

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SELECTIVIDAD DEL OXADIAZON EN INIA TACUARÍ
Y EL PASO 144, Y SU EFICIENCIA EN EL CONTROL
DEL ARROZ ROJO (*Oryza spp.*)**

por

Jesús CASTILLO VELÁZQUEZ
Diego GAUNA CASELLA

TESIS presentada como uno de los
Requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2006

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	III
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</u>	2
2.1 <u>ARROZ ROJO</u>	2
2.1.1 <u>Características</u>	5
2.1.1.1 Germinación y emergencia.....	6
2.1.1.2 Dormancia.....	7
2.1.1.3 Morfología y desarrollo de la planta.....	8
2.1.2 <u>Interferencia</u>	9
2.1.2.1 Interacciones interespecíficas.....	9
2.1.2.2 Interacciones intraespecíficas.....	11
2.1.3 <u>Hibridaciones naturales</u>	12
2.1.4 <u>Disminución de la calidad industrial</u>	13
2.1.5 <u>Factores que favorecen la expansión del arroz rojo</u>	14
2.1.6 <u>Alternativas para el control del arroz rojo</u>	14
2.1.6.1 Semillas.....	14
2.1.6.2 Sistema de implantación del cultivo.....	15
2.1.6.2.1 Sistema convencional.....	15
2.1.6.2.2 Laboreo reducido.....	15
2.1.6.2.3 Sistema pre-germinado.....	16
2.1.6.2.4 Sistema “mix” de pre-germinado.....	17
2.1.6.2.5 Sistema de trasplante de mudas.....	17
2.1.6.3 Manejo del agua.....	18
2.1.6.4 Manejo del suelo.....	18
2.1.6.4.1 Manejo pos cosecha.....	18
2.1.6.4.2 Pastoreo del área.....	19
2.1.6.4.3 Movilización del suelo mediante el laboreo.....	19
2.1.6.5 Rotación de cultivos.....	20
2.1.6.6 Roguing.....	21
2.1.6.7 Control Químico.....	21
2.1.6.7.1 Aplicación de herbicidas en presiembra.....	22
2.1.6.7.2 Barra química.....	23
2.1.6.7.3 Supresión de la producción de semillas viables.....	24
2.1.6.7.4 Cultivares de arroz resistentes a herbicidas.....	24
2.2 <u>HERBICIDAS EN EL SUELO Y AGUA</u>	27
2.2.1 <u>Coeficientes usados para caracterizar los herbicidas</u>	27

2.2.1.1	pKa.....	27
2.2.1.2	Kd.....	28
2.2.1.3	Kco.....	29
2.2.1.4	Kow.....	29
2.2.1.5	Rf.....	30
2.2.2	<u>Dinámica de los herbicidas en el suelo</u>	30
2.2.3	<u>Procesos químicos</u>	31
2.2.3.1	El fenómeno sorción-desorción.....	31
2.2.3.2	Absorción.....	31
2.2.3.3	Adsorción.....	32
2.2.3.4	Solubilidad en agua y temperatura vs. adsorción-desorción	35
2.2.3.5	Foto descomposición.....	37
2.2.4	<u>Procesos Físicos</u>	39
2.2.4.1	Lixiviación y movimiento de los herbicidas en el suelo.	39
2.2.4.2	Volatilización.....	41
2.2.5	<u>Procesos Microbianos</u>	41
2.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS EN ESTUDIO	43
2.3.1	<u>Glifosato</u>	43
2.3.1.1	Características generales y modo de acción.....	43
2.3.1.2	Sitio de acción.....	44
2.3.1.3	Absorción y traslocación.....	44
2.3.1.4	Efectos en las plantas.....	45
2.3.1.5	Dinámica en el suelo.....	45
2.3.2	<u>Oxadiazon</u>	46
2.3.2.1	Características generales.....	46
2.3.2.2	Sitio de acción.....	46
2.3.2.3	Absorción y traslocación.....	47
2.3.2.4	Sintomatología.....	48
2.3.3	<u>Oxadiazon en el suelo</u>	48
2.3.3.1	Factores que afectan la disponibilidad.....	48
2.3.3.1.1	Contenido hídrico.....	48
2.3.3.1.2	Propiedades del suelo.....	50
2.3.3.2	Persistencia.....	50
2.3.3.3	Disipación.....	52
2.3.3.4	Movilidad.....	53
2.3.3.5	Pérdidas.....	55
2.3.3.5.1	Pérdidas por volatilización.....	55
2.3.3.5.2	Pérdidas por foto degradación.....	56
2.3.4	<u>Usos del oxadiazon</u>	56
2.3.5	<u>Características de los herbicidas más usados en el arroz</u>	59
2.3.5.1	Herbicidas no iónicos.....	60
2.3.5.2	Herbicidas iónicos.....	62
2.3.5.2.1	Formulación como ácidos.....	62

2.3.5.2.2	Formulación como sales.....	64
2.4	IMPACTO AMBIENTAL.....	66
2.4.1	<u>Contaminación hídrica</u>	66
2.4.2	<u>Interferencia con otras especies</u>	68
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODO</u>	71
3.1	LOCALIZACIÓN.....	71
3.2	SUELOS.....	71
3.3	CLIMA.....	71
3.4	EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	73
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	73
3.6	TRATAMIENTOS.....	74
3.7	MANEJO.....	76
3.7.1	<u>Experimento de selectividad</u>	76
3.7.1.1	Laboreo.....	76
3.7.1.2	Aplicación de los tratamientos.....	77
3.7.1.3	Siembra.....	77
3.7.1.4	Fertilización.....	78
3.7.1.5	Manejo del agua.....	78
3.7.1.6	Control de malezas durante el cultivo.....	79
3.7.1.7	Cosecha.....	79
3.7.2	<u>Experimento de control de arroz rojo</u>	79
3.7.2.1	Laboreo.....	79
3.7.2.2	Aplicación de los tratamientos.....	80
3.7.2.3	Siembra.....	80
3.7.2.3	Fertilización.....	80
3.7.2.4	Manejo del agua.....	80
3.7.2.4	Control de malezas en el cultivo.....	80
3.7.2.5	Cosecha.....	81
3.8	REGISTROS Y DETERMINACIONES REALIZADAS.....	81
3.8.1	<u>Experimento de selectividad</u>	81
3.8.1.2	Registros en pre-siembra.....	81
3.8.1.3	Registros en pos-siembra.....	82
3.8.2	<u>Experimento de control de arroz rojo</u>	83
3.8.2.1	Registros en pre-siembra.....	83
3.8.2.2	Registros en pos-siembra.....	83
3.8.3	<u>Prueba de compatibilidad de los productos (Jar Test)</u>	85
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	86
3.9.1	<u>Experimento de selectividad</u>	86
3.9.1	<u>Experimento de control de arroz rojo</u>	87
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	90
4.1	EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA SELECTIVIDAD DEL OXADIAZON EN EL ARROZ.....	90

4.1.1	<u>Selectividad del oxadiazon en la variedad El Paso 144</u>	90
4.1.1.1	Efectos en la emergencia.....	90
4.1.1.2	Efectos en la altura de las plantas de arroz.....	96
4.1.1.3	Efecto en el número de panojas de arroz/m ²	97
4.1.2	<u>Selectividad frente a la variedad INIA Tacuarí</u>	99
4.1.3	<u>Análisis comparativo entre las dos variedades</u>	101
4.1.3.1	Análisis comparativo para la variable emergencia.....	101
4.1.3.1.1	Análisis comparativo de la variable emergencia para la forma de aplicación mezcla de tanque..	101
4.1.3.1.2	Análisis comparativo de la variable emergencia para la forma de aplicación secuencia.....	102
4.1.3.2	Análisis comparativo para la variable altura.....	103
4.1.3.2.1	Análisis comparativo de la variable altura para la forma de aplicación mezcla de tanque.....	104
4.1.3.2.2	Análisis comparativo de la variable altura para la forma de aplicación secuencia.....	104
4.1.3.3	Análisis comparativo para la variable panojas/m ²	105
4.1.3.3.1	Análisis comparativo para la variable panojas/m ² dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque.	105
4.1.3.3.2	Análisis comparativo para la variable panojas/m ² dentro de la forma secuencia de aplicación.....	106
4.1.3.4	Síntesis del análisis conjunto.....	107
4.1.4	<u>Síntesis del experimento de selectividad</u>	110
4.2	EFFECTOS EN EL CONTROL DEL ARROZ ROJO	111
4.2.1	<u>Efectos sobre la población del arroz rojo</u>	111
4.2.1.1	Efectos sobre la población de arroz rojo según la forma de aplicación mezcla de tanque.....	112
4.2.1.1.1	Análisis utilizando el testigo absoluto.....	112
4.2.1.1.2	Análisis utilizando el testigo solo con glifosato.	113
4.2.1.2	Efectos sobre la población de arroz rojo según la forma de aplicación secuencia.....	114
4.2.1.2.1	Análisis utilizando el testigo absoluto.....	114
4.2.1.2.2	Análisis utilizando el testigo solo con glifosato.	116
4.2.2	<u>Efecto sobre el número de plantas de INIA Tacuarí</u>	117
4.2.3	<u>Efecto sobre el número de panojas de arroz rojo a cosecha</u>	120
4.2.3.1	Análisis utilizando al testigo absoluto dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque.....	120
4.2.3.2	Análisis utilizando al testigo solo con glifosato para la mezcla de tanque.....	121
4.2.3.3	Análisis utilizando al testigo absoluto para la forma de aplicación secuencia.....	122
4.2.3.4	Análisis utilizando al testigo solo con glifosato para la forma de aplicación secuencia.....	124

4.2.4	<u>Efecto sobre el rendimiento de INIA Tacuarí.....</u>	126
4.2.4.1	Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque utilizando al testigo absoluto.	126
4.2.4.2	Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque utilizando al testigo solo con glifosato.....	127
4.2.4.3	Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia utilizando al testigo absoluto.....	128
4.2.4.4	Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia utilizando al testigo solo con glifosato.	130
4.2.5	<u>Efecto sobre el porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí.....</u>	131
4.2.5.1	Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando el testigo absoluto.....	131
4.2.5.2	Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando el testigo solo con glifosato.	132
4.2.5.2	Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo absoluto.....	133
4.2.5.2	Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo solo con glifosato.....	134
4.2.6	<u>Síntesis del experimento de control de arroz rojo.....</u>	135
5.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	137
6.	<u>RESUMEN.....</u>	139
7.	<u>SUMMARY.....</u>	140
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	141
9.	<u>ANEXOS.....</u>	149

1- INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales más producido y consumido en todo el mundo, cultivado en 150 millones de hectáreas, con una producción de 600 millones de toneladas

Uruguay tiene en el arroz uno de sus principales generadores de divisas. Prueba de esto fueron las 186 mil hectáreas sembradas del cultivo, en la zafra 2003/2004, superficie que supera a las tres últimas con un incremento del 22 % con respecto a la zafra anterior. Para 2003/2004 la producción se situó en 1,3 millones de toneladas, con un promedio de 6771 kg/ha sembrada.

En esta zafra, el retorno del arroz sobre tierras anteriormente utilizadas recuperadas naturalmente, fue del 56,7 %. Sobre rastrojos del año anterior se instaló el 37 % del área, incorporándose como campo nuevo solo un 6.3 % del área. En el caso de los retornos, estos cada vez tienen periodos de descanso menores, ya sea por la incorporación de pasturas o por una rotación más intensa.

