

Trabajo Final de Graduación

EFECTO DE LA PERSISTENCIA DE IMAZAPIR SOBRE LA ROTACIÓN DE
CULTIVOS

Bolla, Mario I.
Autor

Ing. Agr. Jorgelina C. Montoya
Director
Ing. Agr. Fernando García
Codirector

Carrera de Ingeniería Agronómica
Facultad de agronomía UNLPam

-2012-

ÍNDICE

RESUMEN -----	3
PALABRAS CLAVE -----	4
INTRODUCCIÓN-----	4
ANTECEDENTES -----	5
HIPOTESIS -----	7
OBJETIVO GENERAL -----	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	8
MATERIALES Y METODOS -----	8
ENSAYO DE CAMPO -----	8
BIOENSAYOS -----	10
RESIDUOS EXTRACTABLES DE IMAZAPIR DEL SUELO -----	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	12
BIOENSAYOS -----	12
RESIDUOS EXTRACTABLES DE IMAZAPIR DEL SUELO -----	21
CONCLUSIONES-----	22
AGRADECIMIENTOS -----	22
BIBLIOGRAFIA -----	23

RESUMEN

Imazapir es un herbicida de amplio espectro de control utilizado en maíz (*Zea maíz* L.) y girasol (*Helianthus annus* L.) *Clearfield* (CL). Debido a que posee acción residual en el suelo es de gran importancia determinar su persistencia. El objetivo de este trabajo, fue determinar la persistencia fitotóxica de dos dosis de Imazapir aplicado en un cultivo de girasol *Clearfield*, a través de su efecto fitotóxico sobre cultivos de invierno y de verano potencialmente sucesores en la rotación, en dos sistemas de labranza. El ensayo se realizó en un suelo Haplustol Entico de textura franca siguiendo un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y tres submuestras. Los tratamientos consistieron en la aplicación de Imazapir en dosis de 333 cm³ ha⁻¹ (x) y 666 cm³ ha⁻¹ (2x) incluyéndose un testigo sin tratar. Luego de la cosecha del girasol, se efectuó la siembra de avena (*Avena sativa* L.) para trabajar sobre ella distintos indicadores de residualidad del herbicida. Por otro lado, de los mismos ensayos se realizaron los muestreos de suelo (0-8 cm) con el objetivo de la confección de bioensayos en invernáculo con trigo (*Triticum aestivum* L.), avena, sorgo (*Sorghum bicolor* L.), girasol y maíz no tolerantes a imidazolinonas. Se evaluó peso seco de la parte aérea y de raíces, y longitud de raíces. Los resultados fueron analizados a través del procedimiento Proc Mixed de SAS donde se aplicó Anova y test de diferencia de medias. Los biotest realizados mostraron resultados poco claros. Aún así, se pudo apreciar que la especie más sensible a los residuos del herbicida fue el trigo. Los ensayos de campo debieron desestimarse dada la intensa sequía durante el año 2009 que provocó la muerte del cultivo.

PALABRAS CLAVE

Imidazolinonas, *carryover*, cultivos tolerantes a imidazolinonas, bioensayo, *Clearfield*.

INTRODUCCIÓN

Imazapir (*Clearsol*) es un herbicida residual para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas en cultivos de girasol y maíz tolerantes a imidazolinonas. Se aplica en postemergencia temprana del cultivo y primeros estadíos de las malezas (Beardmore *et al.* 1991). Tiene acción residual en el suelo, lo cual permite el control preemergente de malezas durante varios meses después de la aplicación (CASAFE, 2005). Pertenece a la familia de las imidazolinonas las cuales inhiben la actividad de la enzima *acetolactato sintetasa* (ALS) que está involucrada en la síntesis de las cadenas de algunos aminoácidos. Estos compuestos son absorbidos por raíces y hojas siendo translocados por xilema y floema hasta los sitios de acción en los puntos de crecimiento. La selectividad está dada por diferente metabolismo o exclusión del sitio de acción. Los síntomas no aparecen hasta varios días de realizado el tratamiento aunque las plantas detiene su crecimiento casi inmediatamente. Los síntomas que se manifiestan son atrofia, clorosis internerval, bandas cloróticas en gramíneas, nervaduras púrpuras, raíces con escaso desarrollo y ausencia de pelos absorbentes, y muerte gradual que se alcanza en 3 o más semanas.

La adsorción de Imazapir a las partículas del suelo es generalmente débil, pero puede variar dependiendo de propiedades del suelo (Mangels, 1991). Por encima de pH 5, que son los pH más comunes de nuestros suelos, la carga de las partículas del producto será negativa quedando disponible en el suelo (Pusino *et al.*, 1997; Mangels, 1991) para poder ser degradado fácilmente por los microorganismos, siendo ésta la principal forma de degradación que posee (Roberts, 1998; WSSA, 1994; McDowell *et al.*, 1997; Pusino *et al.*, 1997). Cualquier factor que

afecte la actividad microbiana también afecta la tasa de degradación de las imidazolinonas (Shaner y Hornford, 2005). Según EPA (1985) es un compuesto persistente, cuya vida media fue estimada en 17 meses, que tiene una moderada adsorción ($K_{oc} = 8.81$) pero un alto potencial de desorción. La adsorción es reversible, pero en condiciones de sequía podría persistir durante más de un año (Peoples, 1984).

La persistencia de un herbicida en el suelo puede definirse como el período de tiempo durante el cual permanece en forma activa en el mismo (Comfort *et al.*, 1994). Este proceso es extremadamente importante debido a que determina el período en que pueden esperarse efectos fitotóxicos sobre las malezas y el tiempo que debería esperarse para evitar daños a los cultivos subsiguientes en la rotación. Dicho período es denominado *carryover* (Ashton y Mónaco, 1991). Hay antecedentes que las imidazolinonas pueden persistir y producir daños en la rotación de cultivos bajo ciertas condiciones (Coffman *et al.*, 1993; Alister y Kogan, 2005; Ulbrich *et al.*, 2005).

El cultivo de girasol es uno de los principales cultivos estivales de la región semiárida pampeana (Belmonte *et al.*, 2008), y la destacada eficacia del herbicida *Clearsol* ha propiciado una masiva adopción de esta tecnología. Es común que en la región semiárida pampeana se realice un cultivo de algún cereal posterior a la cosecha del girasol. Dados los antecedentes hallados es necesario realizar estudios a nivel local.

ANTECEDENTES

Los resultados de diversos estudios son consistentes con las propiedades intrínsecas de Imazapir: elevada solubilidad en agua ($S=12,5 \text{ g l}^{-1}$) y alta persistencia (vida media > 90 días)

(Weber, 1994). Sin embargo, en un trabajo realizado por Gianelli *et al.* (2011) en el mismo suelo en donde se llevó a cabo el presente trabajo se determinó una vida media de 35 días (20 °C y 80 % de capacidad de campo).

