Susceptibilidad de distintas malezas latifoliadas a aplicaciones de finesse y glean.

POBRE	REGULAR	BUENO
Perennes en general	Cardos (<i>Carduus spp</i>)	Cardo negro (<i>Cirsium vulgare</i>)
	Abrepuño (<i>Centaurea spp</i>)	Sanguinaria (<i>Polygonum aviculare</i>)
	Corregüela (<i>Convolvulus arvensis</i>)	Lengua de vaca (<i>Rumex spp</i>)
	Enredadera (<i>Polygonum convolvulus</i>)	Ortiga mansa (<i>Stachys arvensis</i>)

EXCELENTE	
Visnaga (<i>Ammi spp</i>)	Rabano (<i>Raphanus raphanistrum</i>)
Anagallis (<i>Anagallis arvensis</i>)	Mostacilla (<i>Rapistrum rugosum</i>)
Manzanilla (<i>Anthemis cotulla</i>)	Calabacilla (<i>Silene gallica</i>)
Nabo (<i>Brassica campestris</i>)	Cerraja (<i>Sonchus spp</i>)
Margarita de Piria (<i>Chrysanthemum spp</i>)	Spergula (<i>Spergula arvensis</i>)
Mastuerzo (<i>Coronopus didymus</i>)	Capiqui (<i>Stellaria media</i>)
Flor morada (<i>Echium plantagineum</i>)	
Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	

Cuadro 5. Susceptibilidad de distintas malezas latifoliadas a aplicaciones de metsulfuron.

POBRE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
Perennes en general	Visnaga	Cardo negro	Anagallis
Cardos spp	Abrepuño	Sanguinaria	Calabasilla
Corriguela	Ortiga mansa	Lengua de vaca	Capiqui
	Enredadera negra		Cerraja
			Flor morada
			Girasol
			Manzanilla
			Margarita de Piria
			Mastuerzo
			Mastuerzo
			Mostacilla
			Nabo
			Rabanos
			Spargula

➤ EVEREST

Es un herbicida selectivo solo para trigo, cuyo ingrediente activo es flucarbazono sodium, perteneciente también a la familia de las sulfonilureas.

Acción: Sistémica, con efecto residual

- ◆ Presenta absorción foliar y radical.
- ◆ Se acumula en los puntos de crecimiento produciendo su necrosis.
- ◆ Actúa inhibiendo la actividad de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), con lo cual se afecta la biosíntesis de los aminoácidos, se interrumpe así la síntesis de proteína, de DNA y el crecimiento celular.

Sintomatología de Daño en Malezas Susceptibles:

- ◆ Detención crecimiento
- ◆ Clorosis
- ◆ Muerte de puntos de crecimiento

Para maximizar la eficiencia de control de Malezas:

- ◆ Aplicar para controlar las **Gramíneas** antes de que tengan 2 a 3 macollos.
- ◆ Agregar el surfactante recomendado a dosis de 200 cm³ cada 100 L de agua

Espectro de control: *Avena fatua, Lolium multiflorum, Poa annua, Vulpia bromoides, Briza minor, Pennisetum glaucum, Setaria viridis*

Precauciones: Realizar las aplicaciones cuando no exista riesgo de heladas en los días posteriores a la aplicación para evitar mermas en rendimiento de grano.

Compatibilidades

- ❖ Se puede mezclar con metsulfuron y clorsulfuron
- ❖ No se puede mezclar con dicamba y funguicidas en base a tebuconazole

Otras características:

En el trigo el herbicida se oxida, hidroliza, conjuga con glucosa.
La persistencia en suelo es corta, se degrada rápidamente y el producto final es CO₂

➤ TOPIK

Herbicida selectivo para el cultivo de trigo cuyo ingrediente activo es clodinafop-propargil + cloquintocet-mexil, perteneciente al grupo eter piridilfenil

Acción: Sistémica, sin efecto residual,

- ◆ Presenta absorción foliar.
- ◆ Se acumula en los puntos de crecimiento produciendo su necrosis.
- ◆ Actúa inhibiendo la actividad de la enzima ACCase, con lo cual se afecta la biosíntesis de lípidos

Sintomatología de Daño en Malezas Susceptibles:

- ◆ Detención crecimiento
- ◆ Clorosis
- ◆ Tintes violáceos, necrosis, muerte de la planta.

Para maximizar la eficiencia de control de Malezas:

- ◆ Para controlar balango y raigras aplicar antes de que tengan 1 a 2 macollos
- ◆ Agregar surfactante no iónico a dosis de 200 cm³ cada 100 L de agua

Precauciones:

- ❖ Realizar las aplicaciones cuando no exista riesgo de heladas en los días posteriores a la aplicación para evitar mermas en rendimiento de grano
- ❖ Evitar la contaminación de tajamares y cursos de agua, es altamente tóxico para peces y organismos acuáticos.

Compatibilidades

- ❖ No se puede mezclar con sulfonilureas, ni herbicidas hormonales
- ❖ Entre la aplicación de topik y herbicidas para control de hoja ancha debe transcurrir entre 5 a 7 días.
- ❖ Se puede mezclar con funguicidas, con los insecticidas lambdacialotrina y lufenuron
- ❖ Lluvias luego de dos horas de aplicado no afectan su eficiencia

➤ PUMA EXTRA

El ingrediente activo es fenoxaprop p etil, perteneciente al grupo ariloxifenoxipropionato, a esta molécula son susceptibles el trigo y la cebada, en la formulación del producto se ha agregado un protector que determina una selectividad del 100% para ambos cultivos.

Acción: Sistémica y de contacto

- ◆ presenta absorción foliar, se transporta acro y basipetamente
- ◆ Se acumula en los puntos de crecimiento produciendo su necrosis.
- ◆ Actúa inhibiendo la enzima AACasa y la biosíntesis de lípidos

Sintomatología de Daño en Malezas Susceptibles:

- ◆ Reducción y detención crecimiento
- ◆ Necrosis en los puntos de crecimiento de la parte aérea y radical.
- ◆ Manchas rojizas en hojas hasta su necrosis.

Para maximizar la eficiencia de control de Malezas:

- ◆ Para controlar balango aplicar antes de que tengan 1 a 2 macollos
- ◆ Agregar surfactante no iónico a dosis de 200 cm³ cada 100 L de agua

Precauciones: Realizar las aplicaciones cuando no exista riesgo de heladas en los días posteriores a la aplicación para evitar mermas en rendimiento de grano

Compatibilidades

- ❖ No se puede mezclar con herbicidas hormonales
- ❖ Es compatible con carbamatos, deltametrina y endosulfan.
- ❖ Lluvias luego de dos horas de aplicado no afectan su eficiencia

➤ STARANE

El ingrediente activo es fluroxipir, clasificado químicamente como un ácido piridincarboxílico

Acción: Sistémica y residual, de efecto hormonal.

- ◆ Presenta absorción foliar y radical; se acumulan en los tejidos meristemáticos.
- ◆ Intensa división celular en el cambium, la endodermis, periciclo y floema
- ◆ Formación de tumores en los meristemas intercalares
- ◆ Disturbios metabolismo de los ácidos nucleicos, aumentando la actividad enzimática.
- ◆ Destrucción del floema por alargamiento y ruptura de células

Sintomatología de Daño en Malezas Susceptibles:

- ◆ Sintomatología típica de los herbicidas hormonales
- ◆ Curvatura de tallos
- ◆ Enrullamiento de hojas, acortamiento de tejidos internervales
- ◆ Callos
- ◆ Engrosamiento de raíces y formación de raíces aéreas

Para maximizar su eficiencia de Control:

- ◆ Se recomienda su mezcla con otros herbicidas según espectro de malezas presentes.

Cuadro 6. Malezas latifoliadas factibles de ser controladas con starane solo y en mezclas.

STARANE	STARANE + METSULFURON	STARANE + MCPA o 2,4 D
Abrojo	Flor morada	Tréboles
Anagallis	Manzanilla	Mostacilla
Calabacilla	Abrepuño	Rabano
Capiqui	Nabo	Visnaga
<i>Cerastium viscosum</i>	Visnaga	Nabo
Corriguela	Sanguinaria	Cardo negro
Chamico	Mostacilla	Sanguinaria
Enredadera negra	Spergula	
Girasol	Mastuerzo	
Lengua de vaca	Rabano	
Lotus	Cardo negro	
Tréboles	Medicago spp.	

Consideraciones finales

- ◆ El área del litoral agrícola presenta altos niveles de enmalezamiento, con amplia diversidad de especies latifoliadas, mientras que en gramíneas predomina raigrás y con menor frecuencia balango.
- ◆ Mayores rendimientos de grano están asociados a aplicaciones premacollaje con herbicidas residuales que controlan eficazmente altos niveles de enmalezamiento y los flujos de emergencias que se suceden durante el ciclo del cultivo.
- ◆ La residualidad de los herbicidas recomendados para cultivos de invierno no afecta a los cultivos de verano si entre aplicación y siembra trascurren un mínimo de 90 días, en cultivos de invierno bien implantados y si durante el período aplicación siembra, existen buenas condiciones de humedad en el suelo.
- ◆ La actual intensificación agrícola asociada a la siembra directa determinará procesos evolutivos donde la diversidad de especies latifoliadas evolucionará hacia el predominio de ciertas malezas, lo cual será un problema a corto plazo. A mediano plazo en tanto, será elevado el riesgo de la aparición de ecotipos de esas malezas resistentes a herbicidas.
- ◆ La estrategia de prevención de la resistencia implica racionalizar el manejo de herbicidas considerando la integración de las prácticas culturales que maximicen la capacidad de competencia de los cultivos. Esto viabilizará el control químico en el largo plazo, lo cual cuesta menos que el manejo de una resistencia declarada.

HERBICIDAS EN TRIGO EN EL SUDESTE BONAERENSE

M.I. Leaden¹ y C.M. Lozano²

Importancia

El cultivo de trigo tiene un amplio período de siembra, desde junio a fines de agosto. La predominancia de algunas malezas sobre otras puede variar según la fecha de siembra, área triguera, sistema de producción, etc. En general, la comunidad de malezas que acompaña a los cultivos está compuesta de poblaciones de diferentes especies, que pertenecen a distintas familias botánicas, adaptadas a los sistemas de producción y, aunque existan eficientes medidas de control (90% o más) siempre queda un remanente que logrará sobrevivir.

En la mayoría de los casos, las estrategias de control químico en posemergencia del trigo y malezas, implican la mezcla de, al menos, dos herbicidas para ampliar el espectro de control. En muy pocos, puede ocurrir que el empleo de un solo herbicida sea suficiente para controlar todas las malezas presentes, cuando estamos caracterizando a la comunidad de latifoliadas que acompañan al cultivo.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la susceptibilidad de los cultivares de trigo, ésta puede estar relacionada a su estado de desarrollo (vegetativo, reproductivo), o a características intrínsecas del propio cultivar. Existen evidencias de diferencias en ese sentido entre cultivares de trigo, y a la vez hay herbicidas que son muy tolerados por el cultivo cualquiera sea su estado de crecimiento.

Ubicación de los tratamientos de control

El control de las malezas que interfieren en el cultivo de trigo puede comenzar antes de la siembra, en preemergencia o en posemergencia del cultivo y malezas. Los herbicidas utilizados en cada momento pueden ser los mismos o no.

Aquí nos referiremos a los herbicidas utilizados en posemergencia del cultivo y malezas. En este sentido abordaremos las ventanas de aplicación, caracterizándolas en tratamientos “tempranos”, “tradicionales” y “tardíos”.

Ventana de aplicación “temprana”

Hablamos de aplicación temprana cuando el nacimiento de la comunidad de malezas se anticipa o coincide con la emergencia del cultivo y las condiciones ambientales aseguran un buen crecimiento de cultivo y malezas.

En este sentido, desde el punto de vista del desarrollo del cultivo debemos saber que estamos en presencia de crecimiento vegetativo del ápice y externamente un cultivo de, al menos, 2 hojas desarrolladas. En este momento ya se observarán diferencias entre cultivares de distinto ciclo, pudiendo presentar diferente número de hojas desarrolladas con el mismo estado apical (Fig. 1).

Las malezas estarán, en ese momento, desde cotiledones hasta 1 o 2 hojitas verdaderas desarrolladas.

Los herbicidas que pueden aplicarse aquí sin alto riesgo son las sulfonilureas registradas para trigo, aminopirid, fluroxipir, clopiralid, dicamba, picloram y los de contacto registrados para trigo, entre ellos carfentrazone y piraflufen. En este período los herbicidas fenólicos provocan deformaciones al interferir con la disposición normal de las espiguillas. Las anomalías del punto de crecimiento tales como el desarrollo de espiguillas opuestas, los entrenudos alargados del raquis de la espiga, las espigas ramificadas o bifidas, las espiguillas múltiples, y las disminuciones del número de espiguillas son comúnmente observables.

¹ Fac. de Cs. Agrarias (UNMdP) Balcarce, Argentina

² Actividad privada



Figura 1. Estado vegetativo del trigo.

Ventana de aplicación “tradicional”

Antes de que las sulfonilureas se registraran en Argentina, el control de latifoliadas en trigo se basaba en los herbicidas de tipo “hormonal”, el grupo de fenóxidos (2,4-D y MCPA, principalmente) y picloram y dicamba, registrados en las décadas del 60 y 70 respectivamente.

La aplicación en este momento se realiza cuando la emergencia de las malezas se retrasa respecto de la del cultivo, o cuando la densidad a la que se presentan las mismas en la emergencia del cultivo es lo suficientemente baja como para retrasar el momento de control.

El cultivo se encuentra en este período en la diferenciación de las espiguillas de la futura espiga, que comprende desde el estado de doble arruga hasta espiguilla terminal diferenciada. En términos generales un cultivar de ciclo largo, en su fecha óptima de siembra, puede tener una duración de esta fase de 30 días, mientras que en un cultivar corto, este período se reduce a 10-12 días. El estado de espiga a 1 cm (diferenciación de glumas) marca la mitad del período tolerante (Fig. 2).

En este período el grupo de los fenóxidos no deformarían las espigas y picloram y dicamba no provocarían disminución de rendimiento. También pueden aplicarse los herbicidas del grupo de las sulfonilureas, fluroxipir y clopiralid. Debe tenerse en cuenta la duración de este período según el ciclo.

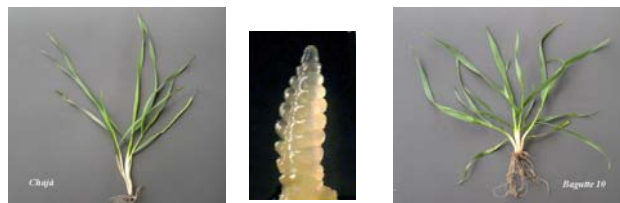


Figura 2. Estado de espiga a 1 cm.

Ventana de aplicación “tardía”

Cuando por diversas razones, principalmente períodos de sequía, que retrasan la emergencia de las malezas respecto del cultivo y éste ha pasado ya el estado de desarrollo de espiguilla terminal, los tratamientos de menor riesgo estarían representados por la utilización de fenóxidos (2,4-D y MCPA) en mezcla con clopiralid o fluroxipir. Metsulfuron, iodosulfuron, prosulfuron y triasulfuron no presentarían fitotoxicidad en este estado del cultivo (Fig. 3). En este momento picloram y en menor grado dicamba pueden ocasionar disminuciones del rendimiento al reducir el número de granos espiga⁻¹, sobre todo cuando la aplicación de los herbicidas se realiza en hoja bandera visible debido a la esterilidad de flores y disminución de la altura a la madurez por acortamiento del pedúnculo.

La eficiencia de control de estos tratamientos es menor a la realizada en el momento oportuno con malezas en mayor estado de crecimiento.

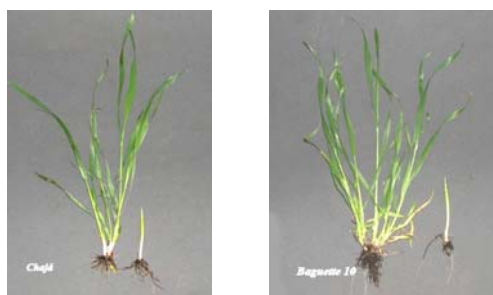


Figura 3. Estado de dos nudos detectables.

Eficacia de los tratamientos de control

En general, las aplicaciones realizadas en diferentes situaciones de humedad, temperatura, radiación u otro factor pueden generar respuestas variables de control como resultado de diferentes tasas de absorción y/o traslocación de los herbicidas. En condiciones óptimas de crecimiento es posible esperar la máxima eficacia de control, mientras que cuando dichas condiciones no se cumplen la eficacia disminuirá y se evaluaría la posibilidad de incrementar las dosis cuando las condiciones ambientales son desfavorables y/o cuando las malezas presenten avanzados estados de crecimiento.

La comunidad de malezas que crece junto con el cultivo de trigo es controlada con diferente eficacia por los diferentes tratamientos empleados.

Para el caso de especies como nabón (*Raphanus sativus*, RAPSA), sanguinaria (*Polygonum aviculare*, POLAV), enredadera anual (*Polygonum convolvulus*, POLCO), capiquí (*Stellaria media*, STEME) y viola (*Viola arvensis*, VIOAR), que frecuentemente se encuentran en los cultivos de trigo se presentan los grados de eficacia de algunos tratamientos herbicidas (tabla 1).

Tabla 1. Eficacia de tratamientos herbicidas.

Herbicidas (*i.a.(e.a.)%)	Dosis ha ⁻¹	RAPSA	POLAV	POLCO	STEME	VIOAR
Metsulfuron (60)**	6.7g	MB	B	B	MB	B
Picloram (28(24))	80ml					
Metsulfuron (60)**	6.7g	MB	B	B	MB	B
Dicamba (57(48))	100ml					
Prosulfuron (75)**	10g	MB	MB	MB	MB	B
Triasulfuron (75)	10g					
Dicamba (85.5(70))	100g					
Metsulfuron (50)**	8g	MB	B	B	MB	B
Piraflofen (2)	100ml					
Metsulfuron (60)**	4g	MB	B	B	MB	B
Iodosulfuron (5)	60g					
Metsulfuron (60)**	6.7g	MB	B	B	MB	B
Fluroxipir (20)	600ml					
MCPA (28(25))	1000ml	B	B	B	I	I
Picloram (28(24))	80ml					
MCPA (28(25))	1000ml	B	B	B	I	I
Dicamba (57(48))	100ml					
MCPA (28(25))	1000ml	B	B	B	I	I
Fluroxipir (20)	600ml					
2,4-D (100(79))	300ml	MB	B	B	I	I
Picloram (28(24))	80ml					
2,4-D (100(79))	300ml	MB	B	B	I	I
Dicamba (57(48))	100ml					
2,4-D (100(79))	300ml	MB	B	B	I	I
Fluroxipir (20)	600ml					

*i.a.=% de ingrediente activo en la formulación, e.a.=% de equivalente ácido en la formulación.

** Tratamientos que llevan surfactante no iónico entre 0.1% y 0.2% v/v.

MB: muy bueno, B: bueno, I: insuficiente

Tolerancia de cultivares a herbicidas

Las diferencias entre cultivares de trigo en la tolerancia a herbicidas se atribuyen, generalmente, al estado de crecimiento en el momento de la pulverización. Sin embargo, existirían interacciones con otros factores que pueden verse involucrados en la acción fitotóxica, como son las condiciones ambientales, tipo de herbicida, dosis y características intrínsecas de cada cultivar.

En la Fig. 4 se presenta el efecto de tratamientos herbicidas (1. Misil, 2. Peak Pack, 3. Combo, 4. 2,4-D + Picloram, 5. Testigo) sobre el rendimiento de los cultivares de trigo Pronto, Chajá y Biguá, de ciclo corto en la campaña 03/04. Para las condiciones del experimento se observó una interacción significativa cultivar por momento de aplicación. Pronto y Chajá respondieron en forma similar cuando los tratamientos se aplicaron en estado vegetativo (momento 1), de espiga a 1 cm (momento 2) y en hoja bandera visible (momento 3), mientras que Biguá disminuyó el rendimiento en el estado más tardío.

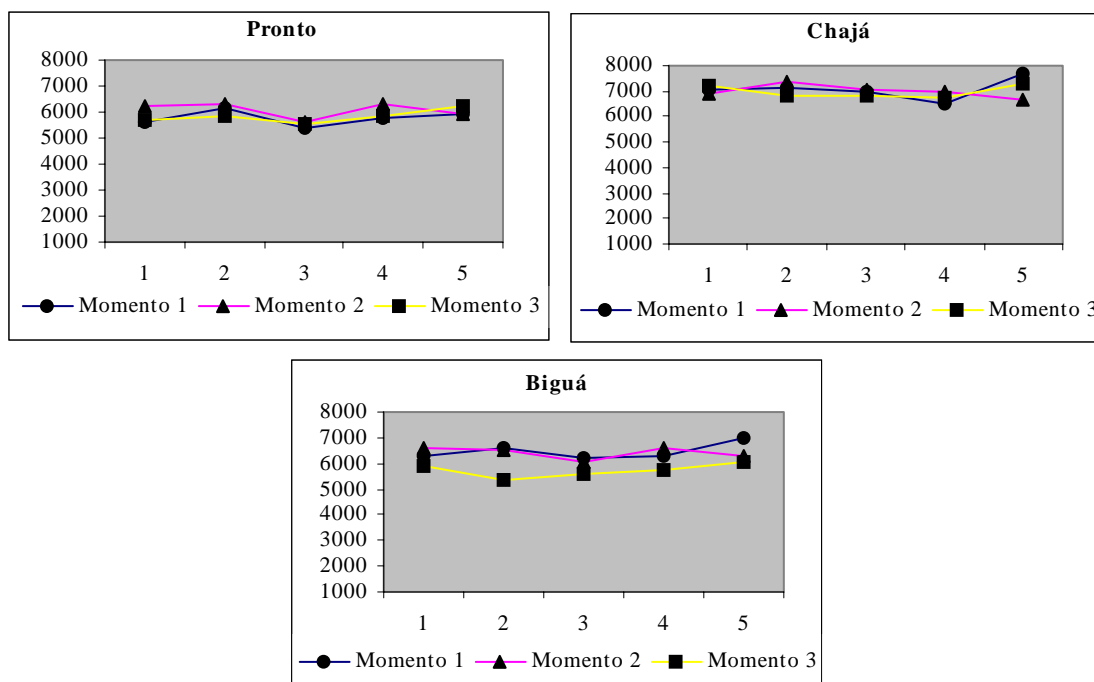


Figura 4. Efecto de momentos de aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en 3 cultivares de trigo.