Este aumento de la intensidad, que ocurrió a raíz la suba internacional del precio a partir de los comienzos de la década de los 90, provocó un mayor uso de la tierra que favorece tremendamente la proliferación del arroz rojo generando incrementos en la posibilidad de aparición de la maleza con los años de presencia del cultivo de arroz.

Una encuesta realizada por Zorrilla (1998) en 1987 mostró que la presencia de granos de arroz rojo en el arroz que recibía la industria, sobre un 90 % de las muestras que recibieron ese año los laboratorios de los molinos, era muy baja, representando un 0,0038 % de presencia de la maleza. No obstante lo anterior en las últimas zafras la información que se obtiene de los técnicos como de los productores del sector es de las infestaciones esporádicas se ven en forma mucho más frecuentes y ya existen zonas donde se ha discontinuado su uso arrocero.

El arroz rojo no ha sido un problema grave en la producción arrocera uruguaya en los últimos 20 años hasta comienzos de la década de los 90, debido a una exitosa campaña de la producción de la semilla que utilizan los productores. A partir de allí el incremento del área afectada ha ido en aumento. En particular para esta zafra (2003/2004) el 34 % del área arrocera tuvo algún grado de infestación de arroz rojo, en particular la zona este tuvo un 43 % de chacras con presencia de la maleza, mientras que en el norte y centro 25 y 11 % respectivamente según datos de DIEA 2004.

En función del incremento de las áreas con aparición de la maleza, sumado a altas infestaciones de plantas, surge la necesidad de estudiar opciones que reduzcan la cantidad de semillas de arroz rojo en el suelo, para de alguna manera tener asegurada una producción de semilla libre de la maleza. Con esta visión se decidió realizar este trabajo de tesis, en el cual se pretende, a través del control químico de la maleza, evaluar por un lado la selectividad del oxadiazon aplicado previo a la siembra de INIA Tacuarí y El Paso 144, y por otro lado evaluar el control del arroz rojo solo para INIA Tacuarí.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 ARROZ ROJO

Como el arroz cultivado, el arroz rojo (*Oryza Sativa Linn*) también es originario del continente asiático y a partir de esa región fue diseminado para el resto del mundo mezclado con la semilla (Sato 1998, citado por Noldin 1998).

En Japón, se tienen registros del cultivo de arroz con pericarpio rojizo desde al año 700 D.C. siendo sembrado en casi todas las áreas de ese país, tanto del grupo japonico como del indico. Este tipo de arroces se dejó de cultivar a causa de su bajo rendimiento y sabor a partir de la segunda mitad del siglo XIX, desapareciendo poco antes de la segunda guerra mundial. No obstante lo anterior en algunas partes del mundo, como en el sudeste asiático y el sur de China, se siguen sembrando este tipo de arroces consumiéndose en las formas tradicionales (Ogawa 1992; citado por Menezes, 1998).

Ogawa, (1992), citado por Menezes (1998), también señala que los biotipos actuales de arroz rojo con características de maleza serían descendientes de los arroces que se sembraban en el pasado y a través de los cruzamientos a lo largo del tiempo fueron adoptándose a competir con los arroces cultivados.

No se tiene información a partir de que época el arroz rojo fue introducido en América latina. Esta maleza fue reconocida en el cultivo de arroz a partir del año 1846, en los estados de Carolina del Norte y Carolina del Sur, en los Estados Unidos. En 1850 científicos del Departamento de Agricultura de este mismo país tenían registrado cuatro tipos diferentes de la maleza (Cragmiles 1978, citado por Diarra 1985).

Se piensa que la introducción del arroz rojo fue por el hecho de estar mezclada con semillas que traían los inmigrantes asiáticos, principalmente de la zona este de Asia, cuando llegaron a tierras Americanas (Cragmiles 1978, citado por Noldin 1998). Estados de la zona Suroeste, tienen 200 años de historia del cultivo de arroz. Tal es el caso de Arkansas, donde las pérdidas generadas por la maleza ascienden a 10 millones de dólares al año (Baldwing et al 1989, citado por Gealy 20000). En este mismo estado la gravedad es tal que el arroz envasado comercializado en supermercados puede encontrarse granos de arroz rojo. (Saldain, 2004, com.pers.)

En la actualidad, tanto el arroz rojo como el negro y otras especies de arroces salvajes, se encuentran diseminados en casi todas las áreas de producción de arroz en el mundo. Esto es así a raíz de una mayor mecanización del cultivo con una disminución del trasplante a mano (en especial en los países asiáticos) haciendo que el cultivo se siembre en seco y no en agua, permitiendo la proliferación de la maleza (Noldin, 1998).

Con respecto a la región del cono sur, se podría decir que en Brasil no se tienen registros de cuando fue introducida, pero en 1968, un Ingeniero Agrónomo del Ministerio de Agricultura Brasileño, constató la ocurrencia de una elevada infestación de semillas de la maleza en muestras llevadas al laboratorio de Tijucas estado de Santa Catarina (Palhares 1968, citado por Noldin 1998).

Actualmente, el arroz rojo es el principal problema que tiene el país norteño. En el estado de Río Grande Del Sur, según estimaciones, se dejan de producir el equivalente a un 20 % de la producción potencial de arroz a causa de las pérdidas originadas por la competencia de la maleza con el cultivo (Marchesan et al, 2004).

Para el caso de la Argentina el problema del arroz rojo no es grave, teniendo por el contrario una disminución de la maleza, según fuentes de la industria, en los últimos años. Además aseguran que en las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa y Santa Fé con más tradición e historia del arroz, es donde la infestación se encuentra más generalizada, mientras que en Entre Ríos es mucho menor (Marin, 1998).

En el Uruguay, se sabe que en las variedades sembradas hasta la década del 70, americanas, Italianas y japonesas se encontraban semillas de arroz rojo, viéndose en esa época cultivos con infestaciones hasta del 80 % (Chebataroff, 1999).

Según Zorrilla (1992, 1998) en 1972 el 38 % del arroz recibido por la industria en este país, tenía algún grado de infección y 100 % de las chacras presentaban altos niveles de la maleza, con un área en aquel momento de las 26800 hectáreas. En 1984, el área aumentó a 80 mil hectáreas en el Uruguay por lo que el cultivo se expandió a campos nuevos dada la creciente exportación del arroz. Esto hacía que los productores adquirieran semilla certificada todos los años, por lo que en 1971 se inició el programa de certificación por parte de la estación experimental del este (EEE CIAAB).

En principio la infestación fue principalmente de arroz rojo de cáscara roja, bajando su presencia con el tiempo, quedando remanente el arroz rojo de cáscara negra

en las zonas donde más años lleva realizándose el cultivo. Este tipo es más agresivo que el de cáscara roja, detectándose arroz negro en algunos campos nuevos de poco uso arrocero (Chebataroff, 1999).

A través de la introducción de semilla del Brasil dado por una fuerte expansión del área arrocera hacia la zona centro y norte del país en la década de los 90 se generó una mayor diseminación de la semilla de la maleza a causa de una importante presencia de productores brasileños que tienen como práctica la introducción y uso de semilla propia, lo que también contribuye a la diseminación de la maleza (Zorrilla 1998).

Lo anterior genera que actualmente un 34 % de los productores afirman la presencia de arroz rojo en sus chacras, siendo más alta en la zona este, donde la intensividad y la historia del cultivo ha sido mayor (DIEA 2004).

2.1.1 Características

El arroz rojo (*Oryza sativa L Var. Sylvatica*) es del mismo género y especie del arroz cultivado (*Oryza sativa L.*), teniendo la coloración del grano rojo a causa de la acumulación de tanino o de antocianina (Ogawa 1992, Pantone & Baker 1991, citado por Menezes 1998). Voughan (2001) citado por Marchezan et al. (2004) identificó en los Estados Unidos especies pertenecientes a los géneros: *Oryza sativa* spp. Indica, *O. Sativa* spp. Japónica, *O. Nivara* y *O. Rufipogon*.

Desde el punto de vista de la morfología de la planta y de la semilla Hoagland (1978) citado por Marchezan et al. (2004), encontró que no hay marcadas diferencias entre el arroz rojo y el cultivado, inclusive cuando al usar un microscopio de barrido, no fueron encontradas diferencias fisiológicas ni bioquímicas al compararse la enzima (aryl-acylamidasa) responsable del metabolismo del Propanil.

En cuanto al ciclo biológico, el arroz rojo, en general, es más precoz pudiendo ser en algunos casos similar al del arroz cultivado (Lorenzzi 1991, citado por Marchezan 2004). Otro autor como Burgos (2005) afirma que las características de la maleza coinciden con las de las variedades del tipo índica, aunque existen también con características de tipo japónica.

En el Uruguay se encuentran dos tipos. El “arroz rojo de cáscara negra” (arroz negro) debe su nombre a la coloración de su lema y pálea, presentando aristas largas (4-5 cm.) y el “arroz rojo” de palea y lema de color rojo y de aristas cortas. Ambos presentan un tipo de grano corto, grueso y pubescente (Zorrilla 1992).

2.1.1.1 Germinación y emergencia

Las semillas, además de la rehidratación necesitan para germinar otros estímulos externos como: luz, temperatura y estímulos químicos (Borthwick 1952, Toole 1955, Mancinelli 1966, Thomas 1992, Small 1991, citados por Nam-Jin Chung 2003).

En general la habilidad de las malezas para germinar se ve afectada por la profundidad a la cual estas están enterradas en el suelo (Robert 1972, citado por Vidotto 2000). También se ha demostrado que los cambios en la germinación están asociados al grado de humedad del suelo, la dormancia y la longevidad de la semilla, como factores internos (Takahashi, 1995).

Vidotto et al. (2000) encontraron que el arroz rojo no germina inmediatamente después de caer de la panoja, dado esto por poseer el mecanismo de dormancia. Para romper esta dormancia es necesario diferentes periodos de tiempo. Estos autores señalan además que, en condiciones de saturación del suelo, semillas a 10 cm de profundidad pudieron germinar. La mayoría de las semillas que germinaron en el estudio se encontraban en una capa de 5 cm. En suelos donde había una capa de agua en la superficie del suelo afectó la emergencia de las semillas, inclusive las más superficiales.

Según Helpert (1981) inhibidores de la germinación serían los principales responsables de la dormancia inicial de la semilla, y los mismos estarían ubicados en las lemas y paleas que cubren las semillas de arroz rojo. Estos inhibidores serían más efectivos, sobre la dormancia y la germinación, que la presencia de la cáscara de la semilla inclusive cuando en la misma entran agua y oxígeno, pudiendo durar este efecto desde 2 a 4 semanas.

Emergencias de semillas de arroz rojo, con cáscara negra y roja, fueron estudiadas para diferentes tipos de suelos. Semillas de arroz rojo emergieron desde una profundidad de 16 cm. en un suelo arenoso, mientras que para un suelo arcilloso, a la misma profundidad, no hubo emergencia (Helpert 1978, citado por Gealy et al. 2000). Afirmando esto, Takahashi (1984) citado por Gealy et al. (2000) estudió que existían

diferencias en el desarrollo del mesocótilo de la plántula de diferentes biotipos de arroz, determinando la habilidad de poder germinar desde grandes profundidades.

Según Takahashi (1978) citado por Dilday (1990), la temperatura, la luz y el aire tienen un efecto sobre la elongación del mesocótilo y el coleoptile en el arroz. Este mismo autor sostiene que la luz restringe la elongación del coleoptile con concentraciones de oxígeno menores a 100 ml/L. Removiendo la concentración de CO₂ se vio que las semillas no necesitaban elongar el mesocotilo para emerger.