Tal como se mencionó anteriormente, el período de *carryover* determina el tiempo en que pueden esperarse efectos fitotóxicos si no se respetan los períodos de carencia correspondientes previos a la siembra del cultivo sucesor en la rotación. Hay antecedentes que las imidazolinonas pueden persistir y producir daños en la rotación de cultivos bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, Istilart (2003) concluye que deben ocurrir precipitaciones superiores a 300 mm para que se vea favorecida la degradación de Imazapir reduciendo el riesgo de fitotoxicidad sobre avena, trigo pan (*Triticum aestivum* L.), trigo candeal (*Triticum durum* D.) y cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). Por otro lado, Ulbrich *et al.* (2005) estudiando el efecto de *carryover* de Imazapir + Imazapic sobre maíz, pepino (*Cucumis sativus* L.), poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), soja (*Glycine max* L.) y trigo hallaron que los cultivos más sensibles fueron maíz y pepino. Concluyen en la necesidad de contar con biotest sensibles que garanticen una siembra segura de los cultivos en la rotación.

Los biotest o bioensayos son utilizados para el conocimiento de la dinámica de los herbicidas residuales en sí mismos y como herramienta de diagnóstico. Estos se definen como una medida a la respuesta biológica por un organismo vivo para determinar la presencia y/o concentración de un químico en un sustrato (Santlemann, 1977). Si bien la cuantificación analítica de los residuos en el suelo brinda un dato concreto, esta metodología presenta diversos aspectos negativos tales como: no existen curvas de calibración de concentraciones halladas en el suelo y dosis máximas admisibles por las especies sensibles, no se cuenta masivamente con laboratorios preparados para tal fin, los análisis son sumamente costosos. Ante dicha situación

una metodología sencilla y de bajo costo son los bioensayos. Estos dan una información en un período relativamente corto (días) y asociado a la especie objetivo. Esta metodología ha sido empleada principalmente con sulfonilureas ya que hasta hace pocos años el equipamiento analítico disponible poseía menor sensibilidad al ser comparados con especies altamente sensibles (especie de referencia) o bien a la especie de interés con sensibilidad (Szmigielska *et al.*, 1998; James *et al.*, 1995). Sin embargo, dada la prolongada residualidad de las imidazolinonas es que también la metodología de bioensayos ha sido empleada como método de diagnóstico y/o investigación para esta familia de herbicidas (Watson y Checkel, 2005; O'Sullivan, 2005; Van Wyk y Reinhardt, 2001).

Estudios en macetas han revelado un leve efecto de *carryover* de Imazapir sobre avena. Sin embargo, sobre trigo no se observó ningún efecto (Porfiri y Montoya, 2008). Trabajos con otras imidazolinonas han demostrado que luego de tres meses los residuos de Imazetapir provocaban fitotoxicidad sobre canola (*Brassica napus* L.), Imazetapir e Imazamox provocan fitotoxicidad en remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) (Bresnahan *et al.*, 2000; Bresnahan *et al.*, 2001).

HIPOTESIS

- Dosis normales de Imazapir ($333 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) utilizadas en girasol causan síntomas de fitotoxicidad y disminución de crecimiento en los cereales de invierno avena y trigo o luego de un año en cultivos de cosecha gruesa susceptibles como sorgo granífero, maíz y girasol.

- Dosis dobles de Imazapir conllevan un aumento en la residualidad del producto y como consecuencia de ésto mayores daños a los cultivos susceptibles siguientes.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de los residuos de Imazapir sobre la rotación de cultivos en siembra directa y convencional.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la presencia de residuos de Imazapir en el suelo mediante el empleo de bioensayos con especies potencialmente intervinientes en la rotación de cultivos.
- Evaluar en ensayos de campo el efecto de los residuos de Imazapir en el suelo sobre la producción de avena.

MATERIALES Y METODOS

ENSAYO DE CAMPO

El campo experimental de la EEA Anguil del INTA cuenta con un lote conducido desde 1997 parte en siembra directa (SD) y otra fracción en labranza convencional (LC). El suelo es del tipo Haplustol Entico de textura franca, con las siguientes características en cuanto a porcentaje de materia orgánica (MO) y pH:

Tabla 1. Porcentaje de materia orgánica y pH de los suelos del ensayo.

	LC	SD
MO (%)	2,95	3,31
pH	5,79	5,64

En dichas fracciones se sembró un cultivo de girasol tolerante a imidazolinonas el día 27 de octubre de 2008 y se instalaron los respectivos ensayos. A dicho cultivo se le realizó una

aplicación postemergente temprana con Imazapir (*Clearsol* 30 %) el 9 de diciembre de 2008. Se aplicó la dosis recomendada de $333 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ (x) y una doble dosis de $666 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ (2x) (esta doble dosis representa posibles superposiciones al momento de su aplicación en el campo). Además se dejó un tratamiento testigo (0) sin aplicación de Imazapir en el cual se utilizó un tratamiento convencional de Acetoclor ($700 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) y Flurocloridona ($700 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) el día 27 de octubre de 2008. Los antecedentes del uso de estos dos herbicidas indican la ausencia de riesgo de *carryover*.

La pulverización se realizó con pulverizadora manual provista de pico abanico plano tipo *flood jet*. El volumen pulverizado fue de 80 l ha^{-1} . Luego de la cosecha del girasol se realizó una labranza postcosecha en ensayo de LC en día 10 de marzo de 2009, y una aplicación de glifosato en ensayo en SD en día 12 de marzo de 2009. Luego se procedió a la siembra de la avena para la cual se planeó la utilización de tres fechas de siembra, una temprana (principios de marzo), una media (principios de abril), y una tardía (mediados del mes de mayo). En cada sistema de labranza el diseño experimental de campo fue en bloques completos aleatorizados con parcelas divididas, donde la parcela mayor (30 x 10 m) fue el factor dosis (0, x, 2x) y las parcelas menores (10 x 10 m) fueron el factor fecha de siembra de la avena (1°, 2° y 3°).

Sobre dicho cultivo se planteó la cuantificación de diferentes variables tales como: número de plantas por metro cuadrado en emergencia, materia seca aérea producida en el ciclo, y rendimiento de grano por hectárea. Luego, por razones climáticas (falta de lluvia) sólo pudo completarse la implantación de la primera de las fechas de siembra, y a esta tampoco pudo medirse las variables antes mencionadas debido a que las diferencias entre tratamientos observadas con los resultados extraídos de dichas mediciones se encontrarían completamente enmascarados por el efecto de la escasez de humedad.

BIOENSAYOS

Luego de la cosecha de girasol (17 febrero de 2009) se iniciaron los muestreos mensuales de suelo para la confección de los bioensayos de las parcelas que representan el factor dosis (parcela mayor). Se extrajeron muestras compuestas de aproximadamente 6 kg de suelo de cada parcela a una profundidad de 8 cm, se tamizó el suelo por un tamiz de malla de 1 cm para ser homogeneizado (Tabla 2). Tres fracciones de suelo fueron separadas para la determinación de humedad gravimétrica, y a partir del 2° muestreo se separaron muestras para la extracción y determinación de residuos de Imazapir y análisis de nitratos. El resto de la muestra fue destinada a la preparación de las macetas de 700 gr de suelo húmedo. Por cada parcela muestreada se confeccionaron 3 macetas (submuestras) con 5 semillas. Las cuales se ralearon a 4 plántulas una vez emergidas.