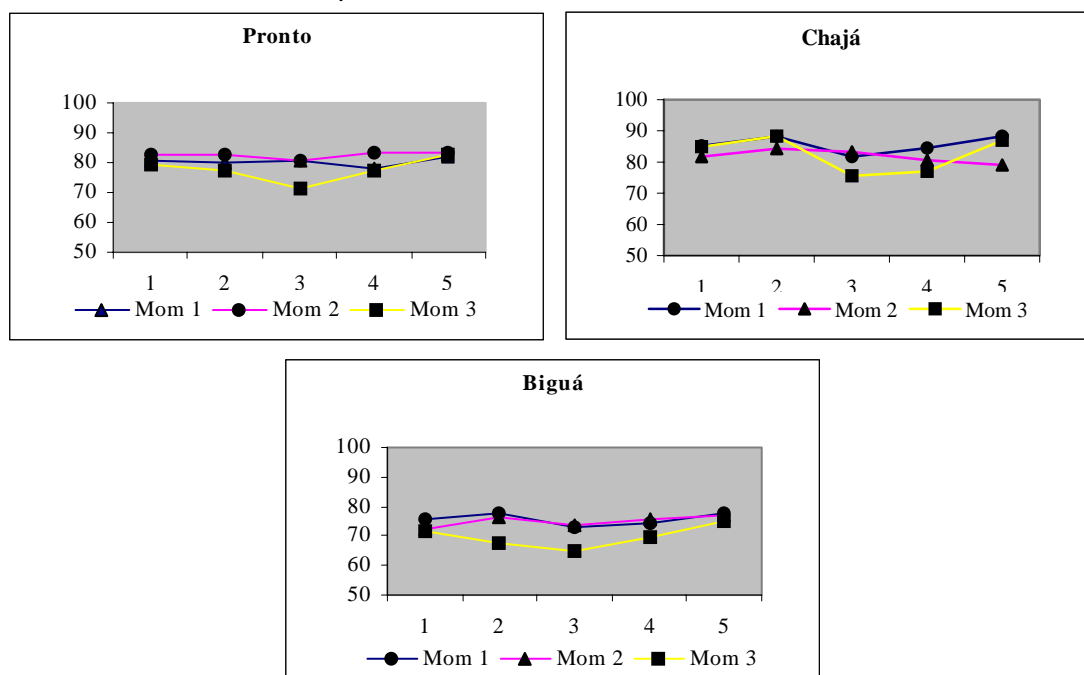


Figura 5. Efecto de momentos de aplicación de herbicidas sobre la altura de plantas en 3 cultivares de trigo.

La altura de plantas fue modificada por los tratamientos herbicidas en los tres cultivares evaluados, en el tercer momento de aplicación, siendo la disminución de altura proporcionalmente mayor en Biguá (Fig. 5).

Comparando dos campañas (02/03 y 03/04) del cultivar Baguette 10, en los que se evaluaron los tratamientos de 1. Lontrel + 2,4-D, 2. Misil, 3. Tordon + 2,4-D y 4. testigo, en los estados vegetativo, espiga a 1 cm y dos nudos detectables, se observaron efecto principal de los tratamientos sobre la altura de plantas y la interacción triple año x momento x tratamiento para el rendimiento en grano.

Cualquiera sea la condición del año, en el promedio de momentos de aplicación, hay tratamientos que disminuyen la altura de plantas (Fig. 6).

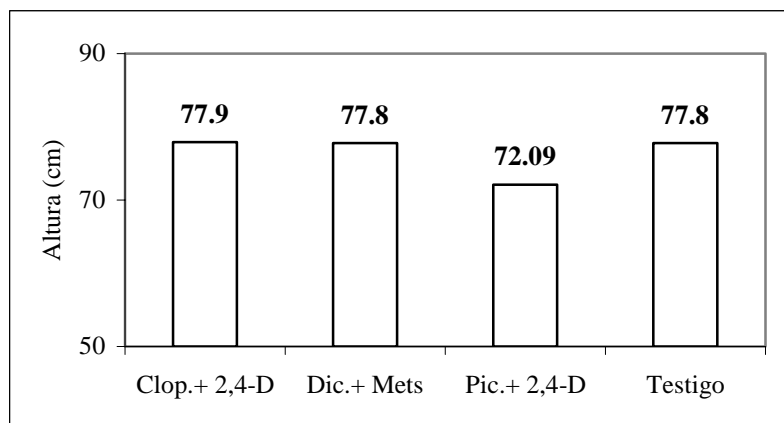


Figura 6. Reducción de la altura de plantas de Baguette 10.

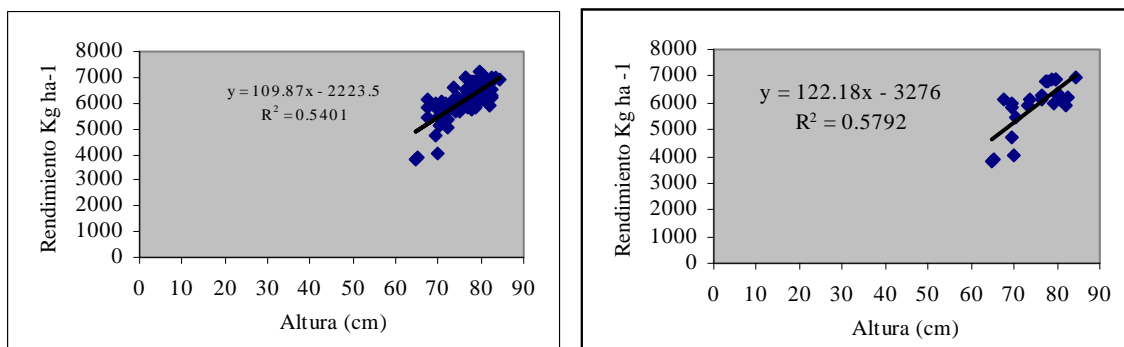


Figura 7. Relación entre el rendimiento y la altura de plantas en las campañas 2002 y 2003 del cultivar Baguette 10.

En la fig. 7 se observa la relación lineal entre altura de plantas y rendimiento. El modelo de la izquierda comprende todos los tratamientos en todos los momentos de aplicación, mientras que en el de la derecha están referenciados los tratamientos en el momento más tardío, que es el que afecta la longitud del pedúnculo. Es posible esperar por cada cm de disminución de la altura una merma de rendimiento de 117 Kg ha⁻¹ y 122 Kg ha⁻¹, respectivamente.

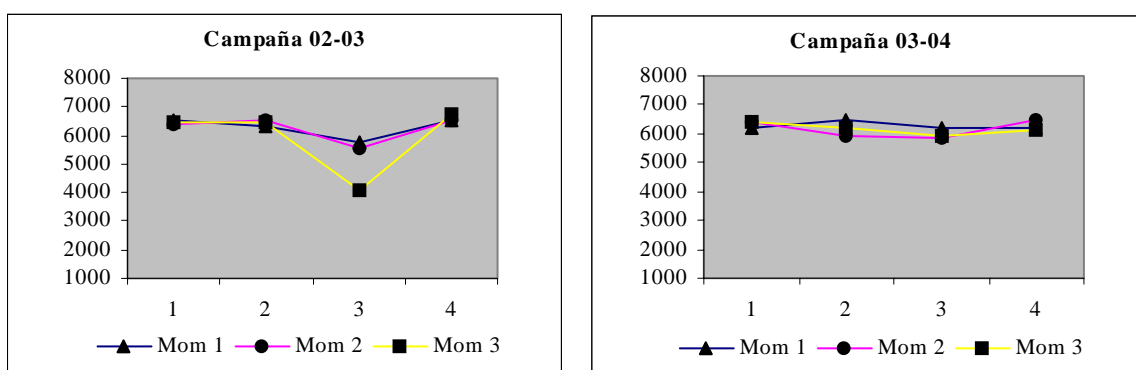


Figura 8. Rendimiento del cultivar Baguette 10 en las campañas 02/03 y 03/04

Las condiciones meteorológicas de los años 2002 y 2003, fueron diferentes en cuanto al período con mayores precipitaciones. Así, en el 2002 llovieron 276 mm en octubre en 12 días y 168,7 mm en 9 días en noviembre, con un diciembre de escasas precipitaciones 38.5 mm durante el período del llenado del grano. Durante el 2003 pudo observarse un período de escasas precipitaciones 8,6 mm (dentro del período donde se realizan gran parte de los tratamientos de control, desde mediados de agosto a mediados de setiembre) seguido de precipitaciones abundantes en octubre (107,7 mm en 8 días) noviembre (142 mm en 12 días) y diciembre (136 mm en 13 días). La frecuencia de heladas agrometeorológicas varió también entre años, en 2002 hubo 7 y 9 días con heladas en agosto y setiembre respectivamente, mientras que en 2003 ocurrieron 17, 10, 3 y 1 día de agosto a noviembre, con mayor número de días con temperaturas por debajo de 0°C. La acción de los tratamientos herbicidas más agresivos fue atenuada por las condiciones ambientales de la campaña 03-04 (Fig. 8).

En un experimento realizado en el Criadero Buck durante la campaña 2004/05 se evaluó la tolerancia a herbicidas posemergentes de seis cultivares de trigo (Buck Mataco, Buck Aguará, Buck Mejorpan, Buck Pingo, Buck Biguá y Buck Chacarero) y dos líneas precomerciales (230254 y 230515). Se aplicaron los tratamientos de clopiralid + metsulfuron, fluroxipir + metsulfuron, aminopirialid + metsulfuron, dicamba + metsulfuron, dicamba + prosulfuron + triasulfuron. Los tratamientos se aplicaron en los estados 13/22 y 32-37 de Zadoks et al. (1974) (Zd); el primero correspondió a ápice vegetativo elongado (2) de Nerson et al. (1980). Se evaluó la fitotoxicidad visual, rendimiento, granos espiga⁻¹, espigas m⁻², peso de los granos, altura y longitud del pedúnculo. Los cultivares presentaron, a la semana de cada una de las aplicaciones, leve daño visual, que estuvo representado por detención de crecimiento y disminución de la altura del pseudotallo en Zd 13/22 y clorosis leves en Zd 32-37. En general, el rendimiento de los cultivares no fue afectado por los tratamientos herbicidas (Tabla 2). La altura de plantas y la longitud del pedúnculo tuvieron interacción significativa momento por herbicida. Ambas variables redujeron su longitud, en algunos cultivares, por los tratamientos que incluyeron dicamba en dos nudos detectables. La aplicación de los herbicidas en el período recomendado, Zd 13/22, no presentó efectos fitotóxicos en ninguna de las variables evaluadas. Las condiciones climáticas favorables para el crecimiento del cultivo pudieron enmascarar los daños que podrían ocurrir por la aplicación de los herbicidas en el estadio Zd 32-37.

Tabla 2. Rendimiento en grano (Kg. ha⁻¹) de los cultivares en función a los herbicidas y momentos de aplicación.

TRATAMIENTOS	CULTIVARES							
	Buck Mataco		Buck Aguará		Buck Mejorpan		230254	
	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2
Metsul + Clopiralid	7513	7243	7298	7429	6438	6653	7655	7572
Metsul + Fluroxipir	7324	7007	7375	7256	6628	6616	7584	7381
Metsul + Aminopirialid	7458	7428	7390	7483	6397	6764	7609	7570
Metsul + Dicamba	7307	7167	7462	7360	6584	6510	7703	7286
Pros+Trias+Dicamba	7215	7214	7441	7155	6672	6707	7476	7345
Testigo	7234	7125	7452	7345	6732	6675	7417	7423

Tabla 2. Continuación.

TRATAMIENTOS	CULTIVARES							
	Buck Chacarero		Buck Pingo		Buck Biguá		230515	
	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2	Mom. 1	Mom. 2
Metsul + Clopiralid	7321	6607	6917	6976	6357	6726	6750	6774
Metsul + Fluroxipir	6988	7488	6917	6988	6810	6357	6952	6738
Metsul + Aminopiraldid	7655	7488	7024	7180	6512	6584	6607	6727
Metsul+ Dicamba	6964	7250	6952	6953	6500	6417	6691	6726
Pros+Trias+Dicamba	7191	7203	7167	7179	6298	6762	6786	6274
Testigo	7536	7595	7179	7298	6441	6595	6726	6750

Comparación de la susceptibilidad de dos cultivares de trigo

Los herbicidas más utilizados para controlar latifoliadas en trigo lo constituye algún integrante del grupo de las sulfonilureas que permiten un control temprano de malezas y no presentarían fitotoxicidad tampoco en aplicaciones tardías, pero para asegurar el control de algunas especies, se aplican con dicamba o picloram, principalmente. Asimismo, en muchos casos a estos tratamientos se les agregan dosis bajas de 2,4-D.

En el presente trabajo se resume la información producida en dos campañas sobre los efectos de metsulfuron + dicamba en dos cultivares de trigo (Buck Pronto y ProINTA Quintal), aplicados en diferentes estadios de crecimiento.

Los datos de la campaña 98/99 provienen de un experimento de 6 cultivares de trigo y 5 tratamientos herbicidas en 4 momentos de aplicación y un testigo. Uno de los tratamientos fue metsulfuron + dicamba en la dosis de 6,7 g ha⁻¹ y 100 cc ha⁻¹ de formulado, respectivamente y con coadyuvante no iónico al 0.2% v/v. La aplicación se realizó con una mochila de presión constante, que arrojó un volumen de 102 l ha⁻¹.

Los estados de desarrollo en los que se aplicó metsulfuron + dicamba fueron:

1. Estado vegetativo (1-2 Nerson)
2. Estado de diferenciación de glumas (6 Nerson) Espiga a 1 cm
3. Dos nudos detectables (32)
4. Hoja bandera visible (37)

Las parcelas se cosecharon mecánicamente y se determinó el rendimiento en grano.

En la campaña 99/00 sobre Buck Pronto y ProINTA Quintal se evaluaron 4 tratamientos herbicidas, entre ellos la mezcla de metsulfuron + dicamba en las mismas dosis de la campaña anterior. Los estados de desarrollo en los que se aplicó la mezcla fueron:

1. Estado vegetativo (1 Nerson)
2. Doble arruga (3 Nerson)
3. Estado de diferenciación de glumas (6 Nerson), espiga a 1 cm
4. Espiguilla terminal (9 Nerson)
5. Dos nudos detectables (32 Zadoks *et al.*)
6. Hoja bandera visible (37 Zadoks *et al.*)

También, como en la campaña anterior, se determinó el rendimiento en grano.

Con los datos de rendimiento relativo al testigo de ambos cultivares se realizó, en ambas campañas, un análisis factorial de cultivar y momento de aplicación.

Efectos sobre el rendimiento

Los cultivares difirieron en su susceptibilidad al tratamiento herbicida. Tanto en la campaña 98/99 como en la 99/00, el cultivar Buck Pronto fue significativamente más tolerante a la aplicación de metsulfuron + dicamba. En la primera campaña Buck Pronto no se diferenció del testigo y ProINTA Quintal disminuyó su rendimiento en un 9% en el promedio de los cuatro momentos aplicados. En la campaña siguiente Buck Pronto rindió un 98% de su testigo mientras que ProINTA Quintal lo hizo en un 89% (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimientos relativos al testigo sin tratar.

Cultivar	Rendimiento relativo (%)	
	98/99	99/00
Buck Pronto	104 a*	98 a
ProINTA Quintal	91 b	89 b

* En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas según Duncan (α 0.05).

En la campaña 98/99 no se encontraron diferencias entre los momentos de aplicación para ambos cultivares, pero, en los datos de la siguiente campaña se observó un efecto significativo de momento de aplicación, en el promedio de los rendimientos relativos de los dos cultivares, es decir el efecto de la aplicación de metsulfuron + dicamba, desde estadios tempranos a avanzados fue semejante para ambos. Sin embargo, la aplicación en estado vegetativo en un estadio muy temprano (1 de Nerson, 12 de Zadoks) resultó muy fitotóxica para el cultivar ProINTA Quintal. En el promedio de los rendimientos relativos de ambos cultivares se observó que la aplicación en estado vegetativo fue fitotóxica, aunque no difirió de las aplicaciones en diferenciación de espiguillas, espiguilla terminal, 2 nudos y hoja bandera visible. La aplicación en doble arruga fue la más tolerada por los dos cultivares (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del momento de aplicación sobre el promedio de los rendimientos relativos de ambos cultivares.

Momento de aplicación de metsulfuron + dicamba	Rendimiento relativo
Estado vegetativo (1 Nerson)	87 c*
Doble arruga (3 Nerson)	101 a
Estado de diferenciación de glumas (6 Nerson)	94 abc
Espiguilla terminal (9 Nerson)	89 bc
Dos nudos detectables (32 Zadoks et al.)	92 abc
Hoja bandera visible (37 Zadoks et al.)	91 abc
Testigo	100 ab

* En la columna, letras distintas indican diferencias significativas según Duncan (α 0.05).

En las Figuras 9 y 10 se presentan los datos de rendimiento en grano de ambos cultivares en las campañas 98/99 y 99/00, respectivamente.

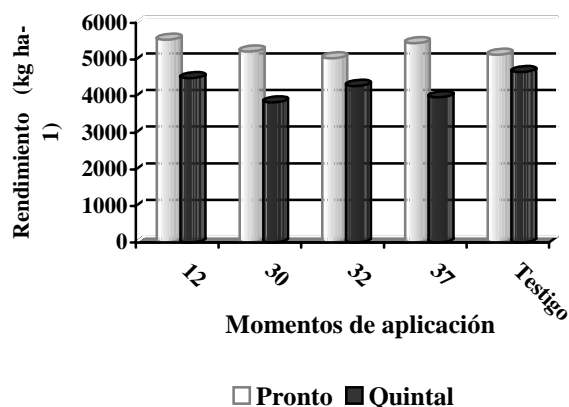


Figura 9. Rendimiento en grano de Buck Pronto y ProINTA Quintal en la campaña 98/99.

En la campaña 98/99 el rendimiento de Buck Pronto no difirió entre momentos de aplicación, mientras que ProINTA Quintal disminuyó significativamente su rendimiento en el estadio de doble arruga que se considera tolerante.

Durante la campaña 99/00, en ProINTA Quintal, la mayor disminución de rendimiento respecto del testigo, se produjo en las aplicación de metsulfuron + dicamba en el estado vegetativo con un 24% y en espiguilla terminal con un 18%. Puede observarse en la Figura 10 que el cultivar Quintal tuvo una gran susceptibilidad a la aplicación de metsulfuron + dicamba en estadio vegetativo temprano (estado 1 de Nerson), confirmando una vez más, la diferencia en la tolerancia de los cultivares.

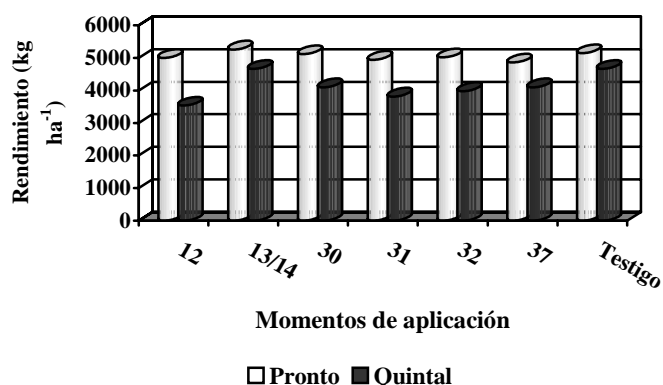


Figura 10. Rendimiento en grano de Buck Pronto y ProINTA Quintal en la campaña 99/00.

Síntomas de fitotoxicidad

Los síntomas de fitotoxicidad que se observaron fueron clorosis generalizada en las parcelas más afectadas y especialmente en la campaña 99/00, el tratamiento en estado vegetativo, en ProINTA Quintal, produjo un retraso en el crecimiento de las plantas.

Debido a la precocidad de Buck Pronto, la aplicación en el estadio vegetativo se realizó dos días antes a la de ProINTA Quintal. Al día siguiente de ambas aplicaciones ocurrieron heladas agrometeorológicas de similar magnitud; sin embargo sobre Buck Pronto no se observaron la misma magnitud de daños.

Comentarios finales

Los resultados de ambas campañas muestran un comportamiento contrastante entre estos dos cultivares frente a la aplicación de un tratamiento herbicida de amplia difusión.

Por otro lado, el efecto de no aplicar herbicidas puede redundar en mayor pérdida de rendimiento por competencia de malezas.

El conocimiento de la tolerancia a los tratamientos herbicidas debería constituirse en un aspecto de suma importancia en el desarrollo de nuevos cultivares.