Gealy et al. (2000), utilizaron diferentes ecotipos de arroz rojo colectados en los estados de Arkansas, Louisiana y Mississippi, encontraron que a profundidades por encima de los 7,5 cm., y luego de 21 días de sembrado el arroz comercial, todas las semillas de dichos ecotipos habían emergido. Esto fue realizado para suelos arenosos y arcillosos, obteniendo que la emergencia fue más temprana en el tipo de suelo arenoso.

Roberts et al. (1972) citado por Ferrero et al. (2000) sostienen que la profundidad en la que se encuentra la semilla en el suelo y las condiciones de humedad del mismo tendría un efecto negativo en la emergencia de las semillas de arroz rojo. Estudios realizados por Ferrero et al. (2000) muestran que altas emergencias de la maleza se ven afectadas por la profundidad a la que se encuentra la semilla y la presencia de una lámina de agua en el suelo. Estos autores señalan que altas emergencias se dieron con condiciones de buena humedad en el suelo y la semilla colocada en la superficie de este, disminuyendo el porcentaje de germinación hasta los 10 cm de profundidad. Cuando al mismo suelo se le coloca una lámina de agua de 4-5 cm, hay un significativo descenso en la germinación de las semillas, siendo solo del 15 % a 4 cm de profundidad con presencia de la lámina y solo 45 % con buena humedad en el suelo.

2.1.1.2 Dormancia

Para Takahashi (1995) las semillas no germinan luego de caer de la planta madre, esa inhibición de la germinación es llamada dormancia. Esta es inducida en el proceso de formación del grano, y se le denomina dormancia primaria, siendo el embrión inmaduro el causante de este proceso.

Dodson et al. (1898), citado por Gealy et al. (1998) afirman que las semillas de arroz rojo desarrollan una dormancia primaria aún cuando se encuentran en el raquis de la panoja de la planta madre y algunas semillas se desprenden de la misma antes de

llegar a la madurez fisiológica. Esta característica es muy importante para la persistencia del arroz rojo en los campos infectados, dado que el arroz rojo de cáscara negra tiene mayor dormancia que el de cáscara roja explicado por una caída más temprana de la semilla de la panoja, no teniendo aún la madurez suficiente como para entrar en la dormancia secundaria (Gealy et al. 2003).

Una vez culminado el proceso de madurez del embrión, la semilla está apta para germinar, pero factores ambientales como temperatura, agua, relación O_2/CO_2 y las cubiertas seminales no le permiten germinar siendo esta etapa denominada dormancia secundaria. Este proceso le permite asegurar la longevidad a la especie, aunque algunas de las condiciones antes mencionadas sean las aptas para germinar (Takahashi, 1995).

Algunas semillas de arroz rojo mantienen la capacidad de germinar aún después de 10 años en el suelo. En el Uruguay, estudios realizados con biotipos encontrados arrojaron que luego de 51 meses el 20 % de las semillas enterradas en el suelo (entre 5 a 15 cm) eran viables (Zorrilla, 2002). La dormancia secundaria juega un papel muy importante para mantener la viabilidad de las semillas de arroz rojo a través del tiempo.

Estudios realizados por Noldin (1995) sobre diferentes ecotipos de arroz rojo mostraron que la longevidad de la semilla se veía influenciada por la profundidad a que esta estaba enterrada, el ecotipo, y la presencia o no de agua cubriendo la superficie del suelo. Las semillas fueron enterradas en un rango de 5 cm hasta los 25 cm. Durante el primer verano, germinaron las semillas que se encontraban a 5 cm, mientras que las más profundas no fueron viables hasta el siguiente año.

2.1.1.3 Morfología y desarrollo de la planta

El arroz rojo tiene un mayor y más temprano desarrollo en la primavera que el arroz cultivado. Esta rapidez se da básicamente en las etapas iniciales de la planta. Para diferenciarlo del arroz cultivado, se podría decir que tanto el arroz rojo como el negro presentan plantas con porte más alto que las variedades sembradas, posee mayor índice de área foliar y de tasa de crecimiento, pero produce pocas semillas. Las hojas son ásperas de color verde claro, es muy macolladora (hasta 50 macollos por planta para plantas aisladas) y de hábito decumbente, tendiendo a sobresalir e inclinarse sobre el arroz cultivado (Kwon 1992).

Otros estudios conducidos por Diarra et al. (1985a) donde se compararon la morfología y el desarrollo de arroz rojo cáscara negra y arroz rojo cáscara roja, con cultivares de arroz, destacan la más rápida emergencia, mayor altura, elevado número de macollos, generando un mayor número de panojas/m², con un incremento importante en la producción de biomasa, teniendo así un mayor índice de área foliar que el arroz cultivado. Otra característica es el importante desgrane previo a la cosecha del cultivo. Dentro de los biotipos de arroz rojo, estos autores señalan que el de cáscara negra produjo 27 % más de macollos, 18 % más de biomasa, y tuvo una madurez más tardía que el de cáscara roja.

Para Gealy et al. (2002) sobre muestras colectadas en Arkansas, el arroz rojo cáscara negra tiene una floración más tardía que la del arroz rojo de cáscara pajiza.

Diarra et al. (1985b), Zorrilla (1992) destacan el bajo rendimiento de arroz rojo a la cosecha debido a su extrema facilidad de desgrane haciendo que muy pocos granos de arroz rojo sean cosechados. Souza et al. (1986) citado por Zorrilla (1992), encontraron que un 70 % de las semillas de la maleza habían desgranado cuando el cultivo comercial tenía 18 % de humedad. Diarra et al. (1985b) lograron cosechar solo el 30 % de la semilla de arroz rojo, explicado por el mayor desgrane de la panoja, reinfectando de esta manera el campo para los siguientes cultivos.

2.1.2 Interferencia

2.1.2.1 Interacciones interespecíficas

La competencia ejercida por el arroz rojo sobre el arroz cultivado se torna muy agresiva, ya que ambas especies tienen una demanda similar, de modo simultáneo, sobre los mismos recursos (Fleck 1980, citado por Menezes 1998).

El principal efecto negativo de una invasión de esta maleza en el cultivo es la disminución en el rendimiento, debido a la competencia directa de la maleza por luz, espacio y nutrientes (Zorrilla, 1992).

Resultados obtenidos por Kwon et al (1991) sobre estudios de competitividad del arroz rojo frente a variedades norteamericanas como Lemont y Newbonnet muestran que una planta de la maleza por metro cuadrado reduce en promedio 272 y 178 kg/ha de

arroz respectivamente. Esto se explica por que la variedad de ciclo más corto y menor producción de materia seca como Lemont tiene disminuida su habilidad competitiva frente al arroz rojo. En el caso de Newbonnet, se trata de una variedad con ciclo mas largo con una mayor competitividad que Lemont. Estos autores sostiene que el factor de más importancia es la luz, cuando los otros factores como agua y nutrientes no son limitantes para una población donde se encuentran plantas de arroz rojo compitiendo con el arroz cultivado.

Como forma de cuantificar la disminución del rendimiento puede afirmarse que cada panoja de arroz rojo por metro cuadrado puede disminuir de 16 a 18 kg/ha la productividad del arroz cultivado (Diarra et al. 1985).

Según Smith (1988) cuando se tiene densidades de 3 a 19 plantas de arroz rojo por metro cuadrado (m²) el rendimiento del arroz cultivado decrece 10 a 50 % respectivamente, mientras que Burgos (2005) en estudios más recientes sostiene que la competitividad de una sola planta de arroz rojo/m² logró disminuir 219 kg/ha de la variedad Newbonnet.

Diarra et al. (1985), encontraron que densidades bajas de 5 plantas de arroz rojo/m² disminuyeron un 22 % el rendimiento, mientras que densidades altas entre 108 a 215 plantas de la maleza/m² redujeron el rendimiento entre 57 a 82 % para la variedad Lebonnet de grano largo.

Ensayos realizados en el sur de Brasil, muestran que 170 panojas de arroz rojo provocan una merma en el arroz cultivado del 50 % (De Souza 1986, citado por Fischer 1993).

Durante los primeros 50 días, luego de la emergencia de la maleza junto con la del arroz, Know (1991) citado por Fischer (1993) reportan una baja competencia por recursos. No obstante en las etapas más desarrolladas del cultivo, entre los 60 hasta los 100 días después de la emergencia del arroz rojo se da la mayor competencia con el cultivo de arroz (Kwon 1992).

Las pérdidas más importantes del arroz cultivado, según Fischer (1993), se dan cuando el arroz rojo compite durante la floración y el llenado de grano. Durante estas etapas del cultivo, donde la radiación solar es esencial para obtener altos rendimientos,

la maleza ejerce un sombreado sobre el cultivo al ser más alta y producir un mayor número de macollos (Yoshida 1981, citado por Fisher 1993).

Además de la interferencia sobre los recursos para el cultivo del arroz, se tienen evidencias de que el arroz rojo libera aleloquímicos, a través de exudados radiculares, los cuales estarían perjudicando el desarrollo inicial de las plántulas de arroz cultivado (Fleck , 1997, citado por Marchrzan 2004).

Otro daño importante es la ocurrencia de “acamamiento” de la maleza sobre el arroz cultivado, cuando las infestaciones son elevadas. En estos casos las pérdidas de arroz son totales, comprometiendo el uso futuro del área dado la alta contribución de semillas al suelo. En general los daños pueden ser variables, dependiendo del nivel de infestación y el manejo antes de sembrar el cultivo. Otros tipos serían los generados por desvalorización del área como también la disminución del producto cosechado (Marchezan , 2004).

2.1.2.2 Interacciones intraespecíficas

No hay una respuesta lineal entre el aumento de densidad de plantas y la materia seca producida por éstas, sino que la dinámica poblacional puede estar perjudicada por la mortalidad de plantas a través del tiempo que estarían modificando la densidad. Si se tiene una población infinita de plantas, a lo largo del tiempo no se tendrían infinitas plantas de tamaño pequeño sino que las densidades crecen hasta un límite ocurriendo mortalidad de plantas durante el proceso. Este fenómeno poblacional, densidad dependiente, es denominado “auto raleo” (Self-Thinning) (Silvertown 1993).

Estos autores señalan que en situaciones donde se cuente con una alta población de plantas a las que se pueda seguir por un determinado período de tiempo, se podrá ver como crece hasta un punto o límite desde el cual la caída del número de individuos es repentina y fuerte hasta el final del ciclo la planta donde el rendimiento de las que llegan se ve disminuido.

Para que el auto raleo ocurra, se debe sobrepasar la “línea de raleo” (Thinning Line), límite éste en el cual la competitividad de los individuos por los nutrientes y por otros factores que afectan el desarrollo vegetal se hace muy alta generando una mortandad de plantas hasta que la relación entre competitividad y densidad se estabilice nuevamente. La pendiente con que cae la población es de $-1,5$ cuando se sobrepasa la

“línea de raleo”, y se mantiene constante hasta quedar un solo individuo de esa población.

2.1.3 Hibridaciones naturales

En una determinada región la población de arroz rojo estaría constituida por varios biotipos de arroz rojo, teniendo grandes variaciones en términos de características de la planta como ausencia o presencia de aristas, largo de aristas, coloración y variación en la tonalidad de los granos (Menezes 1998).

La existencia de diferentes biotipos puede ser explicada por ocurrencia de cruzamientos entre la maleza y el arroz cultivado (Galli, 1983b, citado por Menezes 1998). Este cruzamiento genera un tipo de planta más dañino con características morfológicas similares al arroz cultivado, provocando un control deficiente de la maleza (Marchezan et al, 2004).

Como es sabido, el arroz es una especie autógama, pero presenta un grado de alogamia cuando las condiciones ambientales de humedad, viento y temperatura, así como la distancia entre las plantas y los ciclos coinciden y son favorables para la polinización cruzada (Marchezan et al, 2004).