Los bioensayos fueron conducidos en invernáculo bajo condiciones de temperatura no controladas manteniendo la humedad cercana a capacidad de campo. Las especies utilizadas fueron aquellas potencialmente usadas en una rotación de cultivos de la zona. Durante las fechas otoño invernales se utilizó trigo (cultivar Klein Zorro) y avena (cultivar INTA Canai) para los cuales el poder germinativo fue 95 % en el trigo y 94 % en la avena. Mientras que a partir de septiembre los bioensayos fueron realizados con especies estivales posibles en la rotación de cultivos, sorgo granífero (híbrido CP: 406-SIR), girasol (OLISUN 4 C2 82814:3) y maíz (DON MARIO 2741 MG RR2) no tolerantes a imidazolinonas. Las variables medidas fueron materia seca aérea (MSA) y materia seca de raíces (MSR) de las 4 plantas o al total de plantas establecidas. Mientras que a cada planta se le determinó la longitud de las raíces (LR). Las mediciones obtenidas fueron promediadas para el análisis estadístico. El diseño experimental de los bioensayos en el invernáculo fue en bloques completos aleatorizados con 3 submuestras y 3

repeticiones. Se empleó el procedimiento Proc Mixed de SAS a través del cual se realizaron los análisis de la varianza y el Test de Student para cada una de las variables en estudio; considerando los efectos principales “tratamientos”.

Tabla 2. Muestreos realizados y precipitaciones acumuladas desde la fecha de aplicación.

N° muestreo	Cultivos invernales				Cultivos estivales	
	1°	2°	3°	4°	1°	2°
Fecha	08-abr	19-may	14-jul	19-ago	16-oct	26-nov
Días desde la aplicación (DDA)	120	161	217	253	311	352
Precipitaciones ocurridas (mm)	256	279,9	281,5	288,1	363,7	485

RESIDUOS EXTRACTABLES DE IMAZAPIR DEL SUELO

A partir del 2° muestreo se analizaron analíticamente los residuos de Imazapir en el suelo. La técnica consistió en extracciones consecutivas de Imazapir del suelo con KCl (0.1 M), basándose en mecanismos de 3 ciclos consecutivos de agitación (10 min), sonicación (15 min) y centrifugación (10 min). Se utilizó una relación suelo-solución 1:4 (5 g suelo: 20 ml solución) realizándose 3 repeticiones. Las determinaciones se llevaron a cabo mediante UPLC: gradiente con fase móvil 0.01% de HCOOH-1 y CH OH, flujo de 0.350 ml min⁻¹, volumen de inyección 20 µl, columna ACQUITY UPLC® BEH C18 1.7 µm 2.1 x 50 mm, temperatura de columna 45 °C, tiempo de corrida 9 min y tiempo de retención de 2.6 min. En el espectrómetro de masas (Quattro Premier XE) Dwell time 0.03 seg., voltaje del cono 31 v y energía de colisión de 25 y 20 volts respectivamente. Los límites de detección y cuantificación determinados fueron de 0.05 y 0.1 ug l⁻¹ (Gianelli *et al.* 2010). Se llevó a cabo un análisis de regresión para establecer si hubo relación entre las concentraciones halladas mediante la determinación analítica y las variables medidas en los bioensayos (LR, MSR y MSA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

BIOENSAYOS

No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las tres variables medidas (MSA, MSR, LR) para ninguna fecha, sistema de labranza, ni cultivo. Tampoco se observaron los síntomas típicos ocasionados por residuos de imidazolinonas. La respuesta de la MSA y MSR a los tratamientos fue un tanto confusa y poco clara. Sin embargo, puede observarse en las Figuras 1 a 5 que el cultivo de trigo fue la especie más susceptible a la presencia de residuos de Imazapir y la variable LR la más sensible. En el cultivo de trigo si bien en el muestreo correspondiente a 120 DDA las respuestas a los tratamientos fueron confusas, en los muestreos siguientes en general se observó sobre la LR una disminución en las diferencias de los tratamientos respecto al testigo a medida que avanzó el tiempo (Figuras 2a a 2h). Esto manifestaría una reducción del efecto *carryover* conforme se va alejando de la fecha de aplicación.