Referencias

- Grosse, R. & M.I. Leaden. 2001. Control de malezas en el cultivo de trigo. Capítulo 8. Trigo, cuaderno de actualización técnica n° 63. CREA. 94-103.
- Leaden M.I. & C.M. Lozano. 1986. Efecto de herbicidas hormonales aplicados en diferentes estados de crecimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.). Actas del Primer Congreso Nacional de Trigo, Capítulos II y IV: IV66-IV76.
- Leaden M.I. & C.M. Lozano. 1999. Efecto de los momentos de aplicación de herbicidas en cultivares de trigo. Informe a DowAgrosciences. 31 págs.
- Leaden M.I. & C.M. Lozano. 2000. Selectividad de herbicidas en trigo y cebada. Informe a DowAgrosciences. 33 págs.
- Leaden M.I. & C.M. Lozano. 2003. Efectos de XDE750 y Lontrel en dos cultivares de trigo. Informe a DowAgrosciences. 20 págs.
- Leaden M.I. & C.M. Lozano. 2004. Respuesta de dos cultivares de trigo al herbicida XDE750. Informe a DowAgrosciences. 17 págs.
- Lozano C.M. & M.I. Leaden. 1999. Estudio del desarrollo y de la susceptibilidad a herbicidas del cultivar Cinco Cerros. Informe a Producers, 26 págs.
- Nerson, H., Sibony, M. and M. J. Pinthus. 1980. A scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*Triticum aestivum* L.) spike. Ann. Bot. 45, 203 – 204.
- Orr, J. P., M. Canevari, L. Jackson, R. Wennig, R. Carner, G. Nashimoto. 1996. Postemergence herbicides and application time affect wheat yields. California Agriculture. Vol.50, N°4.
- Rinella M.J., J.J. Kells & R.W. Ward. 2001. Response of "Wakefield" winter wheat (*Triticum aestivum*) to dicamba. Weed Technology 15: 523-529.
- Zadoks, J. C. Ghang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415 – 421.

COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE LOS HERBICIDAS EN EL SUELO: CONCEPTOS Y RESULTADOS REGIONALES

Francisco Bedmar¹

Los herbicidas son sustancias, por lo general de origen orgánico, que se emplean principalmente en la agricultura para el control de las malezas. A fin de minimizar el impacto ambiental de los mismos, su aplicación debe realizarse teniendo en cuenta, estrictamente, las condiciones de las plantas, el suelo y el ambiente, así como las dosis y los procedimientos de uso para los cuales fueron diseñados. Sin embargo, por muy rigurosas que sean las condiciones de uso, existen evidencias de la presencia de trazas de herbicidas y otros plaguicidas aún en áreas no agrícolas, en la atmósfera y en el agua superficial y subterránea (Cheng, 1990). Debido a que los plaguicidas presentan diverso grado de toxicidad, existe especial interés en el impacto que provocan sobre la calidad ambiental y la salud humana.

El agua subterránea constituye la principal fuente de agua potable, especialmente en regiones de planicies, totalizando alrededor de un 90% del total (Giuliano, 1995). La presencia de plaguicidas, y especialmente herbicidas, en aguas subterráneas y acuíferos representa una situación frecuente, especialmente en aquellas regiones que han tenido o tienen un elevado consumo de plaguicidas (Pasquarell y Boyer, 1996; USEPA, 1990). En tales situaciones se han detectado concentraciones de plaguicidas que van desde trazas hasta cantidades importantes que descartarían el uso de las aguas sin tratamiento de purificación. La hipótesis ampliamente aceptada de que la fracción insaturada del suelo constituye una defensa efectiva contra la penetración de plaguicidas es por lo tanto cuestionable (Giuliano, 1995). Por todo lo expuesto, es evidente que el incremento en el uso de los plaguicidas en una región, aumenta su potencial de contaminación del agua superficial y subterránea, así como de sedimentos. En Argentina, tal situación sería posible debido a la intensificación de la agricultura y al reemplazo del sistema de labranza convencional (LC) por la siembra directa (SD) (Viglizzo et al. 2002). Bajo SD, el control de malezas es exclusivamente químico, lo cual ha promovido aplicaciones de herbicidas más frecuentemente y en algunos casos con dosis superiores a las de LC. Tal circunstancia es preocupante si se tiene en cuenta que según datos de 2002 (AAPRESID) el 46 % del área agrícola de Argentina se encuentra bajo SD, siendo las perspectivas a futuro de crecimiento sostenido. En dicho contexto, se debe destacar que el estudio del impacto de la SD a nivel productivo ha sido y sigue siendo estudiado, no así los posibles efectos ambientales adversos que podría ocasionar.

1. Procesos que condicionan el comportamiento de los herbicidas en el suelo

El comportamiento ambiental de un herbicida está regido por procesos que pueden disminuir la cantidad original aplicada (Figura 1). Antes de que el herbicida alcance el suelo, puede degradarse por fotodescomposición, por volatilización y puede ser adsorbido y/o absorbido por las hojas del vegetal o rastrojo en superficie. Una vez que ingresa al suelo, el herbicida se reparte en las fases sólida, gaseosa y líquida, y es en esta última en la cual ocurre la degradación química y microbiana, que es el proceso más importante para la mayoría de los herbicidas. En la fase sólida se adsorben con diferente fuerza en lugares de enlace de los coloides orgánicos e inorgánicos del suelo (materia orgánica y arcillas). El transporte de solutos a través del suelo se produce por medio del flujo del agua y está fuertemente influenciado por la adsorción (Richter et al, 1996).

La presencia de los herbicidas en el agua subterránea se debe principalmente a la lixiviación a través del suelo, la cual es de mayor intensidad para compuestos de naturaleza aniónica tal como los nitratos, por lo que su presencia en acuíferos no causa sorpresa (Flury, 1996). Sin embargo, varios herbicidas con menor movilidad que aquellos han sido detectados en el agua. Si bien en algunos casos se puede responsabilizar al uso inadecuado o accidental como causa de presencia de los herbicidas en el agua subsuperficial, parece que la contaminación de los acuíferos se debe principalmente al resultado de aplicaciones convencionales a campo y su posterior lixiviación a través del suelo (Ritter, 1990).

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

El riesgo potencial de que un herbicidas alcance la zona saturada, está en función de las características físico-químicas del compuesto, propiedades del suelo, condiciones climáticas y prácticas de manejo del suelo y del herbicida (Foster e Hirata 1998). Si bien existen propiedades específicas de los herbicidas que determinan su movilidad en el ambiente como son solubilidad, presión de vapor y polaridad (Cheng, 1990), diversos autores (Goss, 1992; Hornsby, 1992) demostraron que el coeficiente de partición en carbono orgánico (Koc) y la vida media de los plaguicidas ($T_{1/2}$) pueden utilizarse para comparar sus potenciales de lixiviar a través de la matriz del suelo. Sin embargo, Goss (1992) estableció que la materia orgánica del suelo es la característica edáfica que más influye sobre el movimiento de los plaguicidas. La presencia de capas orgánicas produce “atenuación” del flujo de plaguicida protegiendo al acuífero de la contaminación. Según Seelig (1994), la determinación de la capacidad de filtración de un plaguicida encima del acuífero debería tener en cuenta: 1) profundidad del acuífero saturado combinado con la dirección predominante del flujo de agua, 2) permeabilidad de los estratos geológicos y de suelo, 3) contenido de materia orgánica del suelo, y 4) Koc y $T_{1/2}$ del plaguicida.

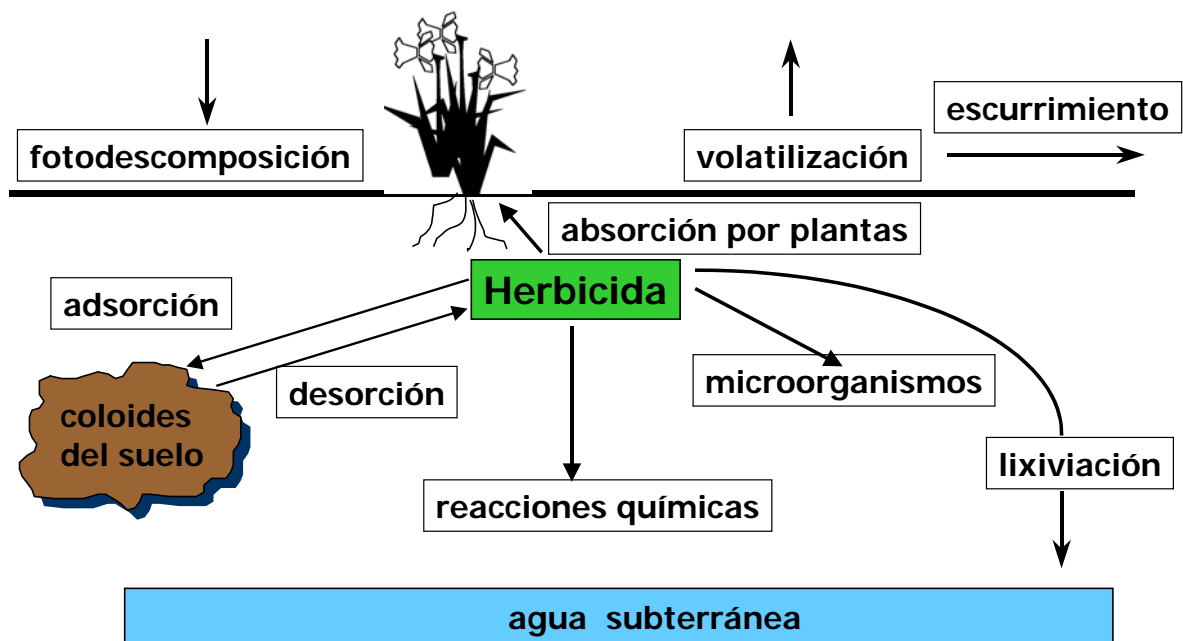


Figura 1. Comportamiento de los herbicidas en el suelo (adaptado de Comfort et al., 1994).

El destino de un plaguicida en el ambiente edáfico está gobernado por los procesos de **retención**, **transformación** y **transporte** así como por su interacción (Figura 2). La **retención** es la consecuencia de la interacción entre el plaguicida y la superficie de las partículas del suelo y es descrita como adsorción o sorción. Puede ser reversible retardando el movimiento o irreversible impidiéndolo y afectando también la disponibilidad para las plantas o microorganismos o para la transformación biótica o abiótica. La retención es un proceso físico sin cambio en la naturaleza química de la molécula (Koskinen y Harper, 1990). Los procesos de **transformación** química pueden ser catalizados por los constituyentes del suelo o inducidos fotoquímicamente. La mayoría de los plaguicidas son transformados principalmente por procesos bioquímicos a través de los microorganismos del suelo con cambios en la molécula hacia formas más simples que pueden ser de igual, menor o mayor toxicidad que la original, lo cual determina bajo qué forma y durante cuánto tiempo estarán presentes los plaguicidas en el suelo. En cambio, los procesos de **transporte** determinan el lugar dónde se presentarán los plaguicidas. La volatilización lleva el plaguicida hacia la atmósfera; el escurrimiento hacia las superficies de agua y la lixiviación hacia las aguas subterráneas (Cheng, 1990).

Como resultado de los procesos que condicionan el comportamiento de los herbicidas en el suelo, debe destacarse que el destino final de un herbicida determinará el balance de la ecuación Beneficio/Riesgo y por lo tanto el grado de incidencia sobre su eficacia o efecto ambiental (Figura 2).

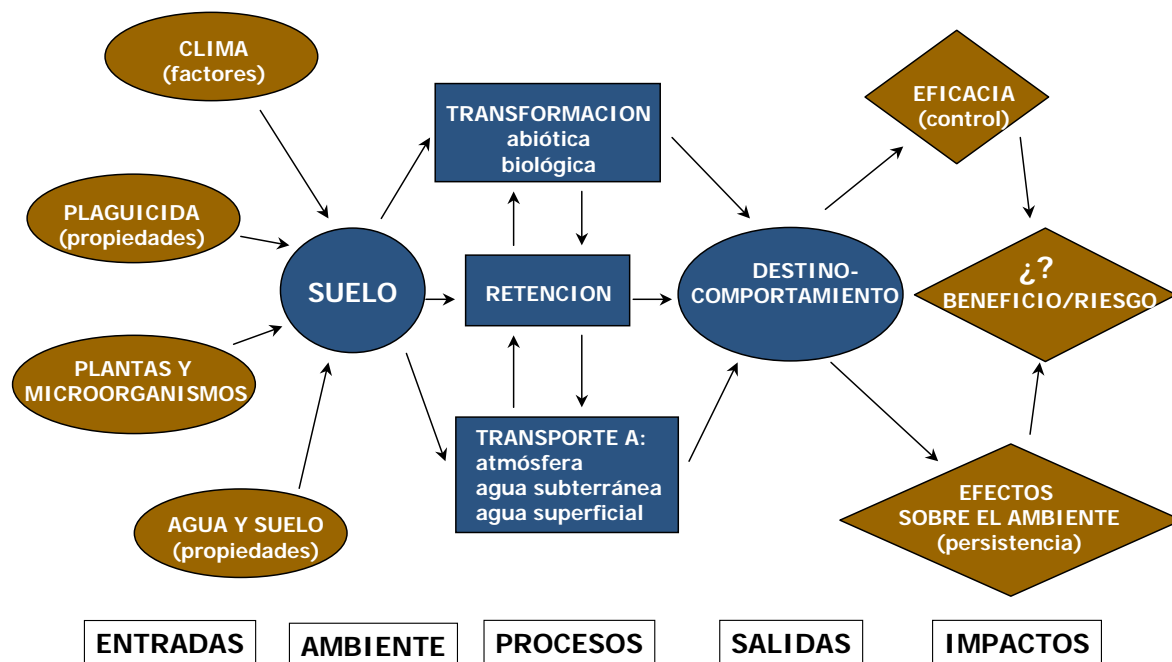


Figura 2. Procesos que condicionan el comportamiento de los plaguicidas en el suelo (adaptado de Cheng, 1990).

1.1. Adsorción de plaguicidas al suelo

La sorción de un plaguicida por el suelo ha sido citada como el proceso que posee mayor influencia en su comportamiento y destino en el ambiente (Green y Karickhoff, 1990; Gerstl, 2000). La sorción es la consecuencia de la interacción entre el plaguicida y los coloides del suelo pudiendo ser reversible o irreversible. Las propiedades del suelo y del plaguicida son muy importantes debido a que determinan los mecanismos de sorción y por lo tanto la biodisponibilidad y movilidad del plaguicida. Sin embargo, es difícil determinar los factores del suelo que controlan la sorción de los plaguicidas debido a la naturaleza heterogénea del mismo. El grado de sorción de un herbicida en el suelo se expresa generalmente por medio del coeficiente de distribución de sorción (K_d) entre las fases acuosa y sólida. El coeficiente de sorción presenta gran variación con el tipo de suelo, razón por la cual se lo normaliza por el contenido de carbono orgánico del suelo (K_{oc}), siendo ésta la constante de sorción más utilizada. Gustafson (1995) estableció que el K_{oc} de un plaguicida puede utilizarse como una medida independiente del suelo de su movilidad relativa en el mismo. El mismo autor en un trabajo anterior (Gustafson, 1989) elaboró una clasificación de los plaguicidas según su grado de lixiviación teniendo en cuenta su movilidad (expresada como K_{oc}) y la persistencia (vida media en el suelo).

La materia orgánica del suelo ha sido citada como la propiedad más relevante del mismo que regula la sorción de varios herbicidas no iónicos (Goss 1992; Bollag et al, 1992; Weber et al, 2000). Sin embargo, herbicidas no iónicos como las triazinas débilmente básicos, como es el caso de Atrazina, pueden ser adsorbidos a la materia orgánica y las arcillas, estando la sorción regulada por el pH (Weber et al, 1993; Weber, 1994; Weber et al, 2000).

La distribución en profundidad de la materia orgánica del suelo por lo general indica la zona en la cual los herbicidas no iónicos son más fuertemente adsorbidos (Sonon 1992). Por tal razón los herbicidas por lo general se adsorben con más fuerza a las capas superficiales del suelo. Los horizontes del suelo más profundos contienen menos materia orgánica y poblaciones microbianas, y por lo tanto son menos adsorbidos o degradados (Comfort, 1994; Harper, 1991; Skipper et al., 1996; Jenks et al., 1998) (Figura 3).

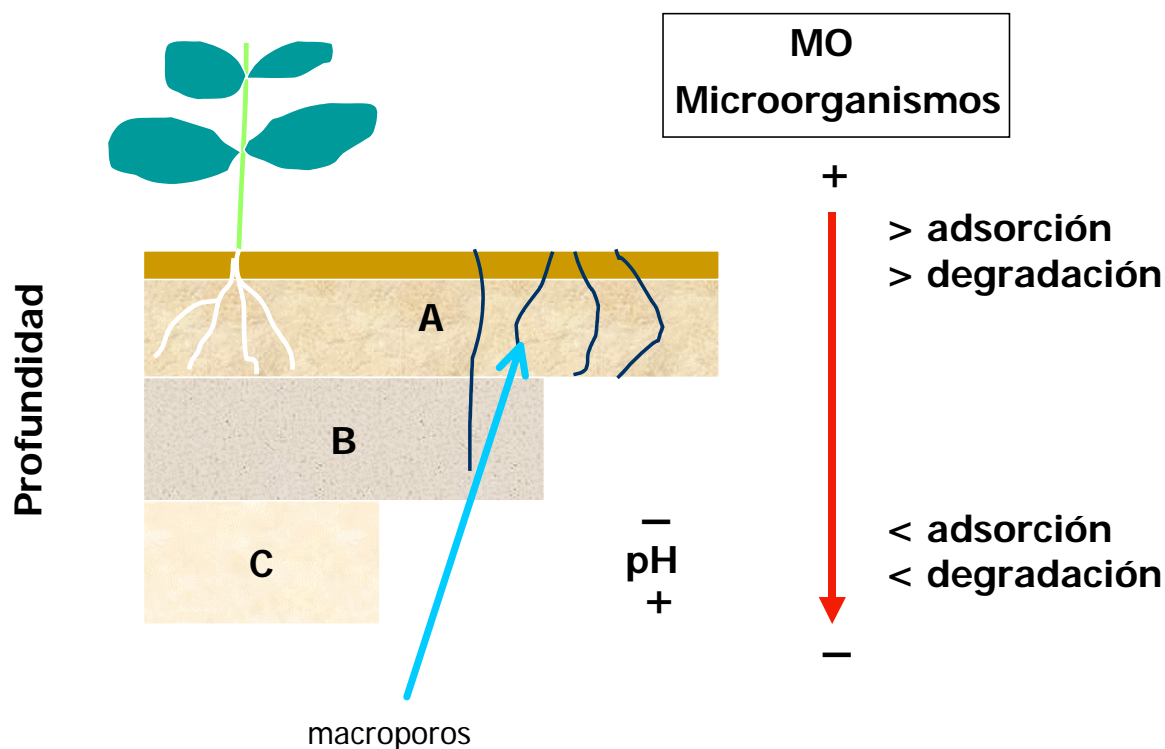


Figura 3. Distribución en profundidad de algunas propiedades del suelo.

Las variaciones en las propiedades del suelo con la profundidad influyen en la sorción, degradación y movimiento de los herbicidas (Jenks et al, 1998). La comprensión de cómo las propiedades del suelo dentro de un perfil afectan la retención y degradación de los herbicidas permite una mejor predicción de su comportamiento y contaminación potencial del agua subterránea. Harper (1988) determinó que los suelos más profundos adsorbieron mayor cantidad de metribuzin que los suelos superficiales que contenían menor cantidad de arcillas pero mayor de materia orgánica. Jenks et al (1998) reportó mayor adsorción de Atrazina en un perfil de 0-30 cm de suelo comparado con mayores profundidades (30-300 cm), debido al menor contenido de materia orgánica y mayor pH en la zona más profunda. Sin embargo, Sonon (1995) no encontró correlación de la adsorción de Atrazina con la profundidad, contenido de arcillas o contenido de carbono orgánico de cinco suelos. El mismo autor estableció para todos los suelos que la adsorción de Atrazina fue mayor en todos los horizontes que presentaban textura fina respecto de aquellos con textura gruesa.

1.2. Persistencia de plaguicidas en el suelo

El período durante el cual un plaguicida permanece intacto y biológicamente activo se denomina persistencia. La persistencia es de gran importancia puesto que junto con la movilidad determina en gran parte el comportamiento ambiental de una sustancia (Barriuso, 2000).

La persistencia de un plaguicida se expresa a través de la **vida media**, la cual representa el tiempo requerido para que el 50% del plaguicida original aplicado se descomponga en otros productos (Comfort et al, 1994). La vida media se mide usualmente en laboratorio bajo condiciones uniformes, debido a que a campo, la temperatura del suelo, el contenido de humedad, el contenido de materia orgánica y el pH cambian constantemente, lo cual influye en gran medida en la tasa de degradación. Por lo tanto, los valores de vida media, así como los de la mayoría de los índices de comportamiento ambiental, deberían considerarse como orientativos.

La persistencia está principalmente determinada por la degradación de origen biológico y está íntimamente relacionada con la tasa o cinética de degradación. La tasa de degradación varía con la estructura molecular de cada plaguicida, y también está influenciada por factores tales como: la

concentración del plaguicida, temperatura, contenido de agua del suelo, pH, nivel de oxígeno del suelo, uso anterior del plaguicida, fertilidad del suelo y poblaciones microbianas (Comfort et al, 1994, Hiltbold, 1974; Pons and Barriuso, 1998). En general puede establecerse que los factores más importantes que controlan la degradación y por tanto la persistencia, varían drásticamente con la profundidad del perfil de suelo (Figura 3). Los horizontes más profundos poseen menor capacidad de degradación de los plaguicidas y por lo tanto la persistencia de los mismos suele incrementarse en gran medida con la profundidad (Barriuso, 2000).