Trabajos recientes demuestran que ocurre un flujo de genes entre el arroz rojo y variedades cultivadas cuando existen condiciones de plena sincronización en la floración, reportándose tasas de cruzamiento que varían entre 2 a 26 % (Noldin 2002).

Por otra parte Langevin et al. (1990) observaron que el cruzamiento natural entre el arroz rojo y el comercial tuvieron una variación del 1 % para el cultivar “Lemont”, a 52 % para “Nortai”. El alto grado de hibridación para esta última variedad con la maleza es explicado por superposición de las fechas de floración dado que la variedad Nortai es de ciclo largo con una prolongada floración que posibilita la ocurrencia de cruzamiento con el arroz rojo. De este trabajo se desprende que los individuos de la F1 presentaron características muy similares al cultivar, y que éstos comparados con el arroz rojo llegan al 50 % de antesis en diferentes momentos: 105-120 y 74-99 días luego de la emergencia.

Otros autores como Gealy et al. (2003) encontraron que sobre cruzamientos realizados con cultivares de arroz y biotipos de arroz rojo con cáscara color pajiza del estado Arkansas, se obtuvieron F1 con ciclos a floración más largos que los progenitores; mientras que cruzamientos de los biotipos de arroz rojo entre sí presentaron F1 con ciclos similares a los progenitores. Esto pone de manifiesto la alta probabilidad de flujo de genes a través del cruzamiento con heterosis más marcada para cruzamientos entre variedades y los ecotipos de arroz rojo, promoviendo la hibridación entre cultivares y la maleza el incremento de la adaptabilidad de poblaciones de arroz rojo a prácticas de manejo que busquen eliminarlas.

2.1.4 Disminución de la calidad industrial

En el Uruguay, según el decreto N° 321/188 del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca establece que la base de recibo es del 1 % de arroz rojo, castigando 0,25 % por cada 1 % de incremento sobre la base. La tolerancia máxima de recibo por parte de la industria es de 5 %. Si se supera este valor el arroz es considerado de rechazo.

Como principal problema de la semilla de arroz rojo en la industria, es el deterioro de la calidad de arroz blanco procesado, dado por una contaminación por parte de la semilla de la maleza. Esto es importante para la industria ya que la mayor parte del arroz molinado se destina para la exportación (Zorrilla, 1992).

Otro factor que causa pérdidas es la severidad del molinado, con el fin de remover el pericarpio rojo, trayendo detrimento en la cantidad de entero para el arroz blanco. Muchas veces no se logra quitarle la cáscara a los granos rojos, quedando estrías rojas en algunos, lo que perjudica al producto (Olivera 1986, Menezes 1997, Avila 1999, citados por Marchezan et al. 2004).

Los daños cualitativos pueden ser resueltos parcialmente con el uso de máquinas y equipamientos que separen al arroz rojo del blanco. No obstante, este proceso lleva a un aumento en el costo del proceso, lo que se verá reflejado en el precio final de pago al productor (Marchezan et al. 2004).

2.1.5 Factores que favorecen la expansión del arroz rojo

El incremento de la dispersión del arroz rojo en el área arrocera se puede explicar por numerosas causas. Una de las principales según Zorrilla (1998) sería la falta de control de las infecciones primarias donde aparecen plantas aisladas o pequeños manchones de arroz rojo que no tienen impacto en el cultivo siendo de muy fácil control con herbicidas no selectivos.

Para Chebataroff (1999) otra de las causas sería el movimiento de los equipos de laboreo y cosecha que se cambian de áreas infectadas a libres de la maleza sin ninguna limpieza transportando la semilla del arroz rojo y contribuyendo a su dispersión espacial. También está comprobado que los animales como el ganado que pastorea los rastrojos de arroz durante el invierno, así como los pájaros y otros animales salvajes, el agua de los ríos en las inundaciones o de los desagües de chacras infectadas, a lo largo del tiempo están dispersando la maleza. En un lugar donde la infección es baja, estas vías se dan con más frecuencia (Zorrilla, 1998; Chebataroff, 1999).

Otro factor importante es la tendencia de utilización más intensiva de los campos viejos con el cultivo de arroz, con rotaciones de dos a tres años, provocando una multiplicación del arroz rojo. Esta se logra a través de los sucesivos laboreos que incorporan semillas en profundidad aportando al banco de semillas del suelo y favoreciendo la longevidad de la maleza (Zorrilla, 1998).

2.1.6 Alternativas para el control del arroz rojo

Para el control eficaz del arroz rojo se debe visualizar como un manejo integrado de prácticas que lleven a la disminución de las poblaciones de la maleza a niveles insignificantes dentro del cultivo. A continuación serán presentadas las principales alternativas de control.

2.1.6.1 Semillas

Para Zorrilla (1998), el primer factor a ser considerado para el control del arroz rojo es la semilla. A partir de 1993 la tolerancia de la maleza es cero en todas las categorías de semillas de arroz, tanto certificada como comercial. La misma tolerancia es

tenida en cuenta en la Argentina, siendo de cero gramo de arroz rojo por cada Kg de arroz determinado sobre el arroz cargo (Marin, 1998).

En el caso del estado de Río Grande del Sur, Brasil, es permitida la presencia de dos granos de arroz rojo por cada muestra de 500 gramos de semilla de arroz cultivado. La utilización de semillas de baja calidad inviabiliza la adopción de otras prácticas de manejo eficientes en el control del arroz rojo (Marchezan et al. 2004).

2.1.6.2 Sistema de implantación del cultivo

El cultivo del arroz presenta la particularidad de ser implantado de diferentes maneras. Los sistemas más conocidos son: el sistema convencional, cultivo mínimo, siembra directa, pre-germinado y “mix” (Marchezan et al. 2004)

2.1.6.2.1 Sistema convencional

En áreas con alta infestación, se recurre al control de la maleza mediante el uso del laboreo mecánico demorando la siembra lo más posible (Marin, 1998). Este tipo de alternativa no es eficiente según investigaciones realizadas ya que ocurre un aumento de banco de semillas del arroz rojo cuando se utiliza este sistema en áreas muy infestadas (Marchezan et al., 2004).

2.1.6.2.2 Laboreo reducido

El sistema de Laboreo reducido o de siembra directa, según De Souza (1998), citado por Fischer (1998) consiste en la siembra de arroz sobre un laboreo mínimo o cero laboreo, utilizando un sembradora desarrollada para operar en estas condiciones. Este sistema ha sido promovido en el sur de Brasil, donde luego de la cosecha del arroz, se instala sobre el rastrojo una pastura anual (generalmente raygras) para pastoreo, previniendo el establecimiento del arroz rojo en la primavera. Se siembra el arroz sobre un barbecho químico con herbicida total. En este sistema la base para el control del arroz rojo presupone el mínimo movimiento del suelo con lo cual las semillas de la maleza que no son movilizadas y además se encuentran en dormancia o en quiescencia en el suelo no reciben el estímulo para germinar (Marchezan et al. 2004).

Este método no ha demostrado ser totalmente seguro en áreas donde hay alto grado de infestación, debido a que la eficiencia del control depende de las condiciones del clima que ocurren durante el período que va desde la siembra a la emergencia. El hecho de que ocurran lluvias o la necesidad de dar un baño para la emergencia del cultivo en primaveras secas, pueden favorecer la emergencia del arroz rojo, provocando la deficiencia del sistema para algunos años en particular mientras en otros el control es satisfactorios (Marchezan, 1995; Andres , 1997; citados por Marchezan et al. 2004).

2.1.6.2.3 Sistema pre-germinado

Esta alternativa fue probada por varios autores como Noldin (1988), Petrini (1994), Andres (1997) y Avila (1999); citados por Marchezan et al. (2004) demostrando ser uno de los métodos de control más eficiente del arroz rojo.

En primer término se debe realizar la inundación del área durante 20 días antes de la siembra del arroz, por lo que las semillas de arroz rojo quedan cubiertas por una capa de agua. La lámina actuaría como una barrera física que impediría la entrada de oxígeno, logrando así que no se provoque la germinación de la maleza. Por lo tanto la eficiencia del control depende de una buena sistematización del área, que incluye el sistema de riego, de drenaje y la nivelación de la superficie del suelo, para lograr un adecuado manejo de la inundación (Marchezan et al. 2004).

Petrini et al (1993) citado por Petrini (1998), estudiaron el efecto del período de permanencia de la lámina de agua sobre la viabilidad de las semillas de arroz rojo localizadas a diferentes profundidades del suelo. El experimento arrojó que la inundación del suelo, como mínimo durante 20 días, redujo significativamente el banco de semillas de arroz rojo.

El aspecto más importante para el control del arroz rojo, en este caso, es el manejo de la inundación. No obstante Segabinazzi (2000), citado por Marchezan et al. (2004), señalan que la práctica de retirar el agua después de la siembra con las semillas pregerminadas, además de la pérdida de nutrientes con potencial de contaminación ambiental, estaría favoreciendo la germinación y la emergencia de plantas de arroz rojo.

2.1.6.2.4 Sistema “mix” de pre-germinado

Este sistema de siembra de arroz se realiza con semilla pre-germinada en un área sistematizada, con cobertura vegetal desecada con herbicida y previamente inundada a la siembra (Marchezan, 1998).

Con este método de siembra se busca reducir la movilización excesiva del suelo, racionalizando el uso de la maquinaria y disminuyendo los costos. Este sistema necesita información de la cantidad de restos secos al momento de la implantación del cultivo debido a que este factor estaría influyendo el establecimiento de las plántulas (Avila, 1999; citado por Marchezan et al, 2004).

Otro factor a considerar, y no menor, es el manejo del agua. El hecho de colocar una lámina de agua antes de la siembra sobre una cobertura vegetal en descomposición, puede generar compuestos que impidan la buena implantación del arroz (Marchesanet al., 2004).

Según Marchezan (1998), sobre trabajos realizados en dos zafras (97/98) el sistema presentó un desempeño variable para los dos años de cultivo. Para el primer año del experimento se obtuvo un muy buen control del arroz rojo, obteniendo así un alto rendimiento del arroz cultivado, no ocurriendo lo mismo para el segundo año del ensayo. Este autor señala que el principal problema fue la cantidad de materia seca desecada, en la misma área, para el cultivo siguiente, generando una mala implantación del arroz cultivado. El hecho de tener materia seca en cobertura provoca que mucha semilla no llegue al suelo como también la liberación de sustancias por parte del barbecho.

Elevando la densidad de siembra y empleando semilla pre germinada se le da una ventaja al arroz frente a la competencia que le ejerce el arroz rojo. No hay que dejar de lado que altas densidades pueden traer problemas de vuelco e incidencias de enfermedades. La semilla pre germinada se obtiene por inmersión en agua durante 24 horas seguido por 24 horas de incubación fuera del agua (Fisher 1998).

2.1.6.2.5 Sistema de trasplante de mudas

Este sistema de implantación para el cultivo de arroz es llevado a cabo a través de máquinas preparadas para realizar la operación de trasplante mecánico de mudas de

arroz. Estas mudas son producidas en canteros donde son sembradas las semillas de arroz, para cuando llegan a un determinado desarrollo se sacan de los canteros para trasplantarlas en el campo (Marchezan et al, 2004).

Noldin (1988) citado por Marchesan et al. (2004), considera como eficiente el control del arroz rojo a través de este sistema de siembra, dado esto por permanecer el suelo saturado de agua durante el trasplante de las mudas recibiendo, en secuencia, una nueva lámina de agua.