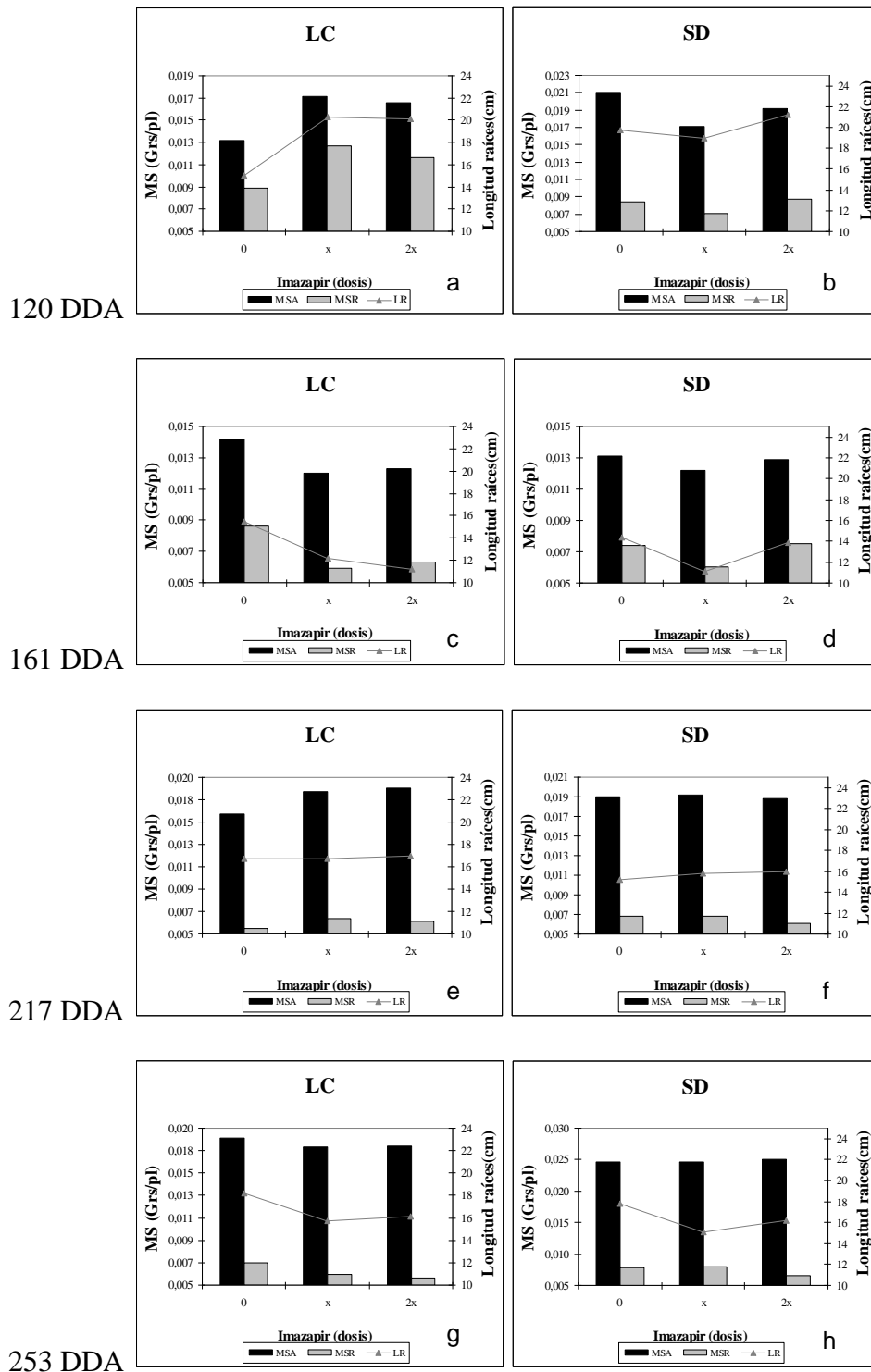


Figura 1. Resultados obtenidos en avena de cada una de las variables medidas (MSA, MSR y LR) para cada tratamiento, muestreo y sistema de labranza.

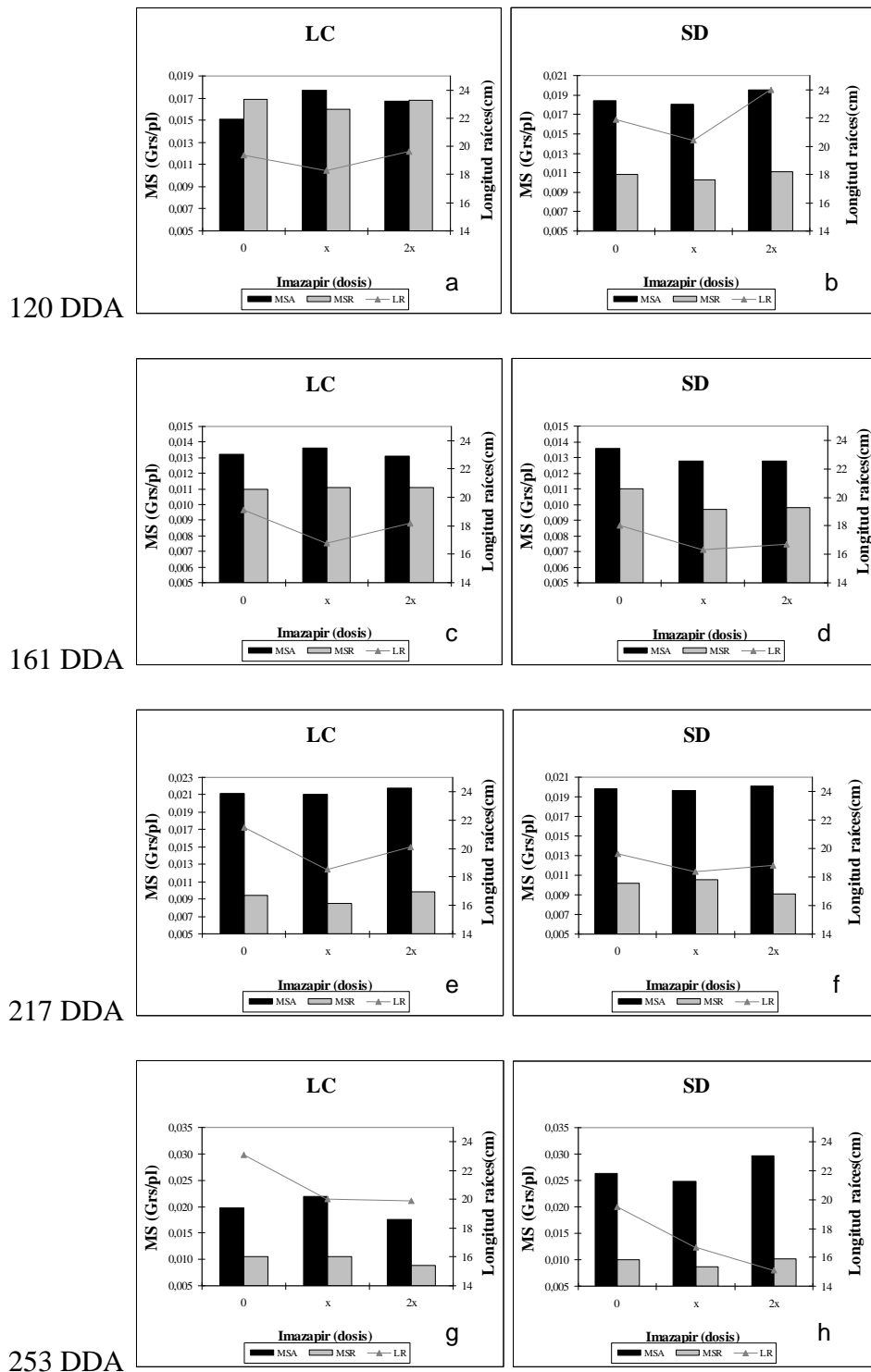
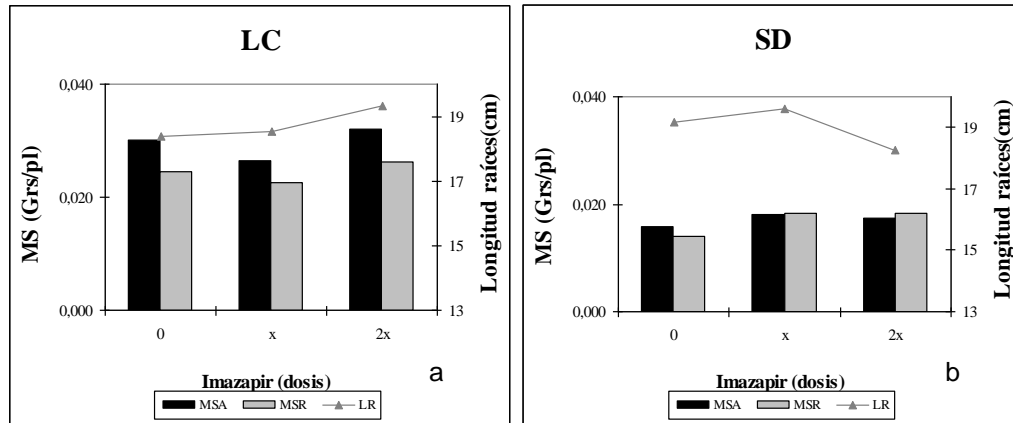


Figura 2. Resultados obtenidos en trigo de cada una de las variables medidas (MSA, MSR y LR) para cada tratamiento, muestreo y sistema de labranza.