La retención y degradación de un plaguicida en el suelo son fenómenos relacionados que condicionan su potencialidad de contaminación del agua subterránea. Por tanto, ambos procesos deben integrarse para poder interpretar mejor las observaciones globales sobre el estado de contaminación del agua (Barriuso, 2000; Gustafson, 1989).

Los suelos poseen la capacidad de inactivar contaminantes a través de procesos de adsorción y degradación. Esta capacidad es limitada dependiendo de las propiedades físicas y químicas del perfil y de las condiciones imperantes (Hang et al. 2002). El carbono orgánico (CO) es una de las principales características del suelo para estimar el nivel de adsorción de un herbicida. Uno de los principales efectos de la SD está referido a los aumentos en los contenidos de materia orgánica (MO) y su redistribución en la capa superficial del suelo; observándose una mayor concentración en los 0-5 cm (Needelman et al. 1999; Quiroga et al. 1996). Goss (1992) estableció que la materia orgánica del suelo es la característica edáfica que más influye sobre el movimiento de los plaguicidas. La distribución en profundidad de la materia orgánica del suelo por lo general indica la zona en la cual los herbicidas son más fuertemente adsorbidos (Sonon 1992). Por tal razón, los herbicidas por lo general se adsorben más fuertemente a las capas superficiales del suelo. Los horizontes del suelo más profundos contienen menos materia orgánica y poblaciones microbianas, y por lo tanto los herbicidas son menos adsorbidos o degradados (Comfort, 1994; Skipper et al., 1996).

1.2.1. Persistencia o residualidad de herbicidas

La **persistencia** o **residualidad** de un herbicida en el suelo puede definirse como el período o longitud de tiempo durante el que permanece en forma activa. La persistencia posee particular importancia debido a que determina el período de tiempo en que pueden esperarse efectos fitotóxicos. Además, la persistencia también tiene influencia en el riesgo de movimiento de los herbicidas hacia el agua subterránea y su potencial contaminación. Los herbicidas se aplican para controlar malezas en cultivos o barbechos, siendo deseable que desarrollen su acción durante los períodos requeridos, no debiendo persistir en el suelo de manera que afecten el crecimiento de cultivos subsecuentes. Cualquier factor que afecte la desaparición o descomposición de un herbicida afecta su persistencia. Varios factores inciden en la longitud del tiempo que persisten los herbicidas. La mayoría de los factores entran dentro de tres categorías que interactúan fuertemente entre sí: **factores del suelo, condiciones climáticas y propiedades del herbicida**.

Al hablar de persistencia, debemos establecer algunos conceptos para facilitar la comprensión de esta problemática. En primer lugar, se debe diferenciar la **persistencia química** de la **biopersistencia**, que aquí llamaremos **residualidad**. La **persistencia química** indica el período de tiempo durante el cual un herbicida puede detectarse mediante determinadas metodologías químicas (principalmente cromatografía), mientras que la **biopersistencia** o **residualidad** comprende el período de tiempo durante el que las plantas u otros organismos detectan el plaguicida produciéndose cambios apreciables en su crecimiento, desarrollo o metabolismo. La residualidad es por lo tanto un valor variable según el organismo o especie que se tenga en cuenta, lo cual es producto de la distinta selectividad que posee cada especie respecto de un herbicida determinado.

Los herbicidas difieren en su potencial para persistir en el suelo. Algunos ejemplos de familias de herbicidas que presentan miembros persistentes incluyen las Triazinas, Triazolinonas, Uracilos, Fenilureas, Dinitroanilinas, Sulfonilureas, Imidazolinonas y Hormonales (Tabla 1).

Tabla 1. Familias de herbicidas que presentan miembros potencialmente persistentes.

Triazinas	Triazinonas	Uracilos	Fenilureas	Dinitroanilinas	Sulfonilureas	Imidazolinonas	Hormonales
atrazina	metribuzin	bromacil	diuron	dinitramina	clorimuron	imazamox	clopiralid
simazina		terbacil		pendimetalin	metsulfuron	imazapir	picloram
				trifluralina	nicosulfuron	imazaquin	triclopir
					primisulfuron	imazetapir	
					prosulfuron	imazapic	
					triasulfuron		

1.2.1.1. Factores que afectan la residualidad de los herbicidas

1) Factores del suelo

Los factores del suelo que afectan la residualidad de los herbicidas incluyen tres categorías: **física, química y microbiana**. Entre los factores físicos se destaca la **composición del suelo**, la cual está determinada por las cantidades relativas de arena, limo y arcilla (textura del suelo), así como por el contenido de materia orgánica del suelo. La **composición del suelo** afecta la actividad herbicida y la persistencia a través de la adsorción, lixiviación y volatilización. Generalmente los suelos con mayor contenido de arcillas y/o materia orgánica poseen mayor potencial para retener a los herbicidas a las partículas del mismo, por lo cual menor cantidad de herbicida estará disponible en la solución del suelo para ser absorbida por las plantas. En general, los suelos con textura fina a media con un contenido de materia orgánica de 3 % o mayor, poseen el mayor potencial para retener herbicidas, mientras que los suelos con textura gruesa a media y con un contenido de materia orgánica menor de 3 %, poseen menor capacidad para retener herbicidas y por lo tanto mayor es la probabilidad de que se produzcan problemas de residualidad. De todas maneras, debe tenerse en cuenta que cuando las condiciones son las adecuadas, los problemas de residualidad pueden manifestarse en cualquier tipo de suelo.

Las propiedades químicas del suelo incluyen principalmente el pH, aunque en la literatura también se menciona la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el contenido de nutrientes. El **pH del suelo** puede influir en la persistencia de algunos herbicidas, especialmente en las Triazinas y Sulfonilureas. La degradación química y microbiana de los herbicidas es por lo general más lenta a pH del suelo elevados. En particular, la tasa de degradación química de las Triazinas y Sulfonilureas disminuye cuando el pH aumenta, especialmente por encima de 7.0. Asimismo, en suelos con pH elevados, menores concentraciones de estos herbicidas se ligan o adsorben a las partículas del suelo, estando por lo tanto más disponibles para la absorción de las plantas. Entonces en suelos con pH elevado, las Triazinas y Sulfonilureas persisten más tiempo y están más disponibles para las plantas. Un pH bajo puede afectar también la persistencia de las Triazinas y Sulfonilureas. En tal sentido, niveles de pH inferiores a 6.0 permiten una más rápida disipación de estos herbicidas. En suelos ácidos, herbicidas como Atrazina se ligan a las partículas del suelo, volviéndose no disponible para el control de malezas, pero a la vez son degradados químicamente más rápidamente. Por el contrario, un pH del suelo bajo incrementa la persistencia de Imidazolinonas como Imazaquin e Imazetapir. Cuando el pH cae por debajo de 6.0, Imazaquin e Imazetapir se ligan o adsorben fuertemente a las partículas del suelo. La adsorción de estos herbicidas reduce su disponibilidad para los microorganismos del suelo que son su mecanismo primario de degradación.

Los aspectos microbianos del ambiente edáfico influyen sobre el tipo y abundancia de los microorganismos presentes. Los procesos de degradación realizados por los microorganismos son posiblemente los más importantes en descomponer los herbicidas. Los tipos de microorganismos (hongos, bacterias, protozoos, etc.) y su número relativo, determinan cuán rápidamente ocurre la descomposición. Los microorganismos requieren ciertas condiciones ambientales para alcanzar un óptimo crecimiento y utilización de los plaguicidas. Entre los factores que afectan la actividad microbiana se cuentan la humedad, temperatura, pH, oxígeno y suministro de nutrientes. Usualmente un suelo cálido, bien aireado, fértil con un pH neutro es el más favorable para el crecimiento microbiano y por lo tanto para la degradación del herbicida.

2) Factores climáticos

Las variables climáticas involucradas en la degradación de los herbicidas son la **humedad**, la **temperatura** y la **luz solar**. La degradación por lo general se incrementa cuando aumentan la temperatura y humedad, debido a que tanto las tasas de degradación química como microbiana se incrementan con mayores niveles de temperatura y humedad. Condiciones frías y secas disminuyen o retardan la degradación de los herbicidas. Los problemas de residualidad son siempre mayores los años siguientes a sequías. Sin embargo, si las condiciones del invierno y primavera son húmedas y moderadas luego de un verano seco, disminuye la probabilidad de residualidad de un herbicida.

La luz solar algunas veces es un factor de cierta importancia en la degradación del herbicida. La fotodescomposición o degradación catalizada por la luz solar (fotólisis) ha sido reportada para varios herbicidas que se encuentran principalmente en solución líquida (agua por ejemplo) o sobre la superficie de las hojas. Sin embargo, para la mayoría de los herbicidas más persistentes en el suelo, una vez que toman contacto con el mismo, las pérdidas debidas a fotólisis son pequeñas. La familia de las Dinitroanilinas (Trifluralina, Pendimetalín, Diniramina) constituye una excepción, ya que pueden perderse si quedan sobre la superficie del suelo sin ser incorporados al mismo mecánicamente o por la lluvia dentro de un período de tiempo variable según el producto, siendo la fotodescomposición más rápida en días muy soleados. La sensibilidad a la luz solar, así como pérdidas a través de volatilización son las razones primarias para incorporar las Dinitroanilinas al momento de la aplicación.

3) Propiedades del herbicida

Las principales propiedades del herbicida que influyen sobre su persistencia son la **solubilidad en agua**, la **adsorción al suelo**, la **presión de vapor** y la **susceptibilidad de la molécula** a la alteración o degradación química o microbiana. La **solubilidad en agua** de un herbicida indica su potencialidad para lixiviar. La lixiviación es uno de los mecanismos que interviene en la disipación de los herbicidas y puede ocurrir cuando un herbicida está disuelto en agua y se mueve hacia abajo a través del perfil de suelo. Los herbicidas que poseen alto potencial de lixiviación podrían ser trasladados fuera de la zona de acción y alcanzar la zona radical y posteriormente el agua subterránea. La lixiviación no sólo es determinada por la solubilidad del herbicida sino que también intervienen otros factores como la adsorción al suelo, propiedades físicas del suelo, frecuencia e intensidad de las lluvias, concentración del herbicida y momento de aplicación del herbicida. En general, los herbicidas que son menos solubles en agua y son fuertemente atraídos por las partículas del suelo poseen menor probabilidad de lixiviar, especialmente en años secos.

La **presión de vapor** de un herbicida determina su volatilidad. La volatilización es el proceso por el cual un herbicida cambia su estado de líquido o sólido a gaseoso. Los herbicidas que tienen elevada presión de vapor generalmente disipan más rápidamente que los herbicidas con menor presión de vapor. La volatilización se incrementa con el aumento de la temperatura y humedad. La mayoría de los herbicidas son relativamente no volátiles bajo condiciones normales a campo. Los herbicidas más volátiles por lo general deben ser incorporados al suelo para impedir pérdidas en forma de gas. Ejemplos de herbicidas volátiles pueden encontrarse en el grupo de los Tiocarbamatos (EPTC y Butilato), o Dinitroanilinas (Trifluralina, Diniramina).

La **estructura química** del herbicida determinará como se degradará en el suelo. Algunos herbicidas son rápidamente descompuestos por los microorganismos si se encuentran en el suelo las especies y cantidades adecuadas y si las condiciones ambientales son favorables para su crecimiento. La estructura química de 2,4-D por ejemplo, permite una rápida descomposición microbiana hacia metabolitos inactivos, mientras que la de Atrazina es más difícil de atacar por los microorganismos y por lo tanto su degradación es más lenta.

Varios herbicidas son degradados a través de reacciones químicas. La descomposición química, y por lo tanto su tasa, depende no sólo de la estructura del herbicida, sino también de los factores edáficos y climáticos. La degradación química de un herbicida involucra reacciones tales como hidrólisis, reducción y oxidación. En tal caso se cuentan varios miembros de la familia de las Sulfonilureas, que son degradados tanto por hidrólisis química como por distintos procesos microbianos.

Debe recordarse que tanto para las Sulfonilureas como para las Triazinas, la tasa de hidrólisis química depende del pH del suelo. Varias familias de herbicidas son degradados tanto por reacciones químicas como microbianas, mientras que otros son primariamente degradados por microorganismos.

A modo de resumen, en la Tabla 2 se presentan cuáles son las condiciones más relevantes que incrementan la residualidad de algunas de las familias de herbicidas más residuales.

Tabla 2. Condiciones del suelo y climáticas, en orden de importancia, que incrementan la residualidad de algunas familias de herbicidas.

Importancia	Sulfonilureas	Imidazolinonas	Triazinas	Dinitroanilinas
Muy alta	pH alto	baja lluvia	baja lluvia/temperatura	baja lluvia/temperatura
Importante	baja arcilla/materia orgánica	baja arcilla/materia orgánica	baja arcilla/materia orgánica	baja arcilla/materia orgánica
De cierta importancia	baja lluvia	pH bajo	pH alto	bajo o alto pH

1.3. Transporte de agua y solutos en el suelo

El movimiento del agua en el suelo es el principal mecanismo para la transferencia de contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas (Leeds-Harrison, 1995). En general el agua drena desde la zona radical principalmente debido al exceso de lluvias en invierno y en algunas áreas puede ocurrir debido a un exceso en los meses de verano. El agua es un solvente capaz de llevar cantidades significativas de materiales disueltos. En situaciones agrícolas los solutos más importantes son los nutrientes, principalmente compuestos nitrogenados, y los plaguicidas, los cuales pueden encontrarse o detectarse en los recursos de agua debido al escurrimiento y/o a la lixiviación tanto desde suelos agrícolas como de los no cultivados.

La física del agua en el suelo y el movimiento de solutos pueden utilizarse para determinar el comportamiento de estos materiales, aunque las interacciones fisicoquímicas del soluto con las superficies de las partículas podrán variar de acuerdo a la naturaleza del soluto así como de las superficies del sólido. Por ejemplo, los plaguicidas usualmente se particionan entre la superficie sólida y el agua, mientras que los nitratos están asociados casi completamente a la solución del suelo.

El suelo es un material poroso compuesto por partículas sólidas que tienen un tamaño variable (desde 1 μm hasta mas de 2000 μm) todas en una variedad de estados de estructuración, dependiendo parcialmente de su forma y del esfuerzo mecánico al cual se someta al suelo. Estos dos factores, textura y estructura, son importantes para el movimiento del agua y de los solutos debido a que determinan la distribución del tamaño de poros en el suelo de la cual depende la tasa de flujo (Leeds-Harrison, 1995).

El movimiento de solutos a través de la zona insaturada, también llamada vadosa, es particularmente importante en lo referente a la contaminación ambiental y agronómica (Costa et al., 1994). El mecanismo más simple de movimiento de solutos en el suelo es el transporte convectivo (convección) con el flujo del agua (Costa, 1995), razón por la cual debe conocerse cómo se mueve el agua a través del suelo.

Además de convección con el agua el transporte de solutos está sujeto a difusión y dispersión originados por los gradientes de concentración a través del perfil del suelo (Leeds-Harrison, 1995). La difusión de solutos a través de gradientes de concentración está descrita por la primera ley de Fick. La dispersión longitudinal ocurre en la dirección de movimiento debido a que el flujo ocurre a diferentes velocidades en los diferentes tamaños de poros para un potencial y una tortuosidad dado y la dispersión lateral ocurre debido a direcciones de flujo divergentes y convergentes a través del perfil de suelo. La distribución de solutos en el perfil de suelo es modificada por los gradientes de concentración lateral y longitudinal y por la ecuación de convección-dispersión combina los componentes de convección y

dispersión y tiene en cuenta la conservación de masa del soluto. Para el movimiento de solutos en una dimensión en la dirección x esta ecuación se puede escribir así:

$$\delta c / \delta t = D_a \delta^2 c / \delta x^2 - V_a \delta c / \delta x$$

El segundo término a la derecha utiliza el promedio de la velocidad del agua en los poros V_a , para describir el transporte convectivo en el suelo. El uso de la velocidad promedio del agua en los poros requiere una distribución del tamaño de poros normal y unimodal. El primer término del lado derecho combina la difusión de solutos en el agua del suelo y la dispersión de solutos que ocurre debido a la expansión del soluto dentro del perfil como resultado de las diferentes velocidades de flujo en poros de diferente tamaño. El término D_a se denomina coeficiente de dispersión hidrodinámica y tiene las mismas dimensiones que el coeficiente de difusión pero depende de la velocidad del agua en los poros. Cuando la velocidad del agua es cero, el coeficiente de dispersión hidrodinámica se reduce al coeficiente de difusión (Leeds-Harrison, 1995).

La ecuación de convección dispersión se utiliza para describir el flujo de solutos en columnas de suelo y es la base de varios modelos de flujo vertical de solutos (Wagenet y Hutson, 1989).

1.4. Modelos de transporte

La predicción del comportamiento de los pesticidas liberados en el ambiente es necesaria para anticipar, y por ende minimizar, impactos adversos fuera del punto de aplicación (Wagenet y Rao, 1990). Esto significa que debemos comprender qué le sucede a un pesticida que ha sido aplicado en el campo, y predecir su destino en el ambiente. Utilizando esta información, pueden estimarse los probables impactos adversos sobre el agua superficial o subterránea y/o sobre la salud humana.

Existen modelos con distinto nivel de complejidad para una variedad de aplicaciones. Sin embargo, una limitada disponibilidad de datos obtenidos de estudios a campo representa la principal limitante para evaluar la validez de estos modelos, a fin de que puedan utilizarse con confianza para los propósitos para los que fueron creados. Es evidente entonces, la necesidad de contar con bases de datos confiables para mejorar la estimación de los parámetros requeridos por el modelo y desarrollar criterios objetivos para validar la confiabilidad del mismo (Loague et al., 1988). Por tal razón, resulta de gran trascendencia validar la capacidad predictiva de los modelos en situaciones locales con información generada in situ y no adaptada de estudios que involucran diferentes suelos o condiciones, situación que suele ser frecuente en este tipo de trabajos.

2. Atrazina: comportamiento ambiental

2.1 . Propiedades y usos

Atrazina (6-cloro-N-etil-N'-(1-metiletil)-1,3,5-triazina-2,4-diamina) es uno de los herbicidas más utilizados a nivel mundial para el control de malezas. Fue descubierto por Ciba Geigy Limited (Basilea, Suiza), y registrado comercialmente en 1958. En Argentina se registró en la década del 60, aplicándose en forma extensiva en el cultivo de maíz, caña de azúcar y sorgo granífero para el control de malezas principalmente latifoliadas y de algunas gramíneas (Pórfido, 2005).

Atrazina es un herbicida perteneciente al grupo de las Triazinas (Figura 4) que actúa a nivel del fotosistema II en el proceso de fotosíntesis en las plantas susceptibles. Este herbicida es débilmente básico y puede ser fácilmente protonado sobre el nitrógeno de su anillo heterocíclico a niveles de pH por debajo de su pKa de 1.68, característica que aumenta su posibilidad de adsorción a los coloides reduciendo su persistencia en el suelo cuando disminuye el pH (Moorman y Keller, 1996).

En la Tabla 3 se presentan las principales propiedades de interés ambiental de Atrazina.

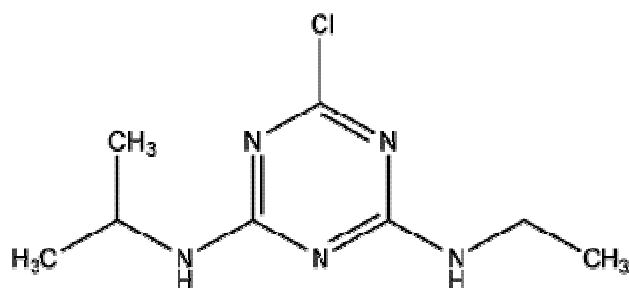


Figura 4. Estructura molecular de Atrazina.

Tabla 3. Propiedades químicas y físicas de Atrazina (Vencill, 2002).

Peso molecular (g mol ⁻¹)	Densidad ^a (g mL ⁻¹)	Presión de vapor ^b (mm Hg)	Solubilidad en agua ^c (mg L ⁻¹)	pKa ^d	Vida media (días)	Koc ^e (mL g ⁻¹)
215.7	0.363	2.9 x10 ⁻⁷	33	1.68	60	100

^a a 20°C, ^b a 25°C, ^c a 22°C, ^d a 21°C, ^e coeficiente de partición en carbono orgánico

La persistencia de Atrazina en el suelo en las dosis recomendadas puede ser elevada. Smith y Walker (1989), reportaron que para un suelo de textura arcillosa con 4.2% de materia orgánica e igual humedad la persistencia varió de 206 días a 5°C hasta 44 días a 30°C. Resultados coincidentes se obtuvieron en otros tipos de suelos bajo condiciones de humedad y temperatura similares (Walker y Zimdahl, 1981). Delmonte et al (1997) determinaron para Argentina, que la persistencia en un suelo de Balcarce (% MO = 5.7) y San Cayetano (% MO = 3.8) fue de 143 y 221 días respectivamente para una dosis de 2.0 kg ia/ha.

2.2. Riesgos para la salud humana y propiedades toxicológicas

Atrazina presenta una Dosis Letal Media oral aguda (DL50) en ratas de 3090 mg (grado técnico) kg⁻¹, mientras que la DL50 dermal en conejos es superior a 3100 mg kg⁻¹ (Vencill, 2002). Según los valores de dosis de referencia de la EPA, un individuo de 70 kg de peso podría consumir diariamente 0.005 mg kg⁻¹ (5 ppb) de Atrazina sin riesgo apreciable de efectos deletéreos. Si bien no hay evidencias en humanos, existe una evidencia limitada en animales, por lo que la EPA califica a Atrazina como “posible carcinógeno humano” (categoría C). Para el caso del agua, el Consejo de Salud (HA), se establece para un adulto de 70 kg de peso con una ingesta diaria de 2 L de agua, que la misma puede contener hasta 0.003 mg L⁻¹ (3 ppb) (Funari, 1995).