Según Weber (2000), citado por Marchezan et al. (2004), la metodología de trasplante de mudas de arroz se presenta como un de los más productivos en arroz, comparados con otros métodos de siembra en agua en lugares de alta infestación con arroz rojo.

Desde el punto de vista del control de la maleza Marchezan (1998) sostiene que para dos años de experimento (97/98) el banco de semillas del suelo se vio reducido en un 66 % para el segundo año del experimento.

2.1.6.3 Manejo del agua

Considerando los sistemas de implantación anteriormente descritos, donde el agua se manifiesta como el factor más importante sobre la eficiencia en el control del arroz rojo, genera que un atraso en la entrada del agua para el caso del sistema convencional favorece a que se establezca la maleza antes de la inundación, siendo lo mismo para el pregerminado como para la siembra directa (Marchesan et al., 2004).

2.1.6.4 Manejo del suelo

2.1.6.4.1 Manejo pos cosecha

El manejo de los suelos luego de la cosecha, sería uno de los aspectos más importantes que se deberían considerar para el control del arroz rojo (Marchesan et al., 2004).

Según Noldin (1995) citado por Marchezan et al. (2004) semillas de arroz rojo ubicadas a 5 cm de profundidad en el suelo perdieron la viabilidad en menos de 17 meses, mientras que semillas a mayor profundidad no la perdieron hasta los dos años. Esto llevó a que en un área de pastoreo obtuvieran una reducción del 74 % de las semillas ubicadas a menos de 5 cm. de profundidad, durante los meses de mayo a octubre (Petrini et al 1998, citado por Marchezan et al. 2004).

2.1.6.4.2 Pastoreo del área

Esta práctica de manejo es utilizada por los productores para mantener niveles tolerables de infestación de arroz rojo. Avila (1999), citado por Marchezan et al. (2004) obtuvo resultados donde para semillas enterradas de 0 a 10 cm., el pastoreo durante 2 años provocó una disminución del banco de semillas en un 95 %.

Petrini et al. (2003) sostienen que el pastoreo del área por un año no es suficiente para controlar el arroz rojo, por lo que exige este método un uso menos intensivo de la rotación de arroz en el área, con períodos de pastoreo que van desde los tres a cinco años.

En determinadas situaciones, movilizar el suelo en una época que permita la emergencia de la maleza, asociado con el posterior pastoreo del área, puede ser usado como herramienta para mantener bajas las poblaciones de arroz rojo (Marchezan et al., 2004).

No se debe dejar de lado que el pastoreo por animales trae implícito la integración en los sistemas arroceros de la ganadería, así mismo los animales provocan un pisoteo que podría estar influenciando la distribución del banco de semillas de arroz rojo en el suelo, afectando la profundidad de localización de las mismas. En este sentido, Marchezan et al (2003) citado por Marchezan et al. (2004), condujo un trabajo en un suelo de textura media donde concluyó que el pisoteo de bovinos no afectó la distribución de las semillas en el perfil del suelo.

2.1.6.4.3 Movilización del suelo mediante el laboreo

Marchezan et al. (2004) sostienen que la movilización frecuente del suelo incrementa la emergencia de muchas plantas, reduciendo por lo tanto el banco de

semillas del suelo. Para mover el suelo Petrini et al. (2003) recomiendan hacerlo luego de 5 meses después de la cosecha, para que todas las semillas de arroz rojo no se encuentren dormantes y así obtener una buena emergencia de la maleza.

La movilización del suelo en la primavera genera condiciones favorables para germinar y emerger, por lo que pastoreos durante la primavera y el verano (3 a 4 pastoreos) permite el control de la maleza (Huey 1978, citado por Marchezan et al. 2004).

A pesar de la eficiencia de movilizar el suelo para controlar la maleza, esta implica el costo que tiene este método y el hecho de no poder hacer arroz, lo que se podría justificar para rotaciones de arroz que demoren en volver a los retornos (Marchezan et al. 2004).

2.1.6.5 Rotación de cultivos

Las rotaciones de cultivos normalmente resultan la mejor alternativa para controlar malezas, en este caso arroz rojo, pero esta práctica no puede ser llevada a cabo en algunos ambientes en particular, por ejemplo suelos salinos e hidromórficos (Catalá 1995, Sagarra 1987, citado por Vidotto et al. 2000).

En Brasil, Marchezan (1995), Avila (1999), Andres (1997), Petrini (1998), Machado (1999), citados por Marchezan et al. (2004) han realizado diferentes experimentos donde se relata la eficiencia del control de la maleza a través de la rotación de cultivos, por la utilización de herbicidas que controlan el arroz rojo.

Petrini (1998b) citado por Marchezan et al. (2004) verificaron que con solo un año de rotación de arroz con maíz, se registró una reducción del 53,4 % del número de semillas de arroz rojo por metro cuadrado, utilizando atrazina como preemergente. Cuando además de maíz en la rotación se incorporó soja, el control fue del 85 % para la maleza (Marchezan, 1995; citado por Marchezan et al. 2004).

Marchezan et al. (2004) comprobaron que para una chacra de arroz con una elevada presión del arroz rojo luego de tres años con maíz, soja y sorgo donde se utilizaron los herbicidas nicosulfuron, metholaclor y atrazina respectivamente, se

obtuvo una reducción de más del 90 % del número de panojas de arroz rojo por metro cuadrado.

Gomes (1999), citado por Marchezan et al. (2004) abordaron las principales limitaciones y las alternativas de manejo del suelo y del agua, para áreas con problemas en el drenaje dado la poca o nula pendiente, cuando se realizaban rotaciones de arroz con otros cultivos. Ellos destacaban la importancia de un drenaje eficiente del área para la instalación de cultivos como maíz, soja o sorgo, siendo para esto es necesario tener un buen drenaje superficial (Marchezan 1998).

Según Chebataroff (1999) los cultivos de sorgo y soja sembrados en camellones no mostraron buen control de malezas viéndose además afectada la producción debido al pobre drenaje interno del suelo agravado por deficiencias en la nivelación y el drenaje superficial.

La rotación de cultivos de secano, según Griffen et al. (1990), citado por Fisher (1998), no solo introduce una modificación sustancial en el hábitat que favorece a las especies no acuáticas, sino que permite el uso de graminicidas que no pueden usarse en forma selectiva en el cultivo del arroz, pero la dificultad de instalar otras especies en los suelos arroceros mal drenados no ha hecho de ésta una práctica atractiva para los productores (Galli, 1992; citado por Fisher, 1998).

2.1.6.6 Roguing

El “roguing”, para Marchesan et al. (2004) es una técnica que consiste en la remoción manual de las plantas, o panojas de arroz rojo, basándose en las diferencias morfológicas con respecto al arroz cultivado. Esta es una práctica que ayuda a complementar o en algunos casos como única alternativa con la cual se asegura tener una cosecha de semilla limpia. Durante el cultivo del arroz el “roguing” puede ser llevada a cabo varias veces en la misma área, dado el parecido de la maleza en algunas etapas del cultivo.

2.1.6.7 Control Químico

La similitud morfológica y fisiológica del arroz rojo con el arroz cultivado complica el control selectivo. Inicialmente autores como Smith, (1981, 1992); Baker,

(1986); Abud (1986), citados por Fisher (1998), trabajaron con molinate en presiembra incorporada y el empleo de protectores aplicados a la semilla para permitir más selectividad para la maleza.

2.1.6.7.1 Aplicación de herbicidas en presiembra

Fischer (1998), sostiene que una de las técnicas más empleadas actualmente es la de favorecer la germinación mediante laboreo o riegos para luego aplicar un herbicida sobre el arroz rojo desde el estado de plántula hasta el macollaje. Para esto se emplean diversos herbicidas como oxyfluorfen o herbicidas totales como glifosato, u otros graminicidas (Armenta 1993, citado por Fisher, 1998). Esta operación suele repetirse para luego proceder a la siembra (Montealegre 1992; Abud, 1994; citados por Fisher, 1998).

En sistemas de laboreo convencional, las aplicaciones de herbicidas como molinate y 2,4-D, seguidos de la incorporación al suelo, considerando un intervalo de tiempo para sembrar no superior a los 20 días (semilla con antídoto), no siempre mostró ser eficiente. En general, las variaciones se explicarían por el tenor de humedad en el suelo (Marchesan et al. 2004).

El control del arroz rojo con herbicidas se debe hacer una preparación temprana de la cama de siembra, seguido de una lamina de agua para estimular la germinación del arroz rojo. Luego de la emergencia de la maleza se aplican herbicidas sistémicos que la controlen en forma previa a la siembra del arroz (Baker , 1986; Catalá 1993, 1995; Tarditi 1993, citados por Ferrero et al. 1999). En Italia, esta práctica se la conoce como falsa siembra, y solamente puede ser utilizada solo si las condiciones climáticas permiten controlar la maleza en un estado de 2 a 3 hojas. Bajo estas condiciones el herbicida más utilizado es el dalapon, con elevadas dosis de 12-13 kg/a.i. por hectárea (Ferrero et al. 1999).

Para Fischer (1998), estos métodos elevan muchos los costos de la producción de arroz, pero en el caso de ambientes tropicales, son de los pocos recursos que se tienen para el control del arroz rojo en el campo.

Saldain et al. (2003) presentó los resultados de ensayos realizados en tre 1999 y 2000 donde se estudió la eficacia de la siembra en agua y la siembra convencional usando diferentes dosis de molinate. Para la siembra en agua se obtuvieron controles entre 55 a 90 % sobre el testigo sin aplicación, mientras que la siembra convencional

con la aplicación de molinate en presiembra incorporado produjo controles desde pobres hasta 79 % de control. Esto demuestra que la aplicación del herbicida conjuntamente con la incorporación del mismo y seguido por un período de inundación del área, obtuvo mejores controles que la siembra convencional, dado que la lámina de agua actúa como barrera para la emergencia de la maleza, aun así hay escape que se lo puede atribuir a la sistematización del sistema.

2.1.6.7.2 Barra química

Según Marchesan et al., (2004), ésta práctica de control del arroz rojo, consiste en utilizar un herbicida sistémico de acción total aplicado mediante una barra química, con la cual se trata de eliminar las plantas de la maleza existentes en el área luego de la emergencia del cultivo.

Para que este control sea tal, es fundamental la diferencia de estatura que se da entre las plantas de arroz rojo y las de arroz cultivado. La barra tiene una cuerda que se encuentra embebida en herbicida, y al pasar por zonas de infestación con la maleza, por la diferencia de altura, toca las plantas más altas con el producto. Esta técnica busca evitar la reinfestación de las áreas, siendo una interesante opción para complementar algún tipo de control a la implantación del cultivo.

La desventaja de este producto es que no alcanza aquellas plantas de arroz rojo de porte bajo producto de la hibridación con la variedad, logrando una presión de selección sobre plantas más bajas.

El uso de barra química es muy común en las arroceras de Italia, donde se utilizan herbicidas sistémicos como glifosato o en mezclas de glifosato y cicloxidim (20 y 5 % de concentración en la mezcla respectivamente). Con esto se busca localizar la aplicación sobre las plantas que sobresalen del cultivo en altura, para de esa manera reducir la germinación de las semillas de arroz rojo, dado que el control se realiza cuando la maleza comienza a florecer. Cuando en el cultivo hay biotipos de arroz rojo de similar estatura que la variedad el control no es efectivo sobre esas plantas por lo que hay escape de la maleza (Ferrero et al. 2002).

2.1.6.7.3 Supresión de la producción de semillas viables.

La hidracida maleica es una alternativa para el control del arroz rojo, por medio de la reducción de la producción de semillas, y de esta forma disminuir el aporte al banco de semillas del suelo (Marchesan et al. 2004).