311 DDA



352 DDA

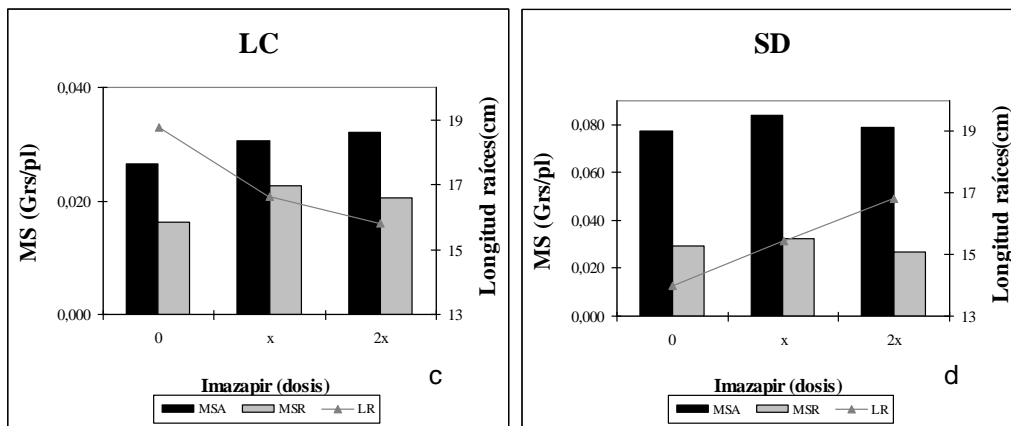
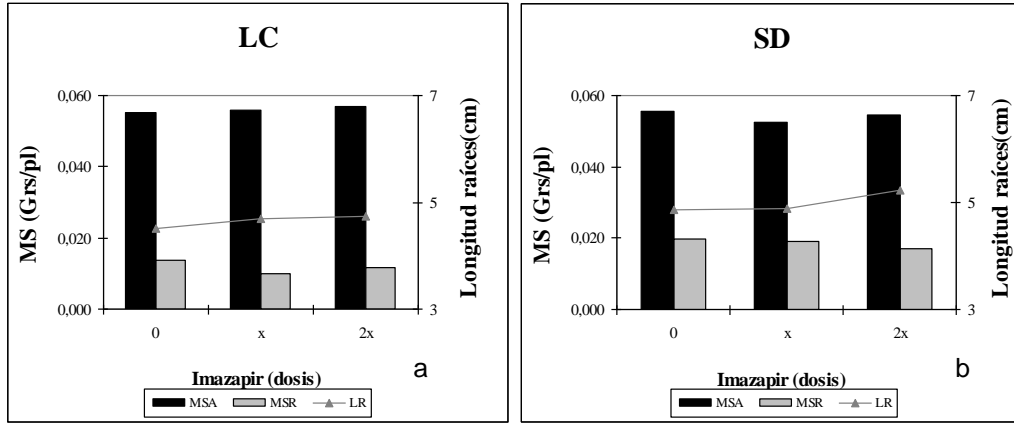


Figura 3. Resultados obtenidos en sorgo de cada una de las variables medidas (MSA, MSR y LR) para cada tratamiento, muestreo y sistema de labranza.

311 DDA



352 DDA

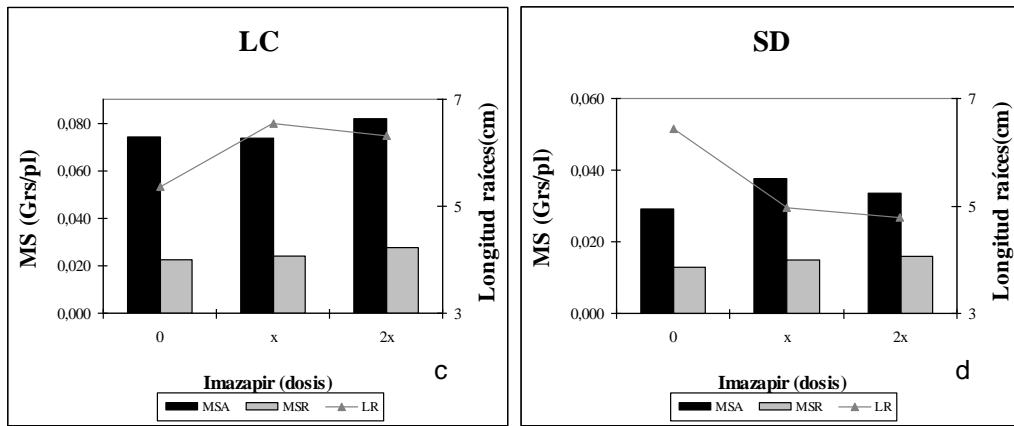
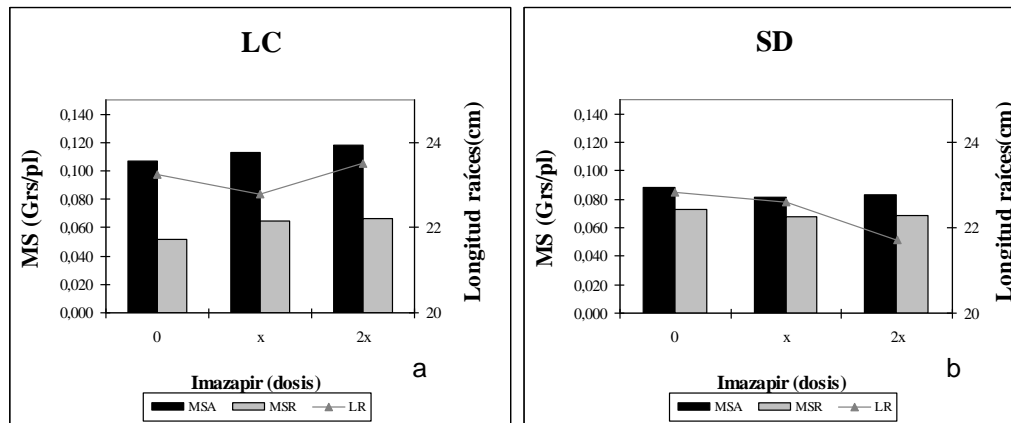


Figura 4. Resultados obtenidos en girasol de cada una de las variables medidas (MSA, MSR y LR) para cada tratamiento, muestreo y sistema de labranza.