2.3. Contaminación del agua subterránea

Los herbicidas representan la principal clase de plaguicidas responsable de la contaminación del agua subterránea (Funari et al., 1995). Esto se debe a que a) son los plaguicidas más utilizados (44% del mercado total mundial), b) en general presentan mayor solubilidad en agua y menor Koc (coeficiente de partición en carbono orgánico) que el resto de los plaguicidas, c) la mayor parte de ellos se aplican al suelo o en momentos de baja cobertura del mismo, coincidentemente con la época de mayor ocurrencia de lluvias, y d) en general presentan elevada persistencia en el suelo. Por tal razón, no es sorprendente, por ejemplo, que el 76% de los plaguicidas detectados en el agua en Alemania sean herbicidas. De los 32 pesticidas más reportados a nivel mundial como presentes en el agua subterránea, 22 son herbicidas, siendo Atrazina, además de uno de los 10 herbicidas más utilizados en el mundo en los últimos 10 años, uno de los más reportados (Funari et al., 1995) y estudiados (Flury, 1996).

La exposición humana a los plaguicidas a través del agua potable es generalmente continua en el caso del agua subterránea y estacional en el caso del agua superficial. Las implicancias que estas formas de exposición presentan en la salud humana pueden evaluarse a través de procedimientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA). La OMS ha definido valores orientativos para diversos plaguicidas (GL) referidos a la

exposición durante el período de vida. Por su parte la EPA, ha establecido los “Consejos de Salud” (HA, Health Advisory) para diversos plaguicidas durante períodos específicos de exposición (Funari, 1995).

La referencia a la presencia de Atrazina en el agua subterránea es frecuente (Flury, 1996; Kolpin et al. 1997; Pasquarell y Boyer, 1996; USEPA, 1990). Según la recopilación exhaustiva de Funari et al (1995), Atrazina muestra el mayor grado de frecuencia de contaminación de aguas subterráneas por herbicidas (38%), presentando niveles de contaminación altamente variables desde 0.1 a 27 $\mu\text{g L}^{-1}$, siendo detectado no sólo el compuesto parental, sino también la presencia de sus metabolitos, especialmente DietilAtrazina y DeisopropilAtrazina (Burkart y Kolpin, 1993 ; Kolpin et al., 1995; Kolpin et al., 1997; USEPA, 1990), si bien a concentraciones que no pueden ser calificadas desde el punto de vista toxicológico por ausencia de definición de sus niveles máximos permisibles.

En un reciente trabajo (de Guzmán et al. 2005), conducido durante 7 años en 175 lugares de 7 estados de Estados Unidos, Atrazina fue detectada en más del 36% del total de muestras analizadas así como varios de sus metabolitos de degradación.

3. Resultados de experimentos regionales

3.1. Adsorción

a) Atrazina y Metribuzin en 3 suelos y 4 capas de suelo

Extractado del trabajo:

-Daniel, P.E., Bedmar, F., Costa, J.L., and Aparicio, V.C. 2002. Atrazine and metribuzin sorption in soils of the Argentinean humid pampas. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21: 2567-2572.

Se realizaron estudios de laboratorio para determinar la influencia de las propiedades de capas superficiales y subsuperficiales de 3 suelos del sud-sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) sobre la adsorción de Atrazina y Metribuzin. A tal fin, se realizaron las isotermas de adsorción de los herbicidas para cada suelo y 4 profundidades en incrementos de 10 cm hasta los 40 cm. Los suelos y sus propiedades se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de los suelos utilizados para los experimentos de adsorción.

Suelo	Prof. cm	pH	C.I.C. cmol kg ⁻¹	Carbono orgánico %	Tamaño de partícula		
					Arcilla	Limo %	Arena
Balcarce	0-10	5.57	27.63	3.88	28.96	38.34	32.80
	10-20	5.57	25.73	3.77	29.53	37.60	32.87
	20-30	5.80	25.90	2.54	30.20	33.83	35.97
	30-40	6.13	23.57	1.76	34.84	29.76	35.40
Tres Arroyos	0-10	5.97	22.20	2.45	27.99	31.47	40.55
	10-20	5.80	23.60	2.01	29.56	34.51	35.94
	20-30	6.03	23.67	1.37	35.32	26.65	38.03
	30-40	6.47	25.70	0.92	39.26	24.62	36.13
Dorrego	0-10	7.02	24.30	1.92	21.26	38.29	40.45
	10-20	7.45	22.90	1.68	20.07	36.36	43.56
	20-30	7.21	26.40	1.36	24.66	34.68	40.66
	30-40	6.95	23.90	1.00	28.10	32.05	39.85

La adsorción de los herbicidas se estimó a través de la constante de Freundlich (K_f), el coeficiente de distribución (K_d), y el K_d normalizado basado en el contenido de carbono orgánico (K_{oc}). Estudios de regresión múltiple de las constantes de adsorción respecto de las propiedades del suelo indicaron que el contenido de carbono orgánico (CO) y el limo estuvieron relacionados al coeficiente K_f de Atrazina ($r^2 = 0.93$), mientras que el coeficiente K_d de Atrazina se relacionó con CO, limo y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) ($r^2 = 0.96$). Para Metribuzin, solamente el CO se relacionó con

el coeficiente K_f ($r^2 = 0.51$). Para todos los suelos, se obtuvieron menores valores de K_f para Atrazina al incrementarse la profundidad, indicando una menor adsorción a mayores profundidades. La adsorción de Metribuzin fue bastante similar a través de todas las profundidades. La constante de adsorción K_f de Atrazina osciló entre 2.06 y 7.82, mientras que para Metribuzin varió entre 1.8 y 3.52, siendo menores que Atrazina para todos los suelos y profundidades, indicando de esta manera mayor potencialidad de lixiviación a través del perfil de suelo.

b) Atrazina y sus metabolitos en 3 suelos bajo SD y LC

Extractado del trabajo:

Montoya, JC, Costa, JL, Bedmar, F, & Daniel, P. En Prensa. EFFECTS OF SOIL TYPE AND TILLAGE PRACTICE ON ATRAZINE TRANSPORT THROUGH INTACT SOIL CORES. **GEODERMA**.

Se estudió la adsorción de Atrazina y 3 de sus metabolitos de degradación en suelos de Balcarce (Bal), Cnel. Dorrego (Dor) and Tres Arroyos (TA), bajo dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) (Tabla 1). Se ensayaron los metabolitos desethylatrazine (DEA), desisopropylatrazine (DIA) e hydroxyatrazine (HA). El coeficiente no lineal de adsorción de Freundlich (K_f) fue el más apropiado para describir las isotermas de adsorción. Los valores de K_f disminuyeron en el siguiente orden: HA>atrazina>DIA>DEA. La adsorción de todos los compuestos estudiados se atribuyó principalmente al contenido de carbono orgánico del suelo (CO). Sin embargo, para HA, Atrazina y DEA, la contribución de la fracción mineral del suelo al proceso de sorción fue importante en los suelos de Dor y TA, en donde los contenidos de CO fueron de bajos a moderados. El sistema de SD tuvo similar o superior retención que para LC. Estos resultados indicaron que bajo condiciones de equilibrio se podría reducir el movimiento de Atrazina y sus metabolitos.

Tabla 1. Distribución del tamaño de partículas, carbono orgánico (CO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) capacity (CEC) at 0-15 cm layers each soil and tillage system combination.

Soil	Till	Particle size			OC	pH	CEC
		Sand	Silt	Clay			
		%			g kg ⁻¹	mmol _c Kg ⁻¹	
Bal	CT	34.5(2.16) ^a	36.8(0.97)	28.6(3.10)	36.40 (0.693)	6.1(0.31)	32.4(1.95)
Bal	NT	35.3(1.65)	36.0(1.55)	28.6(1.41)	34.53 (3.000)	5.5(0.15)	30.7(1.28)
TA	CT	25.5(3.06)	42.5(1.20)	32.0(4.19)	27.07 (1.626)	6.0(0.21)	31.5(1.84)
TA	NT	24.0(2.49)	44.6(1.33)	31.3(2.27)	30.57 (1.547)	6.0(0.15)	30.1(2.08)
Dor	CT	40.9(3.95)	36.3(2.41)	22.7(1.55)	16.40 (0.000)	6.0(0.28)	23.4(5.28)
Dor	NT	34.6(2.50)	38.3(0.59)	27.2(1.93)	18.27 (2.200)	6.5(0.67)	25.4(3.04)

^aNúmeros entre paréntesis son los desvíos estandar para 3 repeticiones.

c) Atrazina y S-Metolacloro en 3 horizontes de 2 suelos:

1) Adsorción de Atrazina en horizontes superficiales y subsuperficiales de dos suelos

Extractado de la tesis de doctorado:

Francisco Bedmar. Persistencia, adsorción y transporte de los herbicidas atrazina, s-metolacloro y acetoclor en dos suelos superficiales y sub-superficiales de la provincia de Buenos Aires.

El objetivo del trabajo fue estudiar la adsorción de atrazina, en tres horizontes de dos suelos de la provincia de Buenos Aires. Se ensayaron los suelos de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA) ubicados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires bajo siembra directa. Se obtuvieron muestras de

suelo de los horizontes A, B y C, cuyas propiedades se presentan en la Tabla 1, dividiéndose el horizonte A en dos capas: 0-5 cm (A₀) y 5 cm-fin del horizonte (A₁). Se realizaron isotermas de adsorción de atrazina mediante el método de equilibrio por tanda. Las concentraciones utilizadas fueron: 0.1, 0.5, 2.0, 5.0, 10.0 y 20.0 mg L⁻¹, incluyéndose un testigo con 0 mg L⁻¹. Las cuantificaciones se realizaron mediante HPLC. La adsorción se caracterizó mediante la isoterma no lineal de Freundlich (Kf) y la isoterma lineal (Kd). Se determinó que la ecuación de adsorción lineal presentó en general el mejor ajuste de los datos. Se detectó interacción (p<0.05) para el coeficiente de adsorción lineal (Kd), entre los suelos y los horizontes estudiados. La adsorción de atrazina fue significativamente mayor en la primera capa (A₀) del horizonte A del suelo de GA respecto del resto de los horizontes de ambos suelos, mientras que la menor adsorción ocurrió en el horizonte C de los dos suelos. Tanto en GA como en TA se observó que el grado de adsorción disminuyó con el incremento de la profundidad de los horizontes (Tabla 2). La adsorción de atrazina se correlacionó en forma altamente significativa y positiva (p<0.01) con el contenido de CO e inversamente con el pH de los suelos. También se encontró correlación (p<0.05) positiva con la capacidad de intercambio catiónico. El análisis de regresión múltiple (stepwise), indicó que el Kd se relacionó positivamente con el contenido de CO y negativamente con el pH y el contenido de arcilla de los suelos. Según los resultados obtenidos, se concluye que el contenido de CO de los suelos principalmente, y el pH, fueron las propiedades del suelo que explicaron en mayor medida la adsorción de atrazina.

Tabla 1. Profundidad, contenido de carbono orgánico (CO), pH, distribución del tamaño de partículas y capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los horizontes A, B y C de los suelos de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA).

Suelo	Horizonte	Profundidad cm	CO %	pH	Arena	Limo %	Arcilla	CIC mmol _c kg ⁻¹
GA	A ₀	0-5	4.4 (0.3) ^a	5.8 (0.1)	31.6 (9.8)	44.8 (5.9)	23.6 (4.3)	29.9 (1.0)
	A ₁	5-41	3.1 (0.6)	5.9 (0.2)	33.4 (12.0)	40.2 (4.2)	26.4 (8.5)	27.4 (0.8)
	B	41-81	1.3 (0.3)	6.7 (0.3)	31.9 (11.8)	37.2 (11.8)	30.9 (8.7)	29.5 (7.1)
	C	> 81	0.2 (0.2)	7.3 (1.1)	43.9 (5.0)	40.2 (8.2)	15.9 (5.4)	19.5 (0.6)
TA	A ₀	0-5	2.0 (0.1)	5.5 (0.0)	47.0 (1.2)	35.9 (0.6)	17.1 (0.8)	17.8 (1.6)
	A ₁	5-26	1.7 (0.0)	5.7 (0.2)	45.2 (0.6)	35.9 (1.0)	18.9 (1.5)	19.1 (0.9)
	B	26-51	1.2 (0.1)	6.1 (0.1)	43.2 (0.4)	32.9 (1.4)	23.9 (1.2)	20.3 (1.1)
	C	>51	0.3 (0.2)	6.4 (0.0)	49.4 (1.9)	34.1 (1.5)	16.5 (1.5)	17.5 (0.9)

^a entre paréntesis desvío estándar

Tabla 2. Parámetros de adsorción lineal y de Freundlich de atrazina para los horizontes A, B y C de los suelos de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA).

Suelo	Horizonte	Isoterma lineal ^a			Isoterma de Freundlich ^b		
		Kd ^c	R ²	Koc ^d	Kf ^e	1/n ^f	R ²
GA	A ₀	9.73 (9.29-10.18) A ^g	0.993	225	11.76 (10.33-13.91)	0.90 (0.82-0.98)	0.997
	A ₁	8.75 (8.14-9.35) B	0.983	293	12.34 (10.95-13.73)	0.83 (0.75-0.91)	0.996
	B	5.36 (4.68-6.03) CD	0.986	409	5.64 (4.53-6.74)	0.98 (0.83-1.13)	0.993
	C	4.21 (3.92-4.50) D	0.983	2620	5.55 (4.87-6.23)	0.88 (0.76-1.00)	0.994
TA	A ₀	8.19 (7.68-8.70) B	0.986	414	8.39 (7.36-9.41)	0.99 (0.91-1.07)	0.993
	A ₁	6.48 (6.23-6.74) C	0.995	383	8.46 (7.26-9.66)	0.88 (0.78-0.98)	0.999
	B	5.61 (5.36-5.87) C	0.993	460	6.20 (5.09-7.31)	0.96 (0.82-1.09)	0.997
	C	4.62 (4.20-5.03) D	0.973	3645	4.85 (3.57-6.12)	0.98 (0.70-1.25)	0.986

^{a-b} los números entre paréntesis indican los intervalos de confianza al 95%; ^c Coeficiente lineal de adsorción; ^d Kd normalizado por el carbono orgánico; ^e Coeficiente de adsorción de Freundlich; ^f Exponente de la ecuación de Freundlich; ^g promedios dentro de la columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente p>0.05).

2) Adsorción de S-Metolacoloro en horizontes superficiales y subsuperficiales de dos suelos

Extractado de la tesis de doctorado:

Francisco Bedmar. Persistencia, adsorción y transporte de los herbicidas atrazina, s-metolacoloro y acetoclor en dos suelos superficiales y sub-superficiales de la provincia de Buenos Aires.

El objetivo del trabajo fue estudiar la adsorción de s-metolacoloro, en tres horizontes de dos suelos de la provincia de Buenos Aires. Los ensayos se realizaron sobre suelos de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA) ubicados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires bajo siembra directa. Se obtuvieron muestras de suelo de los horizontes A, B y C, cuyas propiedades se presentan en la Tabla 1 del trabajo anterior, dividiéndose el horizonte A en dos capas: 0-5 cm (A₀) y 5 cm-fin del horizonte (A₁). El contenido de carbono orgánico (CO) de los horizontes A₀, A₁, B y C fue para GA de 4.4, 3.1, 1.3 y 0.2% y para TA de 2.0, 1.7, 1.2 y 0.3% respectivamente. Se realizaron isothermas de adsorción de s-metolacoloro mediante el método de equilibrio por tanda. Las concentraciones utilizadas fueron: 0, 0.1, 0.5, 2.0, 5.0, 10.0 y 20.0 mg L⁻¹, realizándose las cuantificaciones mediante HPLC. La adsorción de s-metolacoloro fue mejor descrita por la isoterma de Freundlich (K_f) respecto de la isoterma lineal (K_d). No se detectó efecto de interacción (p>0.05) para el coeficiente de adsorción de Freundlich (K_f), entre los suelos y los horizontes estudiados, pero sí efectos individuales de los suelos (p>0.05) y de los horizontes (p>0.01). En tal sentido, la adsorción de s-metolacoloro (Tabla 1), fue significativamente mayor en el suelo de GA, mientras que para ambos suelos la adsorción en la primera capa (A₀) del horizonte A fue significativamente superior respecto de los horizontes B y C. El K_f se correlacionó en forma altamente significativa y positiva (p<0.01) con el contenido de CO y la CIC e inversamente con el pH de los suelos, así como con el contenido de arcilla (p<0.05). El análisis de regresión múltiple (stepwise), indicó que el K_f sólo presentó relación positiva con el CO (R²= 0.64; K_f = 18.0 + 2.82 [CO]). El contenido de CO del suelo, fue el mejor descriptor de la adsorción de s-metolacoloro. Por tal motivo, el suelo de GA presentó mayor fuerza de adsorción que TA. Por su parte, la distribución de CO con la profundidad, determinó que la adsorción del herbicida fuera, para ambos suelos, superior en los horizontes superficiales respecto de los inferiores.

Tabla 1. Parámetros de adsorción lineal y de Freundlich de s-metolacoloro para los horizontes A, B y C de los suelos de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA).

Suelo	Horizonte	Isoterma lineal ^a			Isoterma de Freundlich ^b				
		K _d ^c	R ²	K _{oc} ^d	K _f ^e	1/n ^f	R ²	K _{foc} ^g	
GA	A ₀	23.5 (21.6-25.4)	0.978	548	29.2 (21.9-36.5)	0.83 (0.69-0.97)	0.980	664	
	A ₁	19.3 (17.6-21.0)	0.975	644	26.5 (18.6-34.3)	0.78 (0.62-0.94)	0.986	864	
	B	20.1 (18.6-21.6)	0.981	1556	26.0 (17.0-35.1)	0.82 (0.62-1.02)	0.989	1999	
	C	12.9 (11.9-13.9)	0.979	8259	16.5 (11.4-21.6)	0.86 (0.62-1.10)	0.984	9586	
TA	A ₀	17.6 (16.0-19.2)	0.971	895	24.9 (19.7-30.2)	0.77 (0.65-0.90)	0.987	1220	
	A ₁	16.5 (15.0-17.9)	0.974	981	24.9 (18.2-31.7)	0.74 (0.59-0.89)	0.992	1459	
	B	13.6 (12.4-14.8)	0.973	1121	21.2 (15.2-27.3)	0.74 (0.59-0.90)	0.987	1711	
	C	11.9 (11.0-12.7)	0.983	5803	17.1 (12.6-21.7)	0.80 (0.60-1.00)	0.995	8368	

^{a-b} los números entre paréntesis indican los intervalos de confianza al 95%; ^c Coeficiente lineal de adsorción; ^d K_d normalizado por el carbono orgánico; ^e Coeficiente de adsorción de Freundlich;

^f Exponente de la ecuación de Freundlich; ^g K_f normalizado por el carbono orgánico.

3.2. Persistencia

a) Residualidad de herbicidas sulfonilureas aplicados en barbechos destinados a siembra de girasol, soja o maíz

Objetivo: estudiar el efecto de la residualidad de Metsulfuron y Prosulfuron + Triasulfuron (Peak Pack) aplicados en barbecho de siembra directa de otoño para posterior siembra de girasol, soja y maíz.

Tratamientos:

1. Metsulfuron (60%) 7 g/ha + 0.2% tensioactivo
2. Metsulfuron (60%) 14 g/ha + 0.2% tensioactivo
3. Prosulfuron + Triasulfuron (Peak Pack) 10+10 g/ha + 0.2% tensioactivo

4. Prosulfuron + Triasulfuron (Peak Pack) 20+20 g/ha + 0.2% tensioactivo
5. Testigo

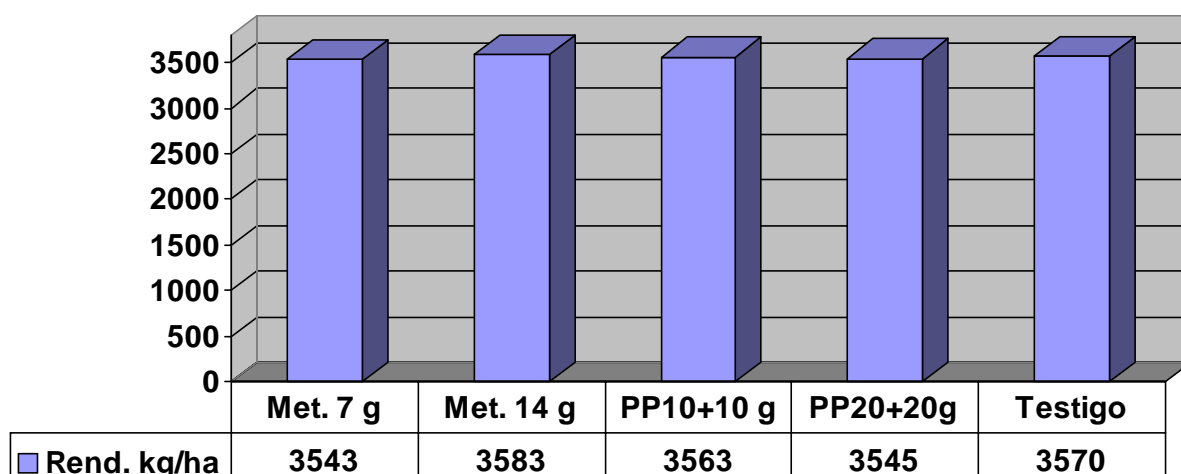
Datos del ensayo:

Lugar del ensayo: lote del establecimiento “Cinco Cerros” (Partido de Balcarce)
 Aplicación: 18 junio 2003
 Muestreos: 7-14-28-62-91-121-161 días desde la aplicación (DDA)
 Antecesor: soja de segunda sobre avena
 Sistema de labranza: siembra directa
 Rastrojo al momento de aplicación: 8864 kg/ha, 99 % cobertura
 Trabajos realizados: a) Ensayo a campo, y b) Bioensayo con soja, girasol y maíz (altura y peso seco)
 Fecha de siembra de soja a campo: 29/10/03
 Datos soja: A-4423; distancia entre líneas 52 cm; 2 aplicaciones de Glifosato

Resultados:

a.1.) Ensayo de soja a campo:

No se encontraron diferencias significativas de rendimiento entre los tratamientos químicos y el testigo sin herbicida residual (Figura 1). Actualmente están en etapa de análisis los componentes del rendimiento de los tratamientos y otras variables del cultivo.