Saldain et al. (2003) estudiaron la aplicación de hidracina maleica y glifosato en distintos momentos de desarrollo de las panojas del arroz rojo. Se observó que tanto hidracida maleica como glifosato aplicados cuando había entre un 50 y 70 % de las panojas de arroz rojo que habían finalizado la floración, provocaron que una mayor proporción de semillas de la maleza fueran inviables, disminuyendo la misma cuando los tratamientos eran aplicados durante el llenado de los granos.

Este producto, según varios autores citados por Marchezan et al. (2004), se trata de un regulador de crecimiento de acción sistémica, que inhibe la formación o el llenado de los granos. Se debe destacar que los mismos autores sostienen que el producto es muy técnico, por lo que exige un control pleno de las condiciones tanto de la maleza como del cultivo al momento del control.

Debe haber una diferencia entre la floración del arroz cultivado y el arroz rojo de por lo menos una semana de adelanto a favor del primero. Lo ideal sería que la variedad estuviera en grano pastoso o más maduro que el grano del arroz rojo, y que este se encontrara en un estadio de grano lechoso, o sea más atrasado. Para una mejor eficacia del control se vuelve fundamental la utilización de variedades de ciclo corto.

Otra forma de suprimir la producción de semillas de arroz rojo es la utilización de desecantes con glifosato, glufosinato y paraquat, en la fase de maduración del arroz cultivado, disminuyendo así la viabilidad de las semillas de la maleza haciéndose necesario el uso de variedades de ciclo corto (Agostinetto, 2002; citado por Marchezan et al. 2004).

2.1.6.7.4 Cultivares de arroz resistentes a herbicidas

El control selectivo del arroz rojo durante el cultivo del arroz es un deseo muy antiguo tanto de la investigación como de los productores que padecen la maleza en sus

chacras. Se han identificado líneas de arroz originarias de Colombia, Brasil, India y Estados Unidos con tolerancia a glifosato, a sulfosato y a alaclor (Smith Jr., 1992; Dilday, 1995, citado por Marchezan et al. 2004).

Con el uso de la biotecnología se puede modificar un organismo de forma más rápida y de esa manera lograr plantas de arroz resistentes a herbicidas. En el caso del arroz rojo, esta tecnología se utiliza para controlar la maleza, y para esto hay dos alternativas: la biotecnología, con la cual se transfieren genes de otros organismos para la planta de arroz, o mediante mutaciones inducidas en variedades de arroz que se vuelven resistentes a determinados herbicidas que no son selectivos en arroz (Marchezan et al., 2004).

En investigaciones realizadas a campo por Talbert (1998) citado por Marchezan et al. (2004) se obtuvieron eficiencias de control del arroz rojo de hasta 93 % para aplicaciones en el estado de dos hojas para la variedad de arroz Gulfmont resistente a glufosinato de amonio. No obstante el mismo autor registró que aplicaciones tardías, con tres macollos, en la variedad provocaron mermas en el rendimiento de hasta 23 %.

Marchezan et al. (2004) menciona que en el estadio de dos hojas la dosis recomendada es de 0,4 a 0,6 kg/ha, mientras que para estados más avanzados, 2 macollos, la dosis va desde 0,5 a 0,7 kg/ha.

Desde que el arroz es sensible a las imidazolinonas, para que se pudieran aplicar estos herbicidas al arroz se debería desarrollar variedades resistentes a estos herbicidas, dado que provén un amplio espectro de control sobre malezas durante el cultivo del arroz, incluyendo al arroz rojo. A través de un proyecto que comenzó en 1981 en la Universidad estatal de Luisiana y luego de 10 años de investigación, se encontró, por métodos de mutación, una planta resistente al grupo de las imidazolinonas (imazethapyr, imazapir y imazapic) (Croughan, 1998).

Este grupo químico tiene su sitio de acción en la enzima acetolactato sintetasa, la cual es responsable de la síntesis de aminoácidos como leucina, isoleucina y valina (Devine et al. 2000, citado por Avila et al. 2005).

Según Avila et al. (2005) variedades de arroz "Clearfield" resistentes al herbicida imazethapyr están siendo utilizados para el control del arroz rojo en las áreas arroceras. Autores como Steele et al. (2002), citados por Avila et al. (2005) sostienen que el uso de

imazethapyr para el control de arroz rojo sobre variedades resistentes “Clearfield” ha sido muy efectivo y muy seguro en el cultivo. Para esto se hacen necesarias dos aplicaciones: una en preemergencia y la otra en post emergencia (Steele et al. 2002, citado por Marchezan et al. 2004). Por otro lado para Croughan (1998) con una simple aplicación tanto en preemergencia del cultivo o en postemergencia han resultado ser muy efectivas dado su actividad residual.

Sin embargo, Gealy et al. (1999) citado por Avila et al. (2005) demostraron que algunos ecotipos de arroz rojo tienen tolerancia al control con imazethapyr. En ese caso el ecotipo TX 4 de cáscara negra, colectado en Texas, tuvo un 85 % de control a dosis elevadas. Esto lleva a que los ecotipos que logran escapar al control pueden cruzarse con la variedad resistentes, provocando así una disminución en el beneficio de usar esta tecnología (Langevin 1990, citados por Avila et al. 2005).

Consecuentemente, Avila et al. (2005) estudiaron sobre dos cultivares “Clearfield” (CL-161 y CL-121) resistentes, tres ecotipos de arroz rojo (TX 4, LS 5 y MS 5) y una variedad susceptible (Cypress), si algunos de los ecotipos presentaba tolerancia o resistencia al imazethapyr. De este trabajo se concluyó que el grado de tolerancia de los ecotipos TX 4 y LS 5 no se explican por modificaciones en la enzima ALS, sino por otros mecanismos que provocan cierta tolerancia de los ecotipos sobre el herbicida, como ser un incremento del metabolismo lo que genera una rápida detoxificación por parte de la planta, o diferencias en la absorción y traslocación de la molécula que pueden disminuir la eficacia de la misma (Devine et al. 2000, citado por Avila et al. 2005).

Mientras que para la variedad CL-161 la resistencia al Imazethapyr puede estar explicado por mutaciones inducidas en el sitio de acción de la enzima (Al-Khatib et al. 1998, citado por Avila et al. 2005).

La aplicación de herbicidas selectivos en arroz, a gran escala, puede provocar una selección de híbridos entre el arroz cultivado y el arroz rojo que podrían escapar a los tratamientos. Este riesgo ocurre a causa de la incidencia que tiene la hibridación natural, donde se tienen reportes de rangos que van desde el 1 al 52 % de cruzamientos para variedades de floración temprana y tardía respectivamente (Langevin, 1990; citado por Marchezan et al, 2004).

2.2 HERBICIDAS EN EL SUELO Y AGUA

2.2.1 Coefficientes usados para caracterizar los herbicidas

2.2.1.1 pKa

Es el valor de pH al cual la molécula se encuentra 50% en forma disociada y 50% en forma molecular.

Según Leguizamón et al (2000) el grado de acidez o alcalinidad del herbicida determina la capacidad de permanecer en la solución del suelo (ácido o aniónico), o ser retenido por las partículas coloidales de las arcillas del suelo (básico o catiónico). Por lo tanto se deberá considerar el grado de ionización del herbicida así como el pH de la solución del suelo.

Otro autor, Harper (1994), señala que los herbicidas pueden ser categorizados en ionizables (polares) y en no ionizables (neutros), dependiendo la polaridad de estos, del pH del suelo y el *pKa* del herbicida.

El grado de ionización del herbicida estará definido por la constante de disociación, que se expresa como *pKa*, tanto para un herbicida ácido como para uno básico. Este coeficiente de disociación, estará indicando que cuando el pH del suelo sea mayor a la constante predominará la forma disociada del herbicida, y para el caso en que el *pKa* sea mayor al pH, predominará la forma molecular del producto. Por lo tanto, los herbicidas que poseen un pH cercano al del suelo son fuertemente retenidos por las partículas coloidales del suelo y no están sujetos a ser lixiviados en profundidad o lavados por escorrentía superficial. En contraposición, aquellos herbicidas cuyo pH no es similar al del suelo son pobremente retenidos quedando en la solución del suelo, disponibles para ser absorbidos por las plantas (Leguizamón et al, 2000).

El *pKa*, cumple un rol importante en determinar la retención por parte del suelo de las estructuras complejas de los herbicidas polares. A partir de esto, la solubilidad o la retención de la molécula dependerá del pH del suelo y de la solución del suelo (Harper, 1994).

2.2.1.2 K_d

Weber (2004) define al K_d como el coeficiente de distribución del herbicida explicado por la relación suelo/solución, calculado como la proporción del herbicida adsorbido (nmol/gr) por el suelo, sobre lo que queda remanente en solución (nmol/ml). Para Harper (1994) el K_d es el coeficiente de distribución del herbicida entre la fase sólida y acuosa del suelo.

Es un indicador de la capacidad de retención del químico por parte del suelo. Los valores de K_d son generalmente determinados a las concentraciones de herbicida que ocurren en el suelo cuando los productos son aplicados a las dosis recomendadas, seguidos por suficiente lluvia para que el suelo quede a capacidad de campo. También se incluyen en la determinación, características del suelo como taxonomía, estructura, textura (contenido de arcilla, limo y arena), % de materia orgánica y pH (Weber et al. 2000, Weber 2004).

Weber (2004) sostiene que los herbicidas se unen a varios constituyentes del suelo en diferente grado. El mayor colóide del suelo que retiene a la mayoría de los herbicidas es la materia orgánica; no obstante los coloides minerales de las arcillas, y los hidróxidos metálicos retienen en mayor forma a los herbicidas del tipo catiónico, fosfórico y los compuestos ácido-arsénicos.

Para el caso de los herbicidas no iónicos (polares), Leguizamón et al (2000) señalan que la adsorción se da preferencialmente en la fracción orgánica del suelo. El fenómeno de la adsorción está influenciado por la capacidad de intercambio catiónico de los coloides (CIC). Este intercambio se produce entre los cationes orgánicos presentes en la solución y los cationes inorgánicos situados sobre la superficie del colóide. La capacidad de retención, por parte de la materia orgánica o por la arcilla, del herbicida en el suelo puede ser medida a través de la CIC. El grado de adsorción a la fracción sólida del suelo está determinado por el coeficiente de partición (K_d), siendo un atributo que depende de las características texturales y no del herbicida:

$$K_d = \frac{\text{herbicida adsorbido al suelo } (\mu\text{g/gr de suelo})}{\text{herbicida en la solución del suelo } (\mu\text{g/gr de agua})}$$

2.2.1.3 K_{co}

Desde que la retención de los herbicidas varía dependiendo del tipo de suelo, ha sido necesario probar el desarrollo de una constante de retención más universalmente aplicable (K_{co}), la cual incluye el contenido de carbono orgánico del suelo, siendo importante para aquellos compuestos hidrofóbicos no iónicos (Harper, 1994).

Para Leguizamón (2000), la adsorción se la puede correlacionar con el contenido de carbono orgánico (co), para de esta forma tener el coeficiente de adsorción normalizado (K_{co}) que mide la retención de los herbicidas polares a la fracción orgánica del suelo:

$$K_{co} = \frac{K_d * 1,724}{\% \text{ materia orgánica}} * 100$$

Harper (1994), define K_{co} como el coeficiente de distribución de un herbicida entre la fase acuosa y la correspondiente a la materia orgánica del suelo. K_{co} se puede calcular a partir de K_d necesitando la fracción de carbono orgánico del suelo (fco) en cuestión:

$$K_{co} = K_d * f_{co}$$

El uso de este coeficiente es más adecuado para compuestos hidrofóbicos, no aniónicos, y no polares. La retención del herbicida a otros compuestos del suelo como arcilla, particularmente a bajos contenidos de carbono orgánico, pueden llevar a cometer errores de estimación (Harper, 1994).