311 DDA



352 DDA

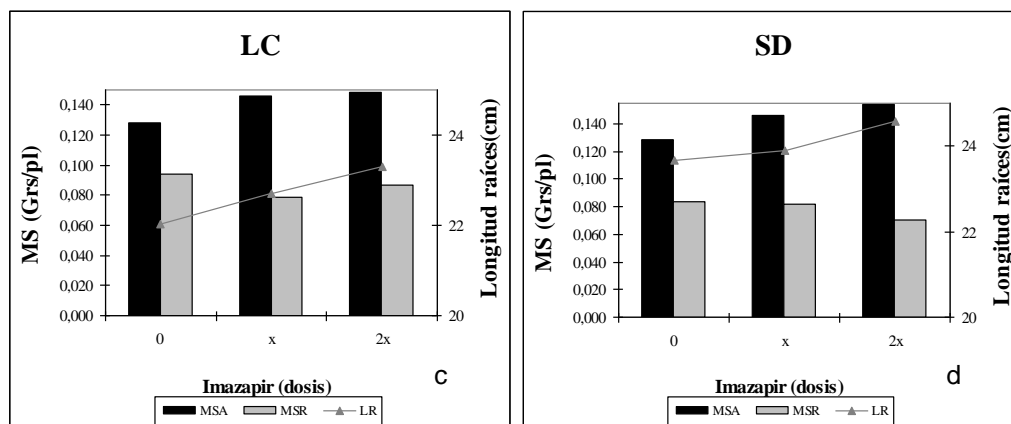


Figura 5. Resultados obtenidos en maíz de cada una de las variables medidas (MSA, MSR y LR) para cada tratamiento, muestreo y sistema de labranza.

En cada muestreo se esperaba el mayor efecto fitotóxico en el tratamiento 2x. Sin embargo, en varias oportunidades dicho tratamiento mostró mejor respuesta de las variables medidas que el testigo. Esto podría estar asociado a un mayor contenido de nitratos en el suelo por ausencia de consumo por parte de la maleza (Figura 6).

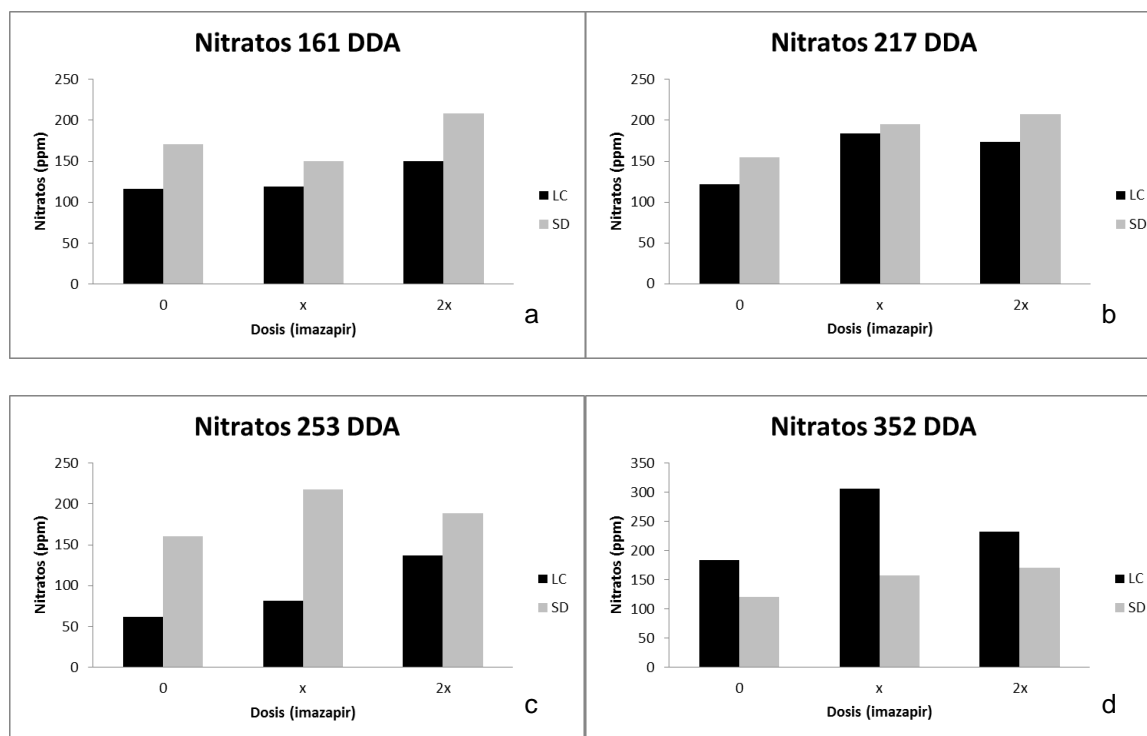


Figura 6. Contenido de nitratos en cada fecha de muestreo a los 0-8 cm de profundidad en cada tratamiento.

Durante el ciclo del cultivo pudo observarse un alto nivel de infestación de malezas en el tratamiento testigo por consiguiente un mayor consumo de nitratos en dicho tratamiento. Mientras que la alta eficacia y prolongada residualidad que ofreció la doble dosis de Imazapir resultó en un mayor contenido de nitratos comparado con el testigo. Esto hace presuponer que ante ciertos niveles de residuos de Imazapir y especies cultivadas de sensibilidad media, un suelo rico en nitratos logra superar el perjuicio del *carryover* a expensas de una planta mejor nutrida. Ante especies de mayor sensibilidad como trigo la residualidad del herbicida parece superar los beneficios otorgados por la mejor nutrición, en cambio en avena los rendimientos de las variables parecen estar más asociados a los contenidos de nitratos que a los residuos de herbicida. Según la variable LR se observaron efectos de *carryover* hasta 253 DDA siendo más manifiestos en trigo

que en avena. El contenido de nitratos hasta los 253 DDA fue mayor en SD que en LC. Mientras que en el muestreo a los 352 DDA, correspondiente al mes de noviembre, la LC presentó mayor contenido de nitratos que la SD. Respecto a ello los antecedentes demuestran que en LC el mayor contenido de nitratos respecto a SD responde a una mayor tasa de mineralización debido a la mayor temperatura edáfica en LC (Nyborg y Malhi, 1989).

Gianelli (2006) encontró un período de *carryover* para trigo de 138 a 266 DDA en un suelo franco arcilloso con 4,5 % de MO y pH 5,7; y CASAFE (2005) recomienda un período mínimo de 3 meses entre la aplicación de Imazapir y la fecha de siembra, y 200 mm de lluvias distribuidas regularmente durante ese período. En este trabajo las precipitaciones registradas desde la aplicación a cada una de las fechas de muestreos fueron 256, 278, 282 y 288 mm para los cultivos invernales, mientras que para los cultivos estivales 364 y 485 mm para la primera y segunda fecha de muestreo, respectivamente. Desde el primero de los muestreos el periodo entre la aplicación y la toma de muestras superó el recomendado entre aplicación y siembra por CASAFE, y las precipitaciones fueron levemente superiores a las sugeridas para la siembra de especies sensibles. De acuerdo a los resultados, si bien hubo cierto efecto sobre la LR los mismos fueron poco manifiestos, demostrando una sensibilidad relativamente baja de estos cereales y oleaginosas a los residuos de Imazapir.