Referencias: Met. = Metsulfuron; PP = Peak Pack (Prosulfuron + Triasulfuron)

Figura 1. Efecto de tratamientos de Metsulfuron y Prosulfuron + Triasulfuron aplicados en barbecho de siembra directa sobre el rendimiento de soja de primera a campo.

a.2.) Bioensayo en cámara de crecimiento

En la Tabla 1 se presentan los resultados del ciclo 2003 y se comparan con los obtenidos el año anterior. Según los resultados de 2003, se puede establecer que la soja no fue afectada por la presencia de residuos de los herbicidas en ninguna de las fechas de muestreo. Para el caso del maíz, sólo Metsulfuron en dosis doble presentó un período de residualidad estimado entre 30-60 días desde la aplicación en otoño, mientras que el resto de los tratamientos resultó inocuo. Por último, el girasol fue el cultivo más afectado por la residualidad de los herbicidas, presentando mayores períodos de residualidad con Peak Pack (135-161 días dosis normal, y 145-161 días dosis doble) respecto de Metsulfuron (90-120 días dosis normal y doble).

Una de las posibles explicaciones de la reducción de los períodos de residualidad de 2003 respecto del año anterior, fue sin lugar a dudas la presencia de una mayor cobertura y volumen de rastrojo (2003: 8864 kg/ha y 99% cobertura; 2002: 5891 kg/ha y 80-85% de cobertura del suelo), lo cual habría incrementado la retención del herbicida y disminuido la concentración que posteriormente se

depositó en el suelo. Otros factores importantes, como las condiciones climáticas, están en etapa de análisis.

Tabla 1. Residualidad fitotóxica de Metsulfuron y Prosulfuron + Triasulfuron en girasol, soja y maíz.

Tratamiento	Dosis (g/ha)	Residualidad fitotóxica desde la aplicación (días)					
		Girasol		Soja		Maíz	
		2002	2003	2002	2003	2002	2003
Metsulfuron	7	166	90-120	7-14	0	30-60	0
	14	161-184	90-120	7-30	0	30-60	30-60
Prosulfuron+ Triasulfuron	10+10	146-164	135-161	0-7	0	0	0
	20+20	146-183	145-161	14	0	0-7	0

b) Ensayo de barbecho químico para determinar la residualidad de Metsulfuron y Atrazina sobre soja de primera

Objetivo: estudiar el efecto de la residualidad de Metsulfuron y Atrazina, aplicados en distintos momentos de barbecho de siembra directa de otoño para posterior siembra de soja.

Tratamientos:

Tratamiento *	Dosis/ha	Momento de aplicación**	Fecha de aplicación
Metsulfuron (60%)	8 g	133 DAS	18/6/2003
Metsulfuron (60%)	8 g	104 DAS	17/7/2003
Metsulfuron (60%)	8 g	71 DAS	19/8/2003
Metsulfuron (60%)	8 g	42 DAS	17/9/2003
Atrazina (50%)	4 L	133 DAS	18/6/2003
Atrazina (50%)	4 L	104 DAS	17/7/2003
Atrazina (50%)	4 L	71 DAS	19/8/2003
Imazapir (25%)	0.4 L	133 DAS	18/6/2003
Prosulfuron + Triasulfuron (Peak Pack)	10 + 10 g	133 DAS	18/6/2003
Testigo	-	-	-

* todos los tratamientos con sulfonilureas incluyeron 0.2% de tensioactivo;

** DAS: días antes de la siembra

Datos del ensayo:

Lugar del ensayo: lote del establecimiento "Cinco Cerros" (Partido de Balcarce)

Antecesor: soja de segunda sobre avena

Sistema de labranza: siembra directa

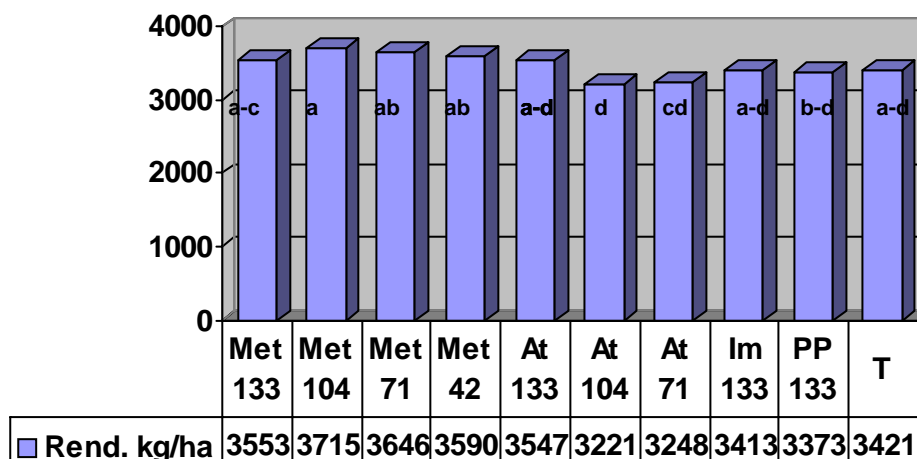
Rastrojo al momento de aplicación: 133 DAS = 8560 kg/ha; 104 DAS = 7587 kg/ha; 71 DAS = 6782 kg/ha; 42 DAS = 5977 kg/ha

Fecha de siembra de soja a campo: 29/10/03

Datos soja: A-4423; distancia entre líneas 52 cm; 2 aplicaciones de Glifosato

Resultados:

No se encontraron diferencias significativas de rendimiento entre el testigo sin herbicida residual y los tratamientos químicos. Sin embargo, observó una tendencia a disminuir el rendimiento cuando se aplicó Atrazina a los 71 y 104 días antes de la siembra (Figura 2). Al igual que en el ensayo anterior, actualmente están en etapa de análisis los componentes del rendimiento de los tratamientos y otras variables del cultivo.



Referencias: Met = Metsulfuron; At = Atrazina; Im = Imazapir; PP = Peak Pack (Prosulfuron + Triasulfuron); cifras debajo de los tratamientos herbicidas = días de aplicación antes de la siembra.

Figura 2. Efecto de tratamientos de Metsulfuron y Atrazina aplicados en distintos momentos de barbecho de siembra directa sobre el rendimiento de soja de primera a campo.

c) Ensayo de residualidad de Imazapir (Clearsol) (Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Valeria Gianelli, *Facultad de Ciencias Agrarias-UNMDP, C.C. 276, 7620 Balcarce*).

Objetivo: estudiar el efecto de la residualidad de Imazapir (Clearsol) aplicado durante el ciclo anterior en girasol CL, sobre maíz y girasol no CL sembrados en el ciclo siguiente.

Datos del ensayo:

Lugar de realización: EEA INTA Balcarce

Siembra girasol predecesor CL: 25 noviembre, 2002

Aplicación Clearsol: 20 diciembre, 2002

Tratamientos:

1. Testigo
2. Clearsol 333 cc/ha + coadyuvante
3. Clearsol 666 cc/ha + coadyuvante

Sistema de labranza: siembra convencional

Trabajos realizados: a) Ensayo a campo, y b) Bioensayo en cámara de crecimiento

Cultivar de girasol no CL y fecha de siembra: Dekasol 4040, 30 de octubre de 2003

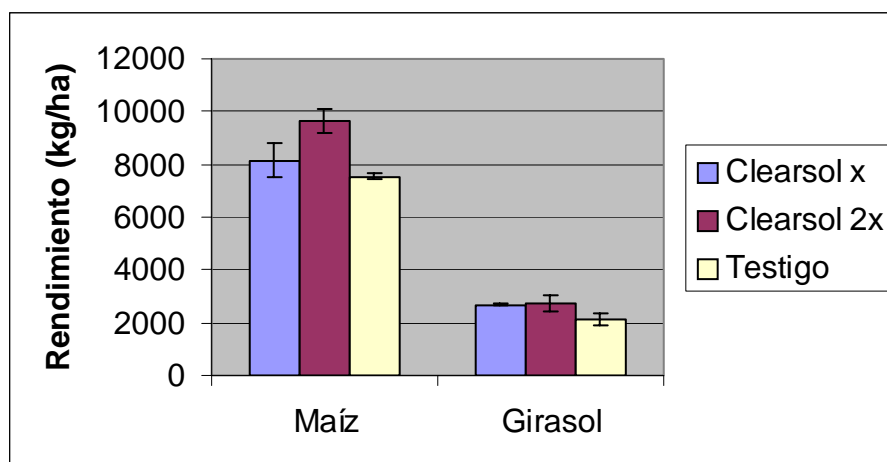
Cultivar de maíz no CL y fecha de siembra: Asgrow 160 MG, 23 de octubre de 2003

Resultados:

Se presentan los resultados del ensayo a campo.

c.1.) Ensayo a campo

Tanto en maíz como en girasol, los rendimientos de las parcelas aplicadas previamente con Clearsol fueron superiores al testigo sin Clearsol, indicando que no existieron efectos residuales de este herbicida sobre estos cultivos.



Referencias: las barras dentro de cada columna, indican el error estándar de la media

Figura 3. Rendimiento de Maíz y Girasol no Clearfield sembrados al año siguiente de aplicaciones de Clearsol (Imazapir) en dosis normal (x) y doble (2x).

b) Bioensayo

Si bien no se presentan los datos, puede comentarse que los resultados preliminares indican que no existió efecto residual de Clearsol, en ninguna de las dosis evaluadas, sobre el girasol y maíz sembrados en forma mensual desde la cosecha del girasol CL en abril de 2003 hasta octubre de 2003.

3.3. Transporte de herbicidas

a) Atrazina en columnas de suelo disturbadas del horizonte superficial

Extractado del trabajo:

Bedmar, F., Costa, J.L., Suero, E., and Jiménez, D. 2004. Transport of Atrazine and Metribuzin in Three Soils of the Humid Pampas of Argentina. *Weed Technology*. Volume 18:1–8.

El objetivo del trabajo fue estudiar el transporte vertical de los herbicidas Atrazina y Metribuzin, a través de suelos disturbados de tres localidades de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. A tal fin, se realizó una experiencia con columnas de suelo disturbadas del horizonte superficial (0-20 cm) de Balcarce, Necochea y Nueve de Julio cuyo contenido de materia orgánica fue 7.0, 5.8 y 3.3 % respectivamente. Todas las columnas recibieron un equivalente a 900 mm de lámina de agua bajo flujo no saturado. La cuantificación de los herbicidas en el lixiviado y el suelo, se realizó por medio de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa. Los resultados indicaron que la velocidad de transporte y la concentración de Metribuzin en el lixiviado de todos los suelos fue superior a Atrazina (Figura 1), comportamiento que se atribuye a la diferente afinidad con el carbono orgánico y solubilidad en agua. Por su parte la concentración de los herbicidas en el lixiviado del suelo de Balcarce fue inferior respecto de los otros suelos. En cuanto a la presencia de los herbicidas en el suelo, Atrazina presentó mayor concentración en los tres suelos que Metribuzin, situación inversa a lo observado en el lixiviado. Suelos con mayor contenido de materia orgánica como el de Balcarce, representaron un mayor impedimento para el transporte de Atrazina, concluyéndose que la adsorción a los coloides reguló el movimiento de los herbicidas.

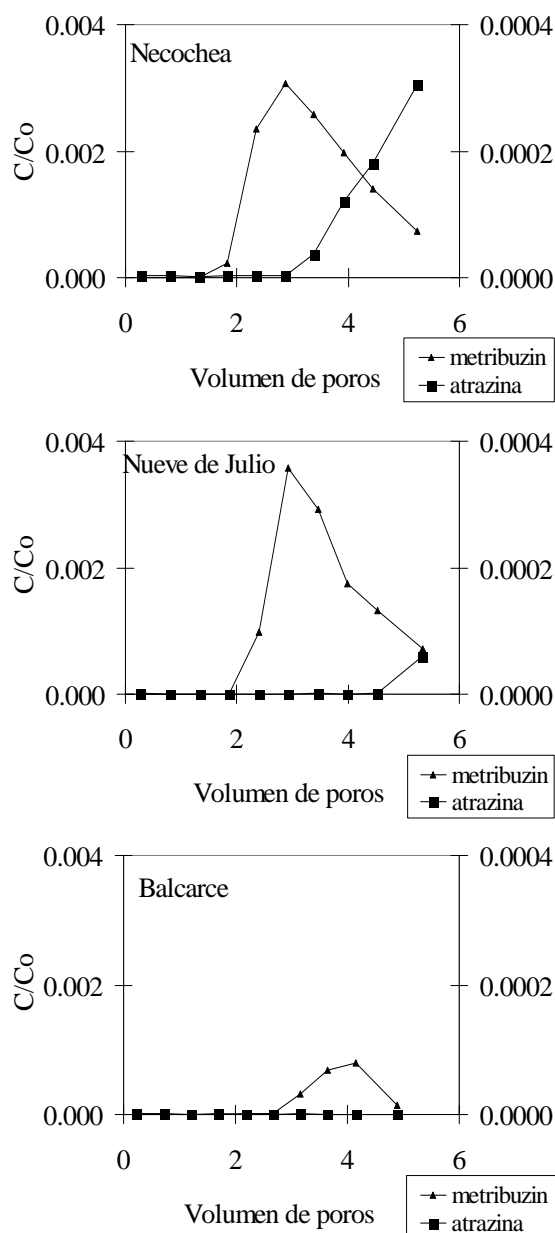


Figura 1. Curvas de paso de Metribuzín y Atrazina en suelos de Necochea, Nueve de Julio y Balcarce.

b) Atrazina en columnas de suelo no disturbadas de horizontes superficiales y subsuperficiales

Extractado de la tesis de doctorado:

Francisco Bedmar. Persistencia, adsorción y transporte de los herbicidas atrazina, s-metolaclo y acetoclor en dos suelos superficiales y sub-superficiales de la provincia de Buenos Aires.

El objetivo del trabajo fue estudiar el transporte vertical del herbicida Atrazina, y Bromuro como soluto no reactivo, a través de horizontes superficiales y subsuperficiales de suelos de dos localidades de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. A tal fin, se realizó una experiencia con columnas de suelo no disturbadas de 15 cm de profundidad del horizonte A, B y C de General Alvarado (GA) y Tres Arroyos (TA). El contenido de carbono orgánico del suelo de GA fue de 3.8, 1.3 y 0.2% para los horizontes A, B y C respectivamente, mientras que para TA fue de 1.9, 1.2 y 0.3% para los horizontes A, B y C respectivamente. El experimento se realizó bajo flujo no saturado y constante de 0.552 cm h^{-1} . La cuantificación de Atrazina en el lixiviado, se realizó por medio de cromatografía líquida de alta performance (HPLC). Los resultados indicaron que la lixiviación de Bromuro fue más rápida que la de Atrazina. Las curvas de paso de Bromuro en los horizontes A y B de los suelos de GA y TA fueron en general levemente asimétricas, mientras que las del horizonte C presentaron mayor grado de simetría

(Figuras 1 y 2), todo lo cual denotó condiciones de no equilibrio y equilibrio respectivamente. Se encontró efecto de interacción suelo x horizonte para el momento de ocurrencia de las máximas concentraciones relativas de Bromuro. Luego del ajuste de la ecuación de convección dispersión (CDE) mediante el programa CXTFIT versión 2.1, se determinaron los parámetros de transporte V (velocidad) y D (dispersión hidrodinámica), encontrándose que V no difirió entre suelos, horizontes o en la interacción suelo x horizonte, mientras que D presentó efecto de interacción. En lo referente a Atrazina (Figuras 3 y 4), se observaron en general curvas de paso sesgadas hacia la izquierda y de forma asimétrica, indicando un comportamiento de no equilibrio relacionado a una cinética de adsorción de lenta velocidad. En ambos suelos se produjo un lento pasaje de Atrazina a través del horizonte A, con liberación de concentraciones muy inferiores respecto de los horizontes B y C. En el horizonte C de ambos suelos y en el B de GA, Atrazina alcanzó rápidamente su pico de concentración lo que indicaría un rápido pasaje a través del horizonte. Los resultados obtenidos para Atrazina se podrían explicar en gran medida por la distribución del contenido de materia orgánica de los horizontes, en especial en el horizonte A, por lo que suelos con mayor contenido de materia orgánica como el de GA, representarían un mayor impedimento para el transporte de este herbicida. Se concluye que la retención en los coloides habría regulado en gran medida el movimiento de los herbicidas. Se discute la implicancia de los resultados.

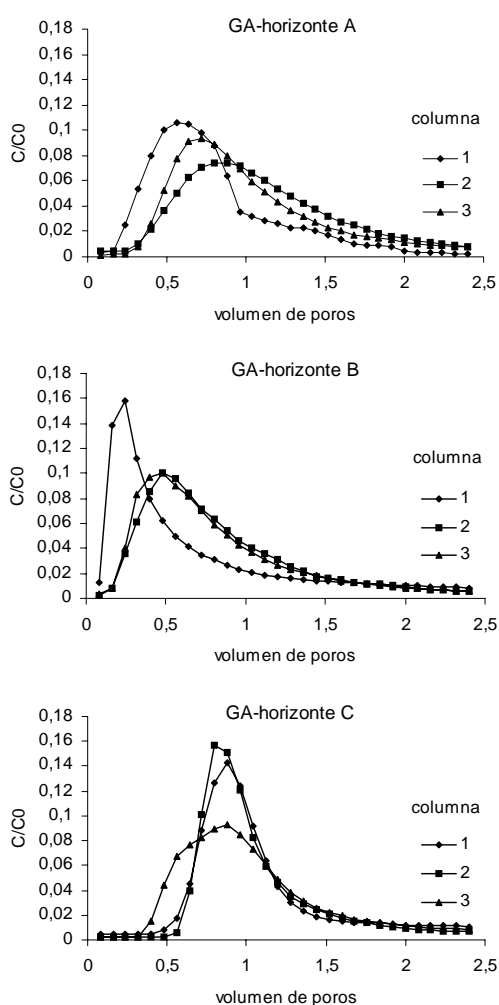


Figura 1. Curvas de paso de Bromuro en columnas de suelo del horizonte A, B y C de General Alvarado (GA).

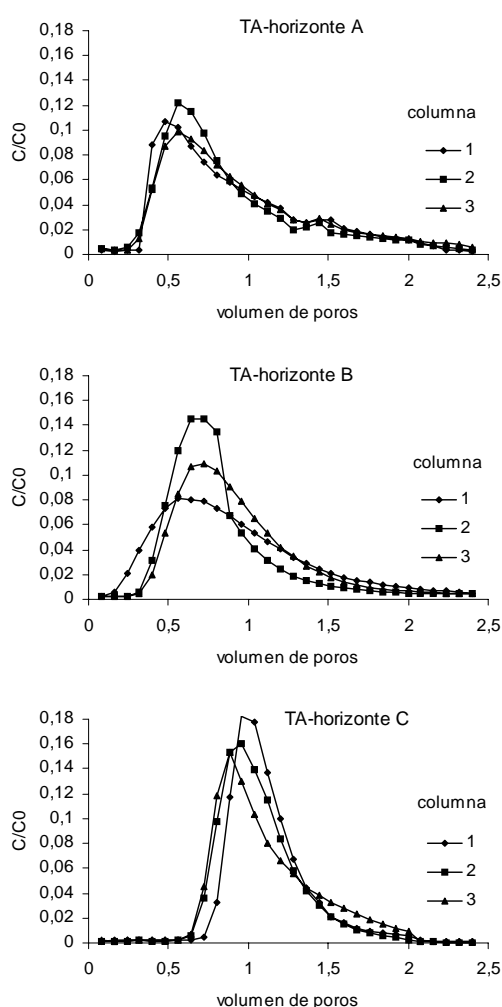


Figura 2. Curvas de paso de Bromuro en columnas de suelo del horizonte A, B y C de Tres Arroyos.

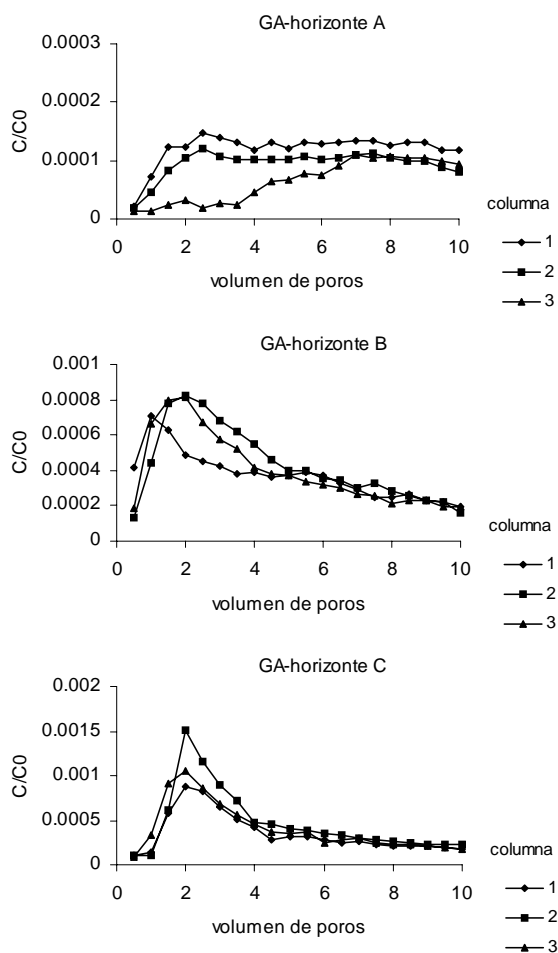


Figura 3. Curvas de paso de Atrazina en columnas de suelo del horizonte A, B y C de de General Alvarado (GA).