2.2.1.4 K_{ow}

A menudo, la solubilidad puede ser un indicador de interacciones moleculares en la molécula (interacciones intramoleculares), así como también entre moléculas (interacciones intermoleculares), incluyendo los componentes del suelo. Por esta razón, la solubilidad, es determinada a partir del coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}).

Este es muy usado para predecir la adsorción de herbicidas ionizables (Bailey et al, 1968; Briggs, 1969; Chiou et al, 1983; Karickhoff, 1981; citados por Harper 1994).

El **Kow**, es una medida de cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles, agua (es un solvente polar) y octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a la materia orgánica). El **Kow** proporciona un valor de la polaridad de un plaguicida, que es frecuentemente utilizado en modelos para determinar cómo éste puede distribuirse.

Kow = C octanol / C agua, donde:

C = la concentración molar

pKow = -log₁₀ Kow

2.2.1.5 Rf

Según Weber (1991), los solutos se mueven a través del medio en que se encuentran, quedando comprendidos bajo una curva de distribución normal, cuando se observa la concentración en función del tiempo ó la distancia. La distancia que un soluto se mueve a través de un medio dado, respecto a la distancia que se mueve el frente de solvente, es característico de cada soluto en particular y es referida como el factor de retardación (Rf), para ese compuesto. El Rf es calculado de la siguiente manera.

$$Rf = \frac{\text{Distancia que un soluto migra a través de un medio sólido}}{\text{Distancia que el frente de solvente migra a través del medio sólido.}}$$

Uno de los métodos con el que se han calculado muchos valores de Rf para varios herbicidas es el de cromatografía de capas delgadas (TLC), utilizando medios de suelos seleccionados (Helling 1971, citado por Weber 1991)

2.2.2 Dinámica de los herbicidas en el suelo.

Luego de la aplicación de los herbicidas en el suelo, se pretende la obtención de una adecuada concentración y distribución en el perfil, o en parte de éste, que permitirá a los herbicidas controlar a las malezas presentes, en brotación o semillas en germinación. Condiciones ambientales, reacciones con el suelo y la propia naturaleza del herbicida

serán los factores más importantes que determinarán su residualidad en el suelo. (Leguizamón et al., 2000)

Según Anderson (1996), el destino de los herbicidas en el suelo está en función de tres procesos generales: químicos, físicos y microbiológicos. Estos procesos determinarán sobre las aplicaciones de herbicida al suelo, la disponibilidad de este para ser tomado por las malezas.

2.2.3 Procesos químicos

2.2.3.1 El fenómeno sorción-desorción

El término sorción es general y abarca todos los tipos de mecanismos implicados en asociaciones reversibles de los herbicidas con la parte sólida del suelo (Scow, 1993).

Sorción, engloba los procesos de adsorción y/o absorción. Desorción hace referencia al desplazamiento de iones o moléculas del lugar donde se encontraban adsorbidos o absorbidos (Anderson, 1996).

2.2.3.2 Absorción

Absorción denota la toma, o penetración en superficie, de iones o moléculas por, o dentro de, cualquier sustancia u órgano como lo es la toma de herbicidas o nutrientes por parte de las raíces de las plantas (Anderson, 1996).

Normalmente el contenido de herbicidas móviles, absorbidos y retenidos por las plantas varía entre un décimo a un 5% del total aplicado (Best et al. 1974, citado por Weber 1991).

Según Weber (1991), el contenido total de herbicida marcado con ^{14}C tomado y retenido por las plantas luego de 5 meses varía de 0,6 a 4,3%, siendo muy dependiente del pH del suelo tanto para los herbicidas ácidos como básicos. Mayores concentraciones de herbicida se encuentran en las plantas con niveles altos de pH en el suelo.

Este mismo autor sostiene que altas poblaciones de plantas pueden remover mayores niveles de herbicida del suelo, si bien esta retención no supera el 10 % de lo aplicado. Aunque los valores de herbicida absorbido sean mayores, generalmente este es detoxificado. La cantidad de herbicida y metabolitos removidos por las plantas de los cultivos generalmente es muy baja ($<5 \text{ mg Kg.}^{-1}$), mientras que los niveles en semillas del cultivo en germinación es no detectable ($<1 \text{ pg Kg.}^{-1}$).

2.2.3.3 Adsorción

Según Anderson, (1996) el hecho de que un herbicida esté disponible en la solución del suelo tanto para las plantas como para demás organismos del suelo depende en gran medida de la adsorción; estando éste fenómeno relacionado con la capacidad de intercambio iónico de los coloides, siendo la fracción coloidal orgánica el humus y la inorgánica las arcillas.

Por otra parte Chiou, (1989), citado por Scow, (1996) señala que la adsorción es el término específico para la condensación de vapores o solutos sobre superficies o poros de un sólido por fuerzas de ligamiento químicas o físicas.

Calvet, (1980), diferencia las interacciones involucradas en la adsorción según el grado de energía de los enlaces:

- enlaces de alta energía ($>80 \text{ kJ/mol}$): enlaces iónicos, enlaces polares (ligand exchange).
- enlaces de baja energía ($<80 \text{ kJ/mol}$): interacciones ion-dipolo y dipolo-dipolo, enlaces de hidrógeno, enlaces Van der Waals-London y generación entrópica.

Este mismo autor, indica que dentro de los enlaces de alta energía, los enlaces iónicos se generan entre cationes o aniones orgánicos y cargas eléctricas positivas o negativas situadas en la superficie del adsorbente. Por otra parte los enlaces polares son interacciones posibles por las moléculas de agua ya que son éstas el ligante a desplazar de la superficie del coloide, siendo su lugar ocupado por iones complejos.

En los enlaces de baja energía, Calvet (1980) señala que los enlaces ion-dipolo y dipolo-dipolo se presentan cuando las cargas eléctricas de las superficies adsorbentes pueden atraer moléculas polares que pueden competir por la adsorción con las moléculas de agua. Los enlaces de hidrógeno son principalmente asociaciones con grupos N-H , O-

H y átomos de N y O, por lo que todas las moléculas herbicidas podrían establecer enlaces de hidrógeno. Se distinguen dos tipos de enlaces: entre moléculas de agua y moléculas orgánicas adsorbidas y entre grupos en superficie y moléculas orgánicas. Los enlaces de London-Van der Waals son debidos a las fuerzas de dispersión estando presentes para todos los herbicidas. La generación entrópica hace referencia a que moléculas de agua pueden ser desplazadas cuando moléculas orgánicas interactúan con la superficie del adsorbente. La expresión enlace hidrofóbico a sido usado para definir este fenómeno, pero puede resultar engañoso ya que es una consecuencia y no una causa de la adsorción.

Del mismo modo Pignatello, (1989), citado por Scow, (1993) señala los mismos tipos de sorción: sorción hidrofóbica, interacciones van der Waals-London, transferencia de carga (enlaces de hidrógeno), enlaces polares y reacciones de intercambio iónico.

La correlación positiva que existe entre adsorción y contenido de materia orgánica del suelo es bien conocida, y es la razón de por qué, la materia orgánica y/o carbono orgánico, son señalados como los principales constituyentes del suelo responsables de la inactivación de varios herbicidas (Carringer et al. 1975; Weber et al. 2004).

En un estudio donde se calcularon coeficientes de sorción (K_d) de diversos pesticidas usando 3 propiedades seleccionadas de los suelos (pH, % arcilla, % materia orgánica), Weber et al. (2004), encontraron que la sorción de los herbicidas básicos está relacionado con la materia orgánica e inversamente relacionada con el pH del suelo.

Aunque la solubilidad de estos productos se incrementa al disminuir el pH, los valores del coeficiente de adsorción normalizado (K_{oc}) se incrementan, porque las especies protonadas son rápidamente sorbidas a los sitios de intercambio en los suelos Weber (1994).

Dentro de los herbicidas ácidos y en especial para los ácidos carboxílicos (COOH), Weber et al. (2004) señalan que el pH del suelo estuvo inversamente correlacionado con el K_d . Con este tipo de herbicidas la materia orgánica y la arcilla estuvieron correlacionadas entre sí, no estando relacionado con estos dos parámetros el pH del suelo. Esto estaría indicando lo importante del pH en la unión sobre aquellos compuestos.

En este sentido Aichele et al. (2005) señalan que las imidazolinonas se comportan como aniones a altos valores de pH (7), por lo tanto es encontrado más herbicida en solución con estas condiciones. Sin embargo, estos mismos autores estudiando el comportamiento de imazaquin, imazethapyr e imazamox, pKa 3,8, 3,9 y 3,3 respectivamente, a pH5 y pH7 en el transcurso de 50 días, encontraron que para imazethapyr se cumplía esta condición; más imazethapyr se desorbía a pH 7 que pH5. Para imazaquin las diferencias fueron muy pequeñas mientras que para imazamox ocurrió lo contrario; a pH5 se daban las mayores desorciones. Para estos autores, el bajo valor de pKa del imazamox puede resultar en una carga negativa a valores de pH del suelo a los cuales imazaquin e imazathapyr son en principio neutrales. Sin tener en cuenta el pH, un mayor porcentaje de imazamox se encontraba en la fase líquida que los otros dos herbicidas. Con ambos niveles de pH, la fracción disponible de herbicida marcado con ^{14}C , decrecía con el transcurso de los días, recuperándose por el proceso de desorción aproximadamente un porcentaje similar al de herbicida marcado aplicado.

Weber (1994), menciona que la sorción de los herbicidas aminosulfonil ácidos (NHSO_2) (clorsulfuron, metsulfuron, orizalin, tifensulfuron, etc) en los suelos está correlacionada con el contenido de materia orgánica del suelo. Más recientemente Weber et al. (2004), encontraron que con la excepción de la arcilla, todos los otros parámetros del suelo fueron igualmente relacionados con el Kd para los herbicidas NHSO_2 ácidos, pero la mayor correlación fue con la inclusión de los tres parámetros del suelo. La materia orgánica y arcilla y la arcilla y pH fueron también relacionados, pero como en el grupo anterior el pH no fue relacionado con la materia orgánica.

Según Weber (2004), los valores de Kd para los herbicidas OH ácidos (bromacil, dinoseb, triclofon, etc) fueron relacionados con el contenido de materia orgánica y arcilla del suelo y aunque el pH sólo no estuvo relacionado, se encontró una alta correlación entre el Kd y los tres parámetros del suelo. Los contenidos de materia orgánica y arcilla fueron relacionados en el suelo, pero el pH no se relacionó con ninguno de los dos parámetros. La sorción de varios herbicidas ácidos se ve incrementada cuando aumentan los contenidos de materia orgánica del suelo y decrecen los valores de pH del suelo.

Los herbicidas no iónicos, de acuerdo a Calvet et al. (1989), presentan una relación muy alta entre adsorción y contenido de materia orgánica aunque también lo hay con el contenido de arcilla del suelo.

Un estudio mas detallado para esta categoría de herbicidas, llevado a cabo por Weber et al. (2004), muestra que los valores de K_d para pesticidas no iónicos, no estuvieron relacionados con el pH del suelo para ninguna de las seis familias de pesticidas utilizados incluyendo amida/anilida, carbamatos, dinitroanilinas organoclorados organofosforados y fenilureas. El contenido de materia orgánica fue relacionado con el K_d en cuatro de las seis familias de herbicidas no iónicos estudiadas, estando la arcilla relacionada con las restantes dos familias. En este estudio la mayor correlación fue entre valores de K_d y los tres parámetros de suelo para las familias de herbicidas amida/anilida, dinitroanilinas y fenilureas.