Si bien para este trabajo las precipitaciones ocurridas superaron las aconsejadas para una siembra de un cultivo susceptible a Imazapir, debido a la heterogeneidad en la distribución de las lluvias en la zona en cuestión no debe descartarse de ninguna manera la posibilidad de no ocurrencia de dichas precipitaciones en otros años en particular; con lo cual la factibilidad de una siembra de un cultivo susceptible al *carryover* de Imazapir debe de ser analizada en cada caso en particular.

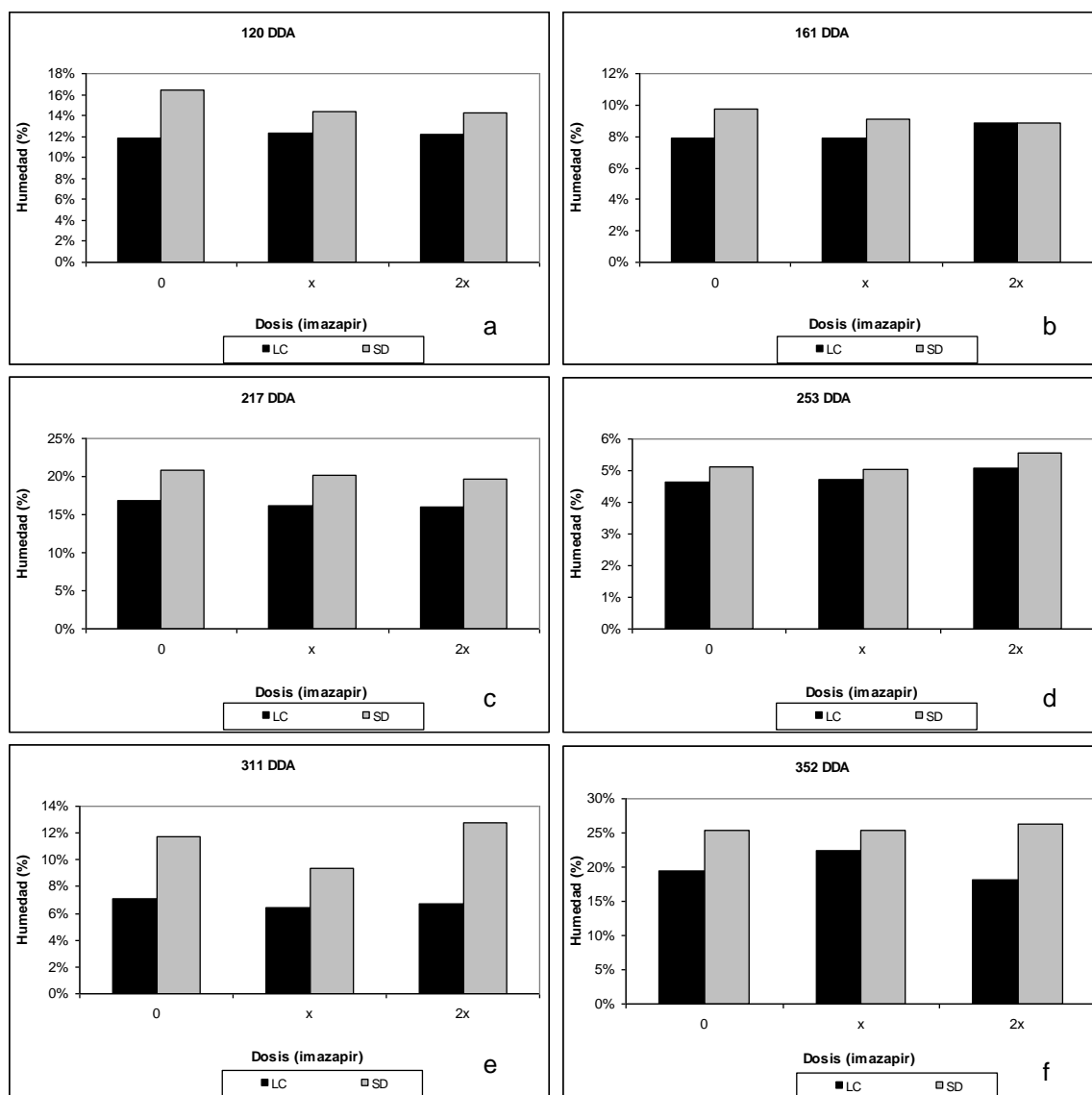


Figura 7. Resultados de humedad obtenidos mediante los muestreos de suelo para la realización de los biotest invernales.

La Figura 7 muestra que en todos los casos la humedad en LC fue menor a la humedad en SD. Esta condición estaría indicando que en años secos como en el que fue realizado el ensayo la actividad microbiana y por ende la degradación del herbicida en el suelo podría ser mayor en el

sistema de SD. Sin embargo, la actividad microbiana y por lo tanto la degradación del herbicida es resultado de la interacción de otras factores tales como la temperatura edáfica. Bioensayos realizados por McDowell *et al.* (1997) trabajando a 60 % de capacidad de campo obtuvieron 125 días de vida media a 15 °C que se redujo a 69 días a 30 °C.

RESIDUOS EXTRACTABLES DE IMAZAPIR DEL SUELO

En términos generales, la extracción de residuos del suelo demostró que en los muestreos sucesivos hubo disipación del herbicida del suelo, las concentraciones halladas decrecieron conforme aumentaban los DDA. Al comparar la respuesta por parte de la variable LR con los residuos extractables de Imazapir hallados en el suelo se obtuvo una baja relación (datos no mostrados) entre la respuesta biológica por parte de las especies estudiadas y la cuantificación analítica.

Un aspecto que llamó la atención fue la presencia de Imazapir en los testigos siendo que el lote del ensayo nunca había sido pulverizado con Imazapir. Esto estaría indicando algún tipo de contaminación por deriva durante la aplicación o bien contaminación cruzada en el laboratorio (Tabla 3).

Tabla 3. Residuos extractables de Imazapir en suelo.

Labranza	Tratamiento	Imazapir (ppm)			
		120 DDA	161 DDA	217 DDA	253 DDA
LC	0	s/d	0.0801	-	-
	x	s/d	0.1801	-	0.0120
	2x	s/d	0.0200	0.0160	-
SD	0	s/d	0.0721	0.0040	-
	x	s/d	0.0841	0.0060	-
	2x	s/d	0.0400	-	-

s/d: sin datos

CONCLUSIONES

Si bien las especies invernales y estivales utilizadas demostraron una sensibilidad baja a los residuos de Imazapir en el suelo, el trigo demostró ser el más susceptible. La longitud de raíces se mostró como la variable más sensible a los residuos en el suelo. El contenido de nitratos del suelo podría contrarrestar el efecto de *carryover* en especies poco sensibles como es el caso de las estudiadas. Los resultados de los bioensayos no se relacionaron con las concentraciones de Imazapir hallados mediante la cuantificación analítica de los residuos en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

A INTA Anguil en general por el espacio físico en donde desarrollar el trabajo. Y en particular a Jorgelina Montoya y Carolina Porfiri, por su dedicación y gran predisposición.