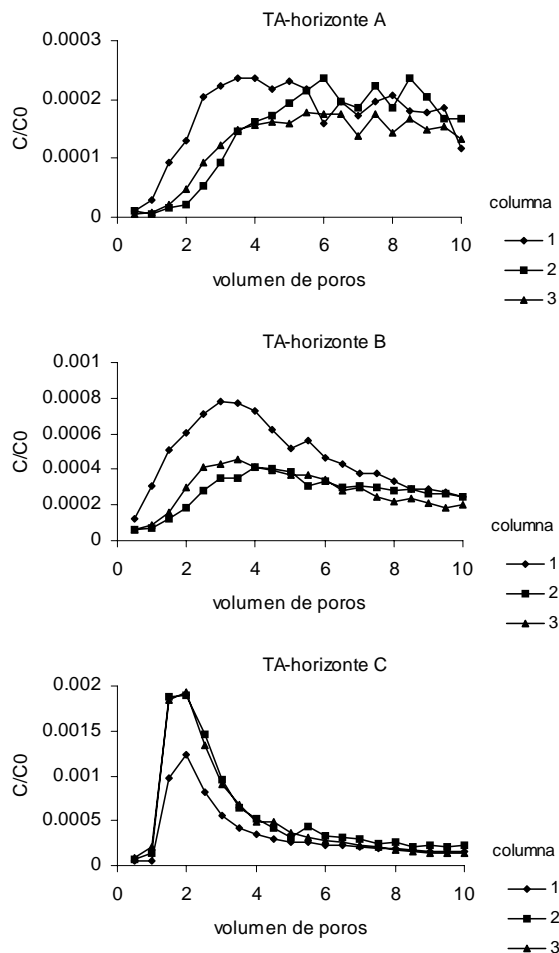


Figura 4. Curvas de paso de Atrazina en columnas de suelo del horizonte A, B y C de Tres Arroyos (TA).

c) Transporte de Atrazina a campo

Extractado del trabajo:

Costa, J. L., F. Bedmar, V Aparicio, P Daniel. Transporte de atrazina desde un cultivo de maíz en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. En preparación para su publicación.

Se condujo un experimento para determinar las pérdidas de Atrazina a campo sobre un suelo de la serie Mar del Plata soil ubicado en el partido de Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Muestreadores de cápsula de cerámica para succión de agua fueron instalados a 1.0 y 1.5 m de profundidad. Durante el período Agosto 2001 a Octubre 2005, se midió la concentración de Atrazina en las cápsulas de cerámica en diferentes profundidades. El agua contenida en las cápsulas fue colectada en cualquier momento en que las lluvias fueran superiores a 30 mm. La concentración de Atrazina se midió por HPLC. Se detectaron pérdidas de Atrazina de $5 \text{ g ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ por debajo de 1.5 m de profundidad en promedio para tres años del experimento. Los picos de concentración de Atrazina fueron detectados después de la aplicación del herbicida (2 kg i.a./ha) en el suelo en preemergencia del maíz. El pico de concentración de Bromuro (trazador) se alcanzó en el mismo momento que los picos de nitratos y Atrazine, lo cual indicaría que parte del herbicida se movilizó a la misma velocidad que el trazador no reactivo (Bromuro). Estos resultados sugieren que la macroporosidad del suelo produjo un flujo temprano del percolado a través de los macroporos.

Bibliografía

- AAPRESID. 2002. <http://www.aapresid.com.ar/fsapre.htm>
- Addiscott, T.M., and Withmore, A.P. 1987. Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter, and spring. *Journal of Agriculture Science of Cambridge*, 109:141-157.
- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. In *Methods of soil analysis, Part 2-Chemical and microbiological properties* (eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney). Second Edition, Capitulo 41. 831-871. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Azevedo, A.S., Kanwar, R.S., Singh, P., Ahuja, L., and Pereira, L.S. 1997 Simulating Atrazine transport using root zone water quality model for Iowa soil profiles. *Journal of Environmental Quality*, 26:153-164.
- Barriuso, E. 2000. Contaminaciones con pesticidas utilizados en agricultura: el comportamiento de los pesticidas en el suelo como base para la interpretación y la previsión de los riesgos de contaminación. *Workshop Internacional sobre Contaminación de suelos y aguas por agroquímicos. XVII Congreso Argentino Ciencia del Suelo, Mar del Plata 11-14/4/00. Libro de resúmenes y Compact disk del Congreso.*
- Bates, L.D., and Watts, D.G. 1988. *Nonlinear regression analysis and its applications* (eds. D.M. Bates and D.G. Watts). John Wiley & Sons Inc. Wiley Series in Probability and Statistics.
- Bedmar, F., J. L. Costa, E. Suero, and D. Jiménez. 2004. Transport of atrazine and metribuzin in three soils of the humid pampas of Argentina. *Weed Technology* 18:1-8.
- Beigel, C., and Di Pietro, L. 1999. Transport of triticonazole in homogeneous soils columns: Influence of nonequilibrium sorption. *Soil Science Society of American Journal* 63:1077-1086.
- Böger, P., B. Matthes, and J. Schmalfuß J. 2000. Towards the primary target of chloroacetamides-new findings Inhibition of acyl-CoA elongation by chloroacetamide pave the way. *Pest Management Science* 56, 497-508
- Bollag, J.M., Myers, C.J., and Minard, R, D. 1992. Biological and chemical interactions of pesticides with soil organic matter. *The Science of the Total Environment*, 123/124:205-217.
- Bray, R.H., and Kurtz, L. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 38-45.
- Brusseau, M.L., and Rao, P.S.C. 1989. The influence of sorbate organic matter interaction on sorption nonequilibrium. *Chemosphere* 18:1691-1706.
- Burkart, M.R., and Kolpin, D.W. 1993. Hydrologic and land-use factors associated with herbicides and nitrate in near-surface aquifers. *Journal of Environmental Quality*, 22:646-656.
- Cambardella, C.A., and Elliott, E.T. 1992. Particulated soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Bates D.M. & D.G. Watts* 56:777-783.
- Chappman, H.D. 1965 Cation exchange capacity. In: *Methods of soil analysis* (eds. C.A. Black). Agronomy Series Number 9, 891-900. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Cheng, H.H. 1990. Pesticides in the soil environment-An Overview. Chapter 1: 1-5. In: *Pesticides in the soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling*. Ed. Cheng, H.H. SSSA, Inc. Madison, USA, 530p.
- Comfort, S.D., Shea, P.J., and F.W. Roeth. 1994 Understanding pesticides and water quality in Nebraska. *Nebraska Co-operative Extension EC 94-135*, USA. 16p.
- Costa, J.L. 1995. Transporte de solutos. *Actas de la Reunión Nacional del Comité de Física de suelos de la Asociación Argentina de la Ciencia del suelo*, 26-41. Paraná, 12-13/09/95..
- Costa, J.L., Knighton, R.E., and Prunty, L. 1994. Model comparison of unsaturated steady-state solute transport in a field plot. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1277-1287.
- Crops, Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory, and Technical Aspects. Ed. Duke, S.O. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Daniel, P. E., F. Bedmar, J. L. Costa, and V. C. Aparicio. 2002. Atrazine and metribuzin sorption in soils of the Argentinean humid pampas. *Environ. Toxicol. Chem.* 21:2567-2572.
- De Guzman, N.P., Hendley, P., Gustafson, D.I. van Wesenbeeck, I. Klein, A.J. Fuhrman, J.D., Travis, K. Simmons, N.D., Teskey, W.E., and Durham, R.B. 2005. The acetochlor registration partnership state ground water monitoring program. *Journal of Environmental Quality* 34:793-803.
- Delmonte, A., F. Bedmar, J. D. Mantecon, H. Echeverria and C. A. Barassi. 1997. Residual phytotoxicity and chemical persistence of Atrazine in soils of the southeast of Buenos Aires province, Argentina. *Journal of Environmental Biology* 18(3), 201-207.

- Flury, M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils-A review. *Journal of Environmental Quality*, 25:25-45.
- Foster SSD, RA Hirata. 1998 Determinación de riesgos de Contaminación de aguas subterráneas. CEPIS – PPS – OMS. Lima.
- Funari, E. 1995. Human health implications associated with the presence of pesticides in drinking water. Chapter 5: 121-130. In: *Pesticide risk in groundwater*. Editors : Vighi, M., and Funari, E. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 275p.
- Funari, E., Donati, L., Sandroni, D., and Vighi, M. 1995. Pesticide levels in groundwater : Value and limitations of monitoring. Chapter 1: 3-44. In: *Pesticide risk in groundwater*. Editors : Vighi, M., and Funari, E. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 275p.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. In: *Methods of soil analysis, Part 1-Physical and mineralogical methods* (ed. A. Klute). Agronomy Series Number 9, Part 1. Second Edition. 383-411. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Gerstl, Z. 2000. An update on the Koc concept in regard to regional scale management. *Crop Protection*, 19:643-648.
- Giuliano, G. 1995. Groundwater vulnerability to pesticides: An overview of approaches and methods of evaluation. Chapter 4: 101-118. In: *Pesticide risk in groundwater*. Editors : Vighi, M., and Funari, E. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 275p.
- Goss, D.W. 1992. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. *Weed Technology*, 6:701-708.
- Green, R.E., and S.W. Karickhoff. 1990. Sorption estimates for modelling. In: *Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modelling* (ed. Cheng H.H.), 79-101. Soil Science Society of America book series; no. 2, Madison, Wis., USA.
- Green, T.W. Paydar, Z., Cresswell, H.P., and Drinkwater, R.J. 1998. Laboratory outflow technique for measurement of soil water diffusivity and hydraulic conductivity. Technical Report No. 12/98. CSIRO, Australia. 29p.
- Gustafson, D.I. 1995. Development of novel active ingredients. Chapter 7: 153-161. In: *Pesticide risk in groundwater*. Editors: Vighi, M., and Funari, E. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 275p.
- Gustafson, D.I. 1989. Ground-Water ubiquity score: A simple method for assessing pesticide ubiquity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8:339-357.
- Hang, S.B. 2002. Adsorción y degradación de atrazina en suelos de superficie y subsuelo de la provincia de Córdoba, Argentina. Tesis de Doctorado, Universidad nacional de Córdoba, 140p.
- Harper, S.S. 1988. Sorption of Metribuzin in surface and subsurface soils of the Mississippi Delta region. *Weed Science*, 36:84-89.
- Hiltbold, A.E. 1974. Persistence of pesticides in soil. In: *Pesticides in soil & water* (ed. Guenzi, W.D.), 203-222. Soil Science Society of America, Madison, Wis., USA.
- Hornsby, A.G. 1992. Site-specific pesticide recommendations : the final step in environmental impact prevention.. *Weed Technology*, 6 :736-742.
- Hutson, J.L., and Wagenet, R.J. 1992 LEACHM. Leaching Estimation and Chemistry Model: A process based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Version 3. Dep. of Agronomy, Cornell University, Ithaca, New York.
- Jarvis, N.J. 1994. The MACRO model (Version 3.1). Technical description and sample simulations. Reports and Dissertations 19, Dept. Soil Sci., Swedish Univ. Agric. Sci., Upsala, 51 pp.
- Jenks, B.M., Roeth, F.W., Martin, A.R., and Mccallister, D.L. 1998. Influence of surface and subsurface soil properties on atrazine sorption and degradation. *Weed Science*, 46:132-138.
- Khakural, B.R., Robert, P.C., Koskinen, W.C., Sorenson, B.A., Buhler, D.D., and Wyse, D.L. 1995. Test of the LEACHP model for predicting atrazine movement in three Minnesota soils. *Journal of Environmental Quality*, 24:644-655.
- Kolpin, D.W., Goolsby, D.A., and Thurman, E.M. 1995. Pesticides in near-surface aquifers : An assessment using highly sensitive analytical methods and tritium. *Journal of Environmental Quality*, 24:1125-1132.
- Kolpin, D.W., Sneek-Fahrer, D., Hallberg, G.R., and Libra, R.D. 1997. Temporal trends of selected agricultural chemicals in Iowa's groundwater, 1982-1995 : Are things getting better ?. *Journal of Environmental Quality*, 26:1007-1017.

- Koskinen, W.C., and Harper, S.S. 1990. The retention process: mechanisms. Chapter 3: 51-77. In : Pesticides in the soil Environment : Processes, Impacts, and Modeling. Ed. Cheng, H.H. SSSA, Inc. Madison, USA, 530p.
- Leeds-Harrison, P.B. 1995. Movement of water and solutes to surface and ground waters, 3-12. Proceedings of a Symposium held at The University of Warwick, Coventry, 3-5/05/95. Edited by Walker, A., Allen, R., Bailey, S.W., Blair, A.M., Brown, C.D., Günther, P., Leake, C.R. and Nicholls, P.H. BCPC, Monograph No 62, 414p.
- Loague, K.M., Green, R.E., and Mulkey, L.A. 1988. Evaluation of mathematical models of solute migration and transformation: An overview and an example. , p.31-248. In : Validation of flow and transport models for the unsaturated zone, Editors, Wierenga, P.J. and Bachelet, D., Conf. Proc. Ruidoso, NM 23-26 May 1988. Dep. Of Agron. And Hortic., New Mexico State Univ., Las Cruces, NM.
- Moorman, T.B., and Keller, K.E. 1996. Crop resistance to herbicides : effects on soil and water quality. Chapter 19: 283-302. In: Herbicide-Resistant
- Needelman, B.A., Wander M.M., Bollero, G.A., Boast, C.W., Sims, G.K., Bullock, D.G. 1999. Interaction of tillage and soil texture: biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Science Society of America* 63:1326-34.
- Nemeth-Konda, L., Füleky, Gy. Morovjan, Gy., and Csokan, P. 2002. Sorption behaviour of acetochlor, atrazine, carbendazim, diazinon, imidacloprid and isoproturon on Hungarian agricultural soil. *Chemosphere* 48: 545–552.
- Nkeddi-Kizza, P., Biggar J.W. Selim H.M., van Genuchten M.Th., Wierenga, P.J., Davidson, J.M., and Nielsen, D.R. 1984. On the equivalent of two conceptual models for describing ion exchange during transport through and aggregated oxisol. *Water Resources Research* 20:1123-1130.
- O'CONNELL, P. J., HARMS, C. T., ALLEN, J. R. F. 1998. Metolachlor, s-metolachlor and their role within sustainable weed-management. *Crop Protection* , Surrey, v. 17, n. 3, p. 207-212.
- Parker, J.C., and vanGenuchten, MTh. 1984. Determining transport parameters from laboratory and field tracers experiments. Virginia Agriculture Experiment Station. Virginia Polytechnic Institute and State University. Bulletin 84-3. 97pp.
- Pasquarell, G.C., and Boyer, D.G. 1996. Herbicides in Karst groundwater in Southeast West Virginia. *Journal of Environmental Quality*, 25:755-765.
- Pignatello, J.J. 2000. The measurement and interpretation of sorption and desorption rates for organic compounds in soil media. *Advances in Agronomy* 69:1-73.
- Pons, N., and Barriuso, E. 1998. Fate of metsulfuron-methyl in soils in relation to pedo-climatic conditions. *Pesticide Science*, 53:311-323.
- Pórfido, O.D. 2005. Guía de productos fitosanitarios para la república Argentina. Cámara de sanidad agropecuaria y fertilizantes. Tomo 1, p.992.
- Quiroga A., Buschiazzi, D., Peinemann, N. 1996. Soil Organic matter particle size fractions in soils of the semiarid argentinian pampas. *Soil Science* 161 (2):1-5.
- Richter, O., Dieckrüger, B., and Nörtersheuser, P. 1996. Environmental fate modelling of pesticides. From the laboratory to the field scale. Editor KRAUS, H.J. VCH, Federal Republic of Germany, 281p.
- Ritter, W.F. 1990. Pesticide contamination of ground water in the United States-A review. *Journal of Environmental Science of Health*, B25:1-29.
- Seelig, B.D. 1995. Best management practices for groundwater protection from agricultural pesticides : Technical paper. ER-25, 39p., NDSU Extension Service, Fargo, ND.
- Skipper, H.D., Wollum, A.G., Turco, R.F., and Wolf, D.C. 1996. Microbiological aspects of environmental fate studies of pesticides. *Weed Technology*, 10:174-190.
- Smith, A.E., and Walker, A. 1989. Prediction of the persistence of the triazine herbicides atrazine, cyanazine, and metribuzin in Regina heavy clay. *Canadian Journal of Soil Science*, 69:587-595.
- Sonon, L.S. 1992. Persistence and transport of atrazine, alachlor and nitrate in soils. PhD thesis, Dep. of Agron., Kansas State University, Manhattan, Kansas, 209p.
- Sonon L.S., and A.P. Schwab. 1995. Adsorption characteristics of atrazine and alachlor in Kansas soils. *Weed Sci.* 43:461-466.
- Toride, N., F.J. Leij, and M.Th. van Genuchten. 1999. The CXTFIT code for estimating transport parameters from laboratory or field tracer experiments, Version 2.1. Research report No.137, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, CA.

- Townsend, I. 1999. Application 1524. HPLC. Application Note. Varian. CP-SCANVIEW for Windows. Version 5.00. Varian Analytical Instruments. Middelburg, The Netherlands.
- Trevisan, M., Capri, E., Del Re, A.A.M., Vischetti, C., Marini, M. Businelli, M., Donnarumma, L., Conte, E., and Imbrogliini, G. 1995. Evaluation of pesticide leaching models using three italian data-sets. Proceedings of a Symposium held at The University of Warwick, 269-274, Coventry, 3-5/05/95. Edited by Walker, A., Allen, R., Bailey, S.W., Blair, A.M., Brown, C.D., Günther, P., Leake, C.R. and Nicholls, P.H. BCPC, Monograph No 62, 414p.
- USEPA (U.S. Environment Protection Agency). 1990. National survey of pesticides in drinking water wells, phase I report. USEPA Rep. 570/9-90-015.
- Vencill, W.K. 2002. Herbicide Handbook, 8th Edition. Lawrence, KS: Weed Science of America. 493 p.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G., y Lértora, F.A. 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Ediciones INTA, 84p.
- Wagenet, R.J., and Hutson, J.L. 1989. LEACHM: A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Continuum Vol 2., Version 2. Water Resources Inst., Cornell University, Ithaca, New York.
- Wagenet, R.J., and Rao, P.S.C. 1990. Modeling pesticide fate in soils. Chapter 10: 351-398. In: Pesticides in the soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling. Ed. Cheng, H.H. SSSA Bopk Ser. 2. SSSA Inc. Madison, WI, 530p.
- Walker, A., and Zimdahl, R.L. 1981. Simulation of the persistence of atrazine, linuron and metolachlor in soil at different sites in the U.S.A. Weed Research, 21:255-265.
- Walker, A., E.G. Cotterill, and S.J. Welch. 1989. Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron methyl in soils from different depths. Weed Research, 29:281-287.
- Walkley, A., and A.I. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-37.
- Weber, J.B. 1994. Properties and behavior of pesticides in soil. Chapter 2:15-41. In: Mechanisms of pesticide movement into groundwater. Ed. Honeycutt, R.C., and Schabacker, D.J. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 189p.
- Weber, J.B., Best, J.A., and Gonese, J.U. 1993. Bioavailability and bioactivity of sorbed organic chemical. Chapter 10:153-196. In: Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil. Proceedings of a symposium sponsored by Divisions S-3, S-1, S-2, and A-5 of the Soil Science Society of America and American Society of Agronomy in Denver, Colorado, 30 Oct. 1991/ editorial committee, D.M. Linn (chair) et al. SSSA Special Publication Number 32. SSSA Inc. Madison, WI, 260p.
- Weber, J.B., Wilkerson, G.G., Linker, H.M., Wilcut, J.W., Leidy, R.B. Senseman, S., Witt, W.W., Barrett, M., Vencill, W.K., Shaw, D.R., Mueller, T.C., Miller, D.K., Becke, B.J., Talbert, R.E., and Peeper, T.F. 2000. A proposal to standardize soil/solution herbicide distribution coefficients. Weed Science, 48:75-88.

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 plurianuales, 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).

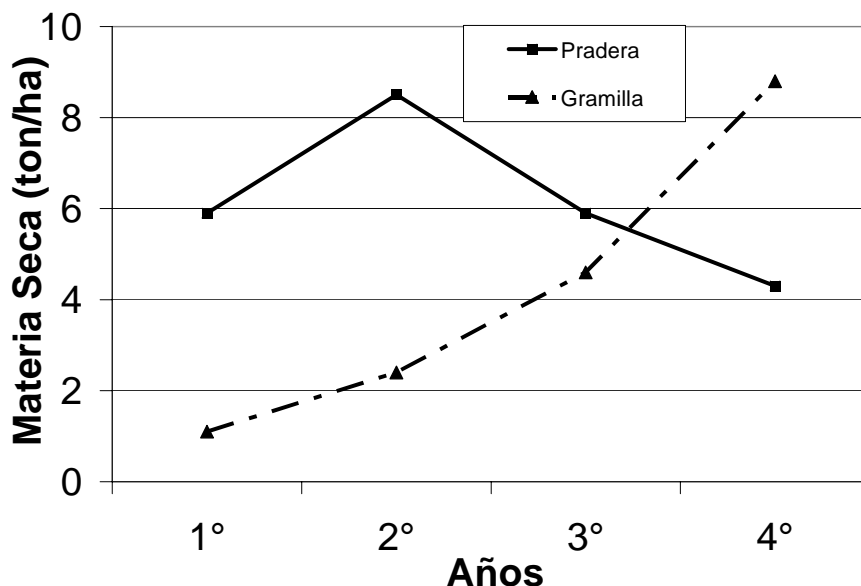


Figura 1. Evolución de los rendimientos de la pradera y del nivel de infestación de gramilla subterránea con los años.

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).

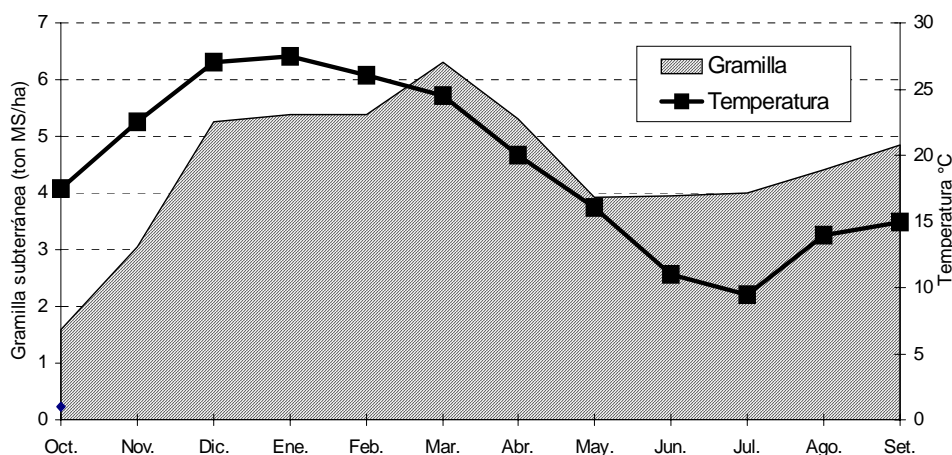


Figura 2. Evolución del contenido de Gramilla subterránea y temperaturas medias mensuales de suelo cubierto a 5 cm de altura.

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).

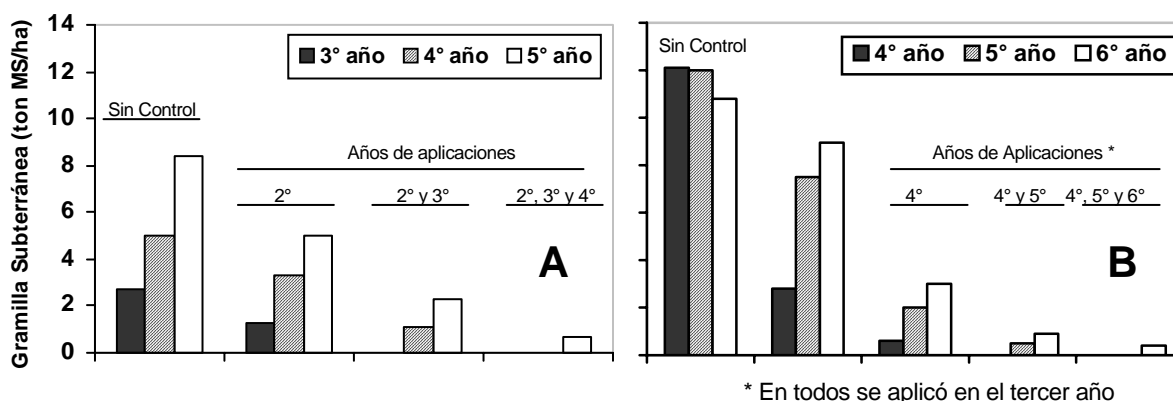


Figura 3. Control de gramilla en praderas sin gramíneas perennes

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.

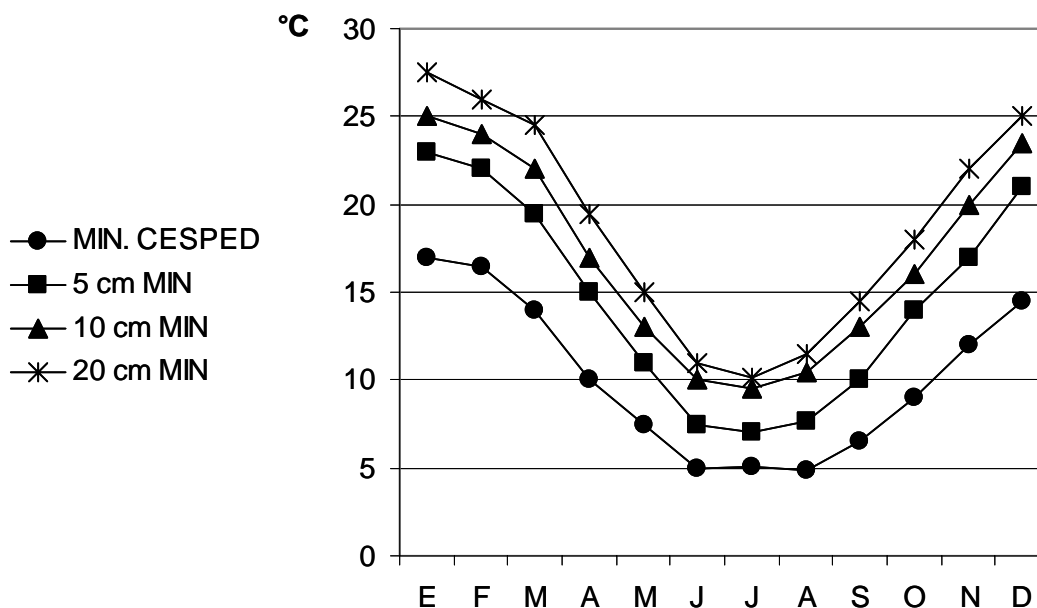


Figura 4. Temperaturas mínimas registradas en suelo y césped en INIA La Estanzuela, promedio de 12 años.

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

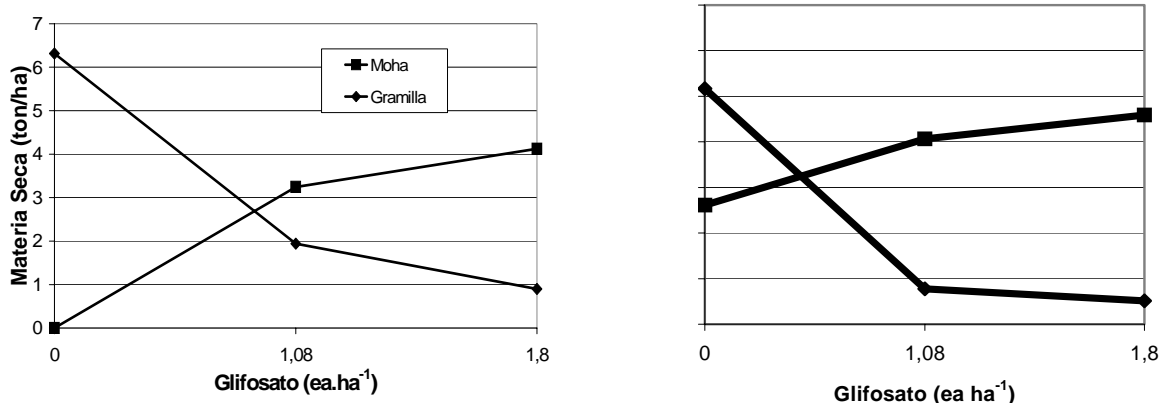


Figura 5. Rendimiento de moha y control de gramilla subterráneo en respuesta a aplicaciones con glifosato.

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).

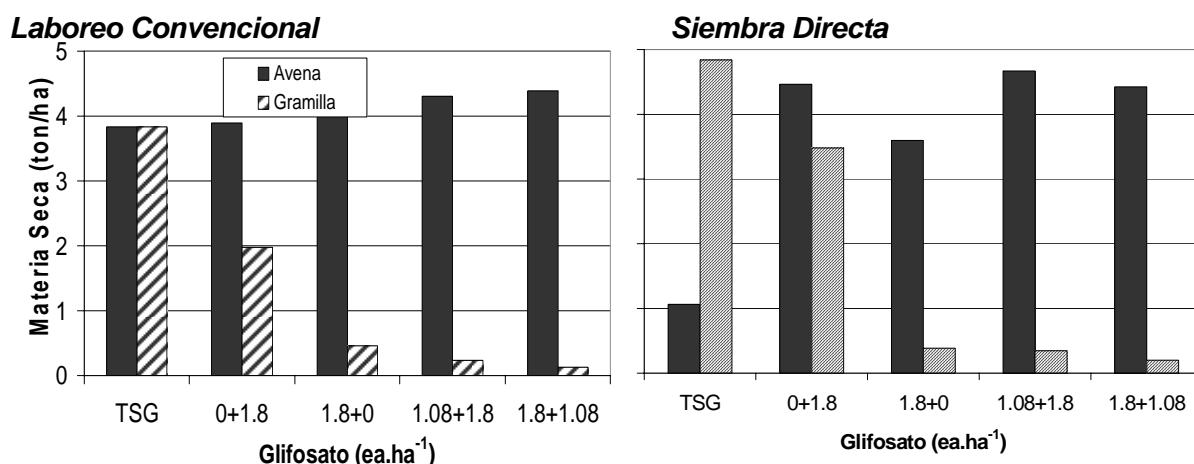
Al reiniciar la gramilla su actividad en la primavera, el flujo de fotoasimilatos es principalmente acropétalo, en consecuencia es menor la traslocación del herbicida hacia la parte subterránea, no obstante la eficiencia de control puede ser mayor en primavera que en otoño.

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 invernol 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.

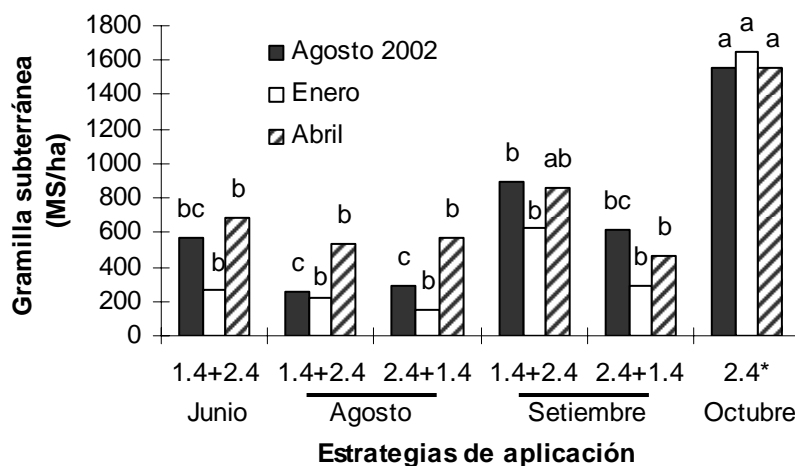
En agosto de 2002, enero y abril de 2003 se realizaron muestreos de gramilla. Se realizaron tres cortes de producción de forraje del verdeo invernol en agosto, octubre y diciembre y uno para el verdeo estival en abril. Luego de realizado el tercer corte de forraje del verdeo invernol, y previo a la aplicación 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.

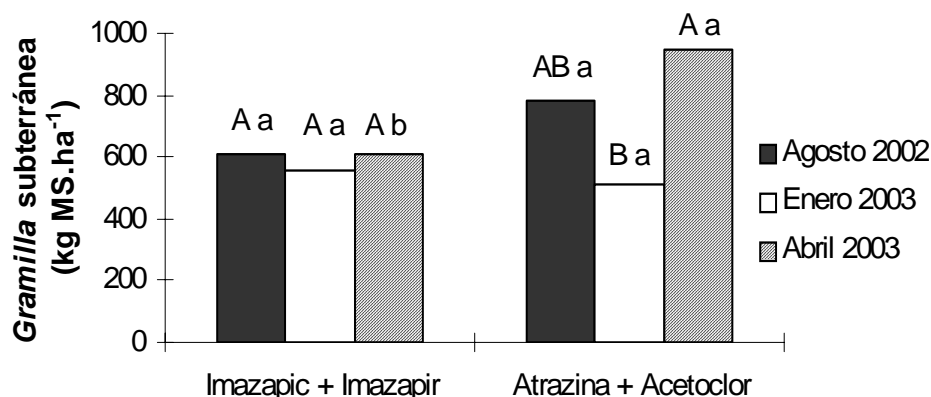


* kg ea ha^{-1}

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).

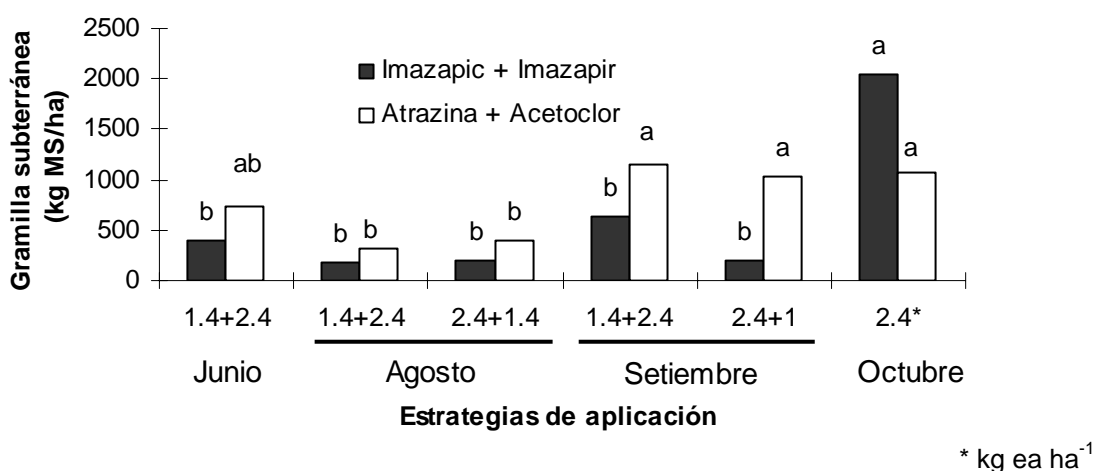


Nota. Para cada mes de evaluación y para cada herbicida las medias seguidas por la misma letra mayúscula y minúscula respectivamente, no difieren estadísticamente entre sí ($P < 0.05$)

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.

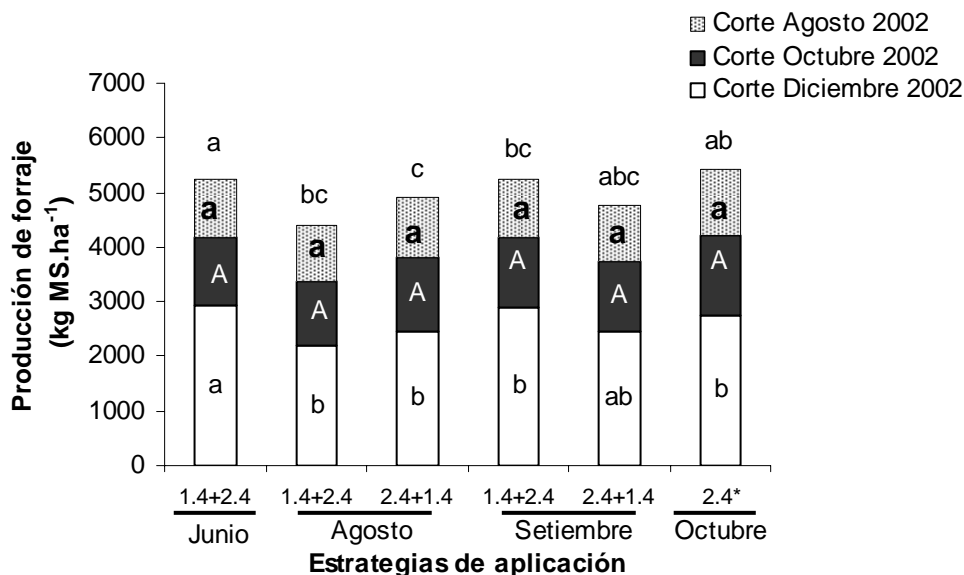
El tratamiento en el maíz de atrazina+acetoclor permitió una mayor recuperación de los niveles de gramilla subterránea en comparación a las imidazolinonas, lo cual ocurre principalmente por el menor crecimiento de la moha en aquel tratamiento, determinando un menor efecto de competencia a la gramilla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

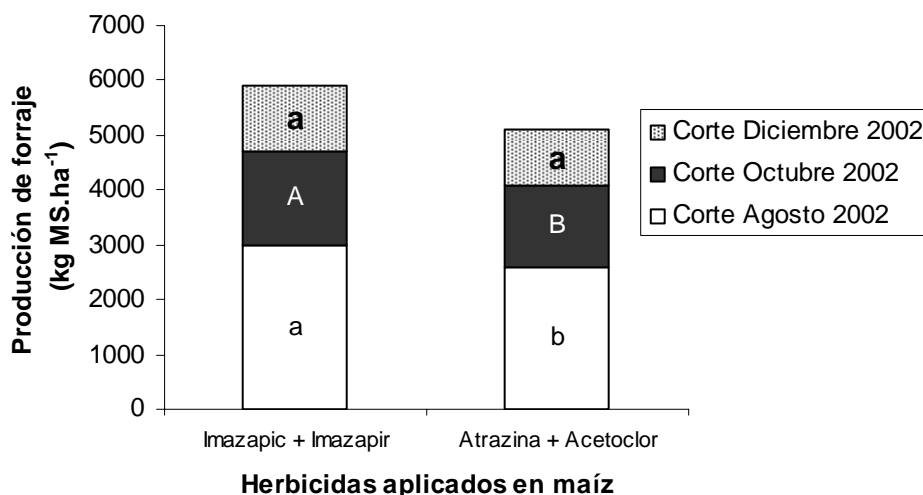


* kg ea ha⁻¹

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).

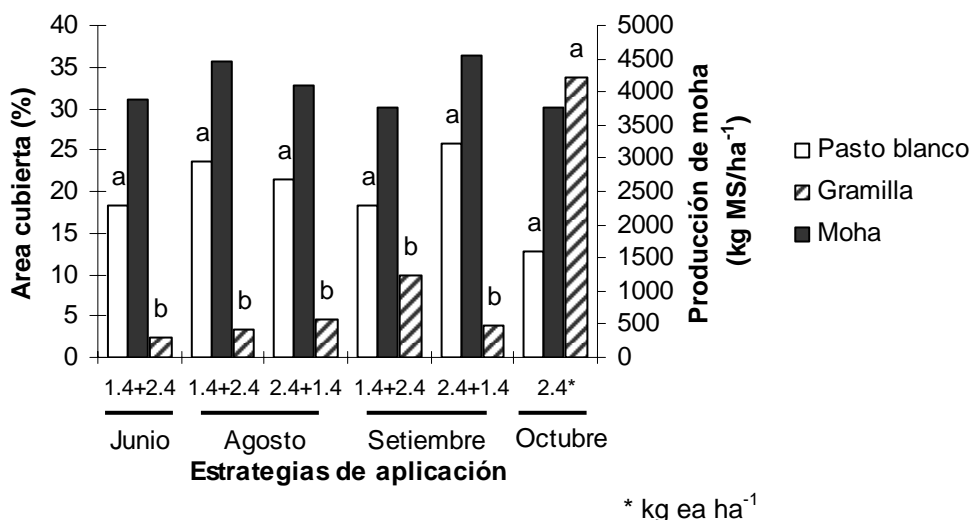
En referencia a la producción total de forraje en respuesta a la aplicación de herbicidas en el cultivo de maíz, con la aplicación de las imidazolinonas se supera en 800 kg MS/ha la media de los tratamientos con atrazina+ acetoclor (Figura 11).

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).

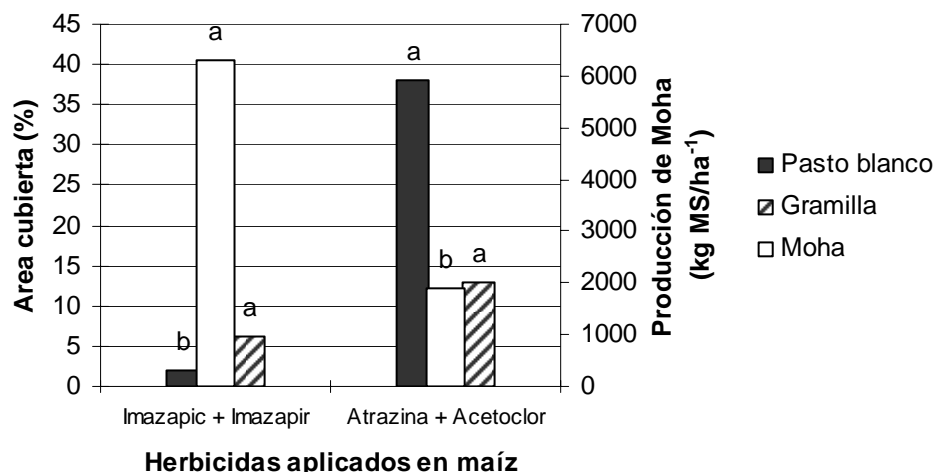


Nota. Para cada variable las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

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 Agronomia (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.