BIBLIOGRAFIA

- Alister C., M. Kogan. 2005. Efficacy of imidazolinone herbicides applied to imidazolinone-resistant maize and their *carryover* effect on rotational crops. *Crop Protection* 24:375–379
- Ashton F.M. y T. Mónaco. 1991. *Weed science. Principles and Practices*. 3° ed. A Wiley - interscience publication. John Wiley & Sons, inc. New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore. 466 pp.
- Belmonte M.L., M.D. Fernández, Y. Bellini Saibene, H.O. Lorda, L.R. Schaab, J.C. Fernández. 2008. Caracterización tecnológica y productiva del cultivo de girasol para la provincial de La Pampa. *En: Publicación Técnica N° 72. El Cultivo de Girasol en la Región Semiárida Pampeana* (eds. A. Quiroga y J. Pérez Fernández). Pp. 13-26
- Beardmore R.A., R. Hart, R. Iverson, Risley, M. Trimmer. 1991. Imazapir herbicide *En: Imidazolinone Herbicides* (eds. DL Shaner y SL O'Connor). CRC Press, Boca Raton, FL, pp 211-227.
- Bresnahan G., A. Dexter, W. Koskinen, W. Lueschen. 2001. Influence of soil pH-sorption interactions on the carry-over of fresh and aged soil residues of imazamox. *Weed Research* 42: 45-51
- Bresnahan G., W. Koskinen, A. Dexter, W. Lueschen. 2000. Influence of Soil pH Sorption Interactions on Imazethapyr Carry-over. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1929-1934.
- CASAFE. 2005. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. Generalidades - Herbicidas - Fertilizantes. Tomo I.

- Coffman C.B., J.R. Frank, W.E. Potes. 1993. Crop responses to hexazinone, imazapyr, tebuthiuron and triclopyr. *Weed technol.* 7: 140-145.
- Comfort S.D., P.J. Shea, F.W. Roeth. 1994. Understanding pesticides and water quality in Nebraska. Nebraska Cooperative Extension EC 94-135, USA. 16 pp.
- EPA, 1985. Occurrence Estimation Methodology and Occurrence Findings Report for the Six Year Review of Existing National Primary Drinking Water Regulations. Office of Water (4606). EPA-815- R-03-006 (ww.epa.gov). Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Gianelli V., M.J. Zelaya, F. Bedmar, J.L. Costa. 2010. Determinación de residuos de Imazapir en suelos mediante cromatografía líquida de ultra-performance y espectrometría de masas: puesta a punto de la técnica Metodológica. III Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental. SETAC. 12 al 14 de mayo de 2010. Santa Fe, Argentina.
- Gianelli V.R. 2006. Persistencia fitotóxica de Imazapir, aplicado en girasol *clearfield*. Trabajo de tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de INGENIERO AGRÓNOMO. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Gianelli V.R., C. Porfiri, F. Bedmar, J.C. Montoya, J.L. Costa, M.J. Zelaya. 2011. Persistence and adsorption of Imazapyr in a haplustol entic soil. LAPRW 2011. Book Abstract. 234.

- Istilart C.M. 2003. Residualidad de Imidazolinonas sobre cereales de invierno. Tercer Congreso Argentino de Girasol, ASAGIR. 31 de mayo y 1° de junio de 2005. Buenos Aires.
- James T.K., P. Klaffenbach, P.T. Holland, A. Rahman. 1995. Degradation of primisulfuron-methyl and metsulfuron-methyl in soil. *Weed Research* 35: 113-120.
- Mangels G. 1991. Behavior of the imidazolinone herbicides in soil – a review of the literature. Chpt 16 *En: The Imidazolinone Herbicides*, D.L. Shaner and S. L. O'Connor, eds. CRC Press. Boca Raton, FL. 290 pp.
- McDowell R.W., L.M. Condrón, B.E. Main, F. Dastgheib. 1997. Dissipation of imazapyr, flumetsulam and thifensulfuron in soil. *Weed Res.* 37: 381-389.
- Nyborg M. y S.S. Malhi. 1989. Effect of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate nitrogen content, moisture and temperature of soil in north-central Alberta. *Soil and Tillage Research*. 15: 1-9.
- O'Sullivan J. 2005. Development of a grower-friendly bioassay to determine the potential effect of imazethapyr residues in soil on vegetables crops. *En: Soil Residual Herbicides: Science and Management. Topics in Canadian Weed Science. Vol. 3.* (Ed. R.C. Van Acker). Pp. 81-88.
- Peoples T.R. 1984. Arsenal herbicide (AC 252,925): a development overview. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 37: 378-387.
- Porfiri C. y J.C. Montoya. 2008. Persistencia de Imazapir y su efecto sobre cereales de invierno. VII Congreso Nacional de Trigo. Julio de 2008. Santa Rosa, La Pampa. PV43.
- Pusino A., S. Petretto, C. Gessa. 1997. Adsorption and desorption of imazapyr by soil. *J. Agric. Food Chem* 45: 1012-1018.

- Roberts T. 1998. Imidazolinones. En: Metabolic Pathways of agrochemicals. Herbicides and Plant Growth Regulators. Part One. 351-375 pp.
- Santlemann P.W. 1977. Herbicide bioassay. *En*: B. Truelove, ed. Research Society. Pp. 79–87.
- Shaner D.L. y R. Hornford. 2005. Soil interactions of imidazolinone herbicides used in Canada. *En*: Soil Residual Herbicides: Science and Management. Topics in Canadian Weed Science. Vol. 3. (Ed. R.C. Van Acker). Pp. 23-30.
- Szmigielska A.M., J.J. Schoenau, K. Greer. 1998. Comparison of chemical extraction and bioassay for measurement of metsulfuron in soil. *Weed Science* 46: 487-493.
- Ulbrich A.V., J.R.P. Souza, D. Shaner. 2005. Persistence and carryover effect of imazapyr and imazapir in Brazilian Cropping Systems. *Weed Technology* 19: 985-991.
- Van Wyk L.J. y C.F. Reinhardt. 2001. A Bioassay Technique Detects Imazethapyr Leaching and Liming-Dependent Activity. *Weed Technology* 15: 1–6.
- Watson P.R. y S. Checkel. 2005. Soil residual herbicide bioassay: Science and practice. *En*: Soil Residual Herbicides: Science and Management. Topics in Canadian Weed Science. Vol. 3. (Ed. R.C. Van Acker). Pp.71-79.
- Weber JB. (1994) Properties and behavior of pesticides in soil. En: Mechanisms of Pesticides Movement into Ground Water (eds. RC Honeycutt & DJ Schabacker), 15-41. CRC Press, Inc. 2000 Corporate Blvd., N. W. Boca Raton, FL, USA.
- WSSA. 1994. Herbicide handbook. Weed Society of America. Champaign, Illinois. 352 pp.