2.2.3.4 Solubilidad en agua y temperatura vs. adsorción-desorción

La solubilidad en agua determinará cuanto del herbicida aplicado al suelo se encontrará en la fase sólida o en la solución del suelo. Esta propiedad es fundamental en determinar el desempeño del herbicida en el suelo, agua o aire. (Leguizamón et al. 2000)

Desde hace mucho se indica que la adsorción parece estar inversamente relacionada con la solubilidad en agua, siendo los compuestos químicos de menor solubilidad en agua los adsorbidos en mayores cantidades. (Weber, 1972; Carringer 1975).

La relación entre la adsorción y la baja solubilidad en agua de los compuestos orgánicos estaría indicando la forma en que son adsorbidos estos compuestos. Esto es debido en primera instancia a las asociaciones hidrofóbicas que se dan entre estas moléculas y la superficie de la materia orgánica. La materia orgánica posee estructuras de anillos cíclicos y heterocíclicos, saturadas e insaturadas, alcoholes, proteínas, residuos de carboxilos y carbohidratos. Cuando estos compuestos se polimerizan, la porción hidrofóbica de estos, remueve de la solución del suelo y adsorbe a los compuestos de baja solubilidad en agua. (Carringer 1975)

No obstante lo anterior, Leguizamón et al. (2000), menciona que al contrario de lo que generalmente se piensa, con las dosis recomendadas, la concentración de herbicida en el agua del suelo nunca alcanza los límites de solubilidad indicado en el producto.

Un aspecto que puede estar afectando la solubilidad de las sustancias es la temperatura. En este sentido Sienko et al. (1972), señala que no existe regla general

alguna respecto a la variación de la solubilidad de las sustancias tanto sólidas como líquidas al cambiar la temperatura. Mientras en algunas se incrementa, en otras disminuye o permanece incambiada.

Calvet, (1980) indica que la variación en la temperatura tiene dos efectos: uno en la interacción soluto-superficie y otro sobre la interacción agua-soluto. Es el balance entre estos dos efectos los que determinan si la adsorción aumente, disminuya o se mantenga estable con el cambio en la temperatura.

Para un mismo herbicida, el efecto de la temperatura puede provocar reacciones diferentes según el tipo de adsorbente que se trate. En este sentido Haque (1975), citado por Calvet, (1980), encontraron que para el herbicida 2,4 D según el adsorbente fuese illita o montmorillonita el efecto de la temperatura hacía decrecer la adsorción en el primer caso, permaneciendo constante con la segunda arcilla.

Para el caso de la atrazina Li (1972) y Harris (1964), citados por Calvet, (1980), usando como adsorbente ácido húmico y turba mas vermiculita Na respectivamente, encontraron en el primer caso que la adsorción se veía incrementada a medida que aumentaba la temperatura, mientras que en el segundo caso, la adsorción permanecía incambiada.

Estudios mas recientes llevados a cabo por Jenkins et al.(2000) utilizando atrazina e imazapyr, observaron que no había correlación entre la temperatura y la adsorción de la atrazina (catiónica) con los componentes aniónicos del suelo. Por otro lado, sí se encontró correlacionada la temperatura con el grado de adsorción del imazapyr con los componentes catiónicos del suelo. Luego de 8 hrs. de comenzado el experimento 9,6% más de imazapyr se adsorbió a 35 °C que a 15°C.

Igual resultado obtuvieron Wang et al. (1999), utilizando el herbicida imazapyr donde al pasar de 25°C a 40°C se obtenía en promedio, para tres suelos, un 18% mas de imazapyr adsorbido. Estos autores señalan que bajas dosis de imazapyr pueden ser igual de efectivas en suelos o condiciones de baja temperatura.

En otros trabajos llevados a cabo por McDowell et al. (1997), con variaciones en la temperatura se encontró que la disipación de imazapyr, flumetsulam y thifensulfuron, estaba más influenciada por ésta, que por el contenido de materia orgánica del suelo y el pH. Esto se observó en estudios de laboratorio con muestras de suelo en las que el

contenido de materia orgánica disminuía con la profundidad y a las que se puso bajo dos regimenes de temperatura 15 °C y 30°C. Las vidas medias de imazapyr, flumetsulam y thifensulfuron en capas de 0 - 5 cm (6,4% carbono orgánico) a 15 °C fue de 125, 88 y 5,4 días respectivamente y 69, 30 y 3,9 días a 30°C. En la capa de suelo 15 - 20 cm (3,5% carbono orgánico) las vidas medias fueron 155, 70 y 6,4 días respectivamente a 15°C y 77, 24 y 4,8 días a 30°C.

Para el caso de imazapyr, Flint et al. (1997), citado por Aichele et al. (2005), señalan que la humedad del suelo y la temperatura, afectan en forma importante los rangos de disipación de este tipo de herbicida.

Aichele et al. (2005), en el estudio antes mencionado, encontró que la degradación de la molécula original llevaba a que estos fueran convertidos en metabolitos menos polares y en CO₂, indicando la contribución de la metabolización a la disipación. La disipación de los tres herbicidas se daba más rápidamente a pH 7 que a pH5. Esto puede ser debido a que con bajos pH se da una mayor adsorción o a que decrece la actividad microbiana.

2.2.3.5 Foto descomposición.

Con respecto a la foto descomposición, Leguizamón et al. (2000), señala que este proceso lo sufren aquellos herbicidas que al estar expuestos en la superficie del suelo y debido a la absorción de energía luminosa (especialmente ultravioleta) son alterados en su estructura química.

La radiación ultravioleta, con longitudes de onda de 200 a 420 nm, es la responsable de la foto degradación de muchos herbicidas. Esta radiación, desencadena una serie de reacciones como la oxidación, reducción, hidrólisis e isomerización de varios herbicidas. (Weber 1991)

Roos (1985), citado por Armbrust, (1999), señalan que en los herbicidas capaces de absorber la radiación directa del sol, la fotólisis directa es el proceso primario responsable de la degradación. Los herbicidas que no son capaces de absorber esas longitudes de onda tienen una ruta adicional de degradación que es a través de reacciones con productos fotoquímicos, oxidantes o reductantes. Estos oxidantes provienen de los materiales húmicos y fúlvicos.

Bajo condiciones de campo, la foto descomposición es un mecanismo importante de inactivación de algunos herbicidas luego de su aspersión en la superficie del suelo. La foto descomposición puede prevenirse por la incorporación de estos herbicidas en el suelo enseguida de aplicados, pasando a ser el suelo una barrera física protectora (Anderson 1996).

Burkhard, (1978), citado por Guth, (1980), encontró para cuatro herbicidas (simazina, atrazina, propazina y terbuthilazina), que los tratamientos cubiertos vs. los tratamientos expuestos a la luz eran en promedio un 10 % superior cuando se determinaba herbicida inalterado a las 24 h de irradiación.

Atendiendo este problema, es que se ha conseguido herbicidas con protector solar, como es el caso de las trifluralinas, en los cuales se logra atenuar las pérdidas por foto descomposición. (Anderson, 1996; Leguizamón 2000).

Por otra parte, Ying et al. (1999) incorpora al suelo y superficies de las plantas como lugares donde se puede dar la foto descomposición. Este autor menciona que si bien en algunos sistemas puede llegar a ser el primer camino de degradación de los herbicidas, no suelen ser de una magnitud significativa.

En este sentido Weber (1991) menciona que la descomposición pueden variar entre un porcentaje mínimo para un herbicida incorporado al suelo, a más de 90% para herbicidas de ambiente acuático.

Según Armbrust, (1999) en los sistemas acuáticos la foto descomposición, a través de los rayos directos solares es una de las varias formas que favorecen la disipación de los herbicidas, siendo una ruta de degradación primaria para muchos químicos que se encuentran cerca de las superficies de agua.

Este autor menciona que en condiciones de campos bajo cultivo de arroz, el agua de riego posee constituyentes como carbono orgánico disuelto, pigmentos como clorofila y ácidos fúlvicos y húmicos que generan una atenuación de la luz solar incidente. Experimentalmente y usando modelos desarrollados en computadora para un campo hipotético de arroz, el cual cuenta con 5 ppm de partículas suspendidas y 1 ppm de carbono orgánico disuelto, se obtienen valores de reducción en la luz solar incidente del orden de 8%, 27% y 92% para profundidades de 0,03m, 0,027m y 2m respectivamente.

A lo anterior, Armbrust (1999) suma el efecto del canopio, indicando que este puede ser importante en atenuar la llegada de luz solar, viéndose disminuida la foto degradación sobretodo en aquellos herbicidas que son aplicados en pos emergencia tardía. La mayoría de los herbicidas usados en el cultivo de arroz son de aplicación pre emergente o pos emergente temprana, no existiendo en este caso influencia significativa en detrimento de la foto degradación.

2.2.4 Procesos Físicos

2.2.4.1 Lixiviación y movimiento de los herbicidas en el suelo

El fenómeno de lixiviación es descrito como el movimiento de los herbicidas en el suelo influenciados por el flujo del agua, pudiendo ocurrir en cualquier dirección dependiendo del movimiento del agua. Esto está gobernado por las fuerzas gravitacionales y el movimiento capilar. La advección y difusión son los procesos involucrados en estos casos (Weber, 1991; Anderson, 1996)

Según Leistra, (1980), en muchas ocasiones los herbicidas con actividad en el suelo, pueden penetrar unos pocos centímetros. Si la capa superficial de éste está seca y el suelo es poco irrigado, o con precipitaciones bajas, el herbicida permanece muy cerca de la superficie del suelo y puede presentar dificultades para ser tomado por las malezas. Herbicidas con una fuerte adsorción, reducen la disponibilidad de este en la solución del suelo y a veces restringen la penetración en el perfil, aún con suficientes precipitaciones. Es por esto que el flujo del agua en el suelo y la adsorción del herbicida a la fase sólida del suelo son los principales factores que controlan la lixiviación.

Anderson, (1996), agrega además como factores directos que condicionan el lixiviado a la textura del suelo, la permeabilidad del suelo, y la solubilidad en agua del herbicida. Los herbicidas que poseen alta solubilidad en agua y permanecen disueltos en la solución del suelo presentan mayores chances de ser lixiviados frente aquellos herbicidas que son fuertemente adsorbidos por los coloides del suelo, así como lo es el lixiviado de aquellos herbicida que reaccionan en el suelo formando compuestos insolubles en agua o complejos.

Por otra parte, este autor señala que los herbicidas relativamente solubles en agua pueden lixivarse ya que las moléculas de estos herbicidas pueden permanecer suspendidos en la solución del suelo siendo transportados por el flujo del agua como

partículas suspendidas. Por otro lado los herbicidas que son fuertemente adsorbidos (muy baja solubilidad) por los coloides del suelo no son lixiviados a menos que los propios coloides sean arrastrados por el flujo de agua. Es por esto que la solubilidad en agua de un herbicida es solo un indicador de su lixivilidad.

Ying et al. (2000) indican que macro porosidades como las galerías de lombrices, canales generados por las raíces, y los resquebrajamiento del suelo son indicados como los principales caminos potenciales de flujo de migración de los herbicidas en profundidad.

Este mismo autor menciona que los experimentos realizados en laboratorio para comprender mejor los fenómenos de sorción y lixiviación han sido muy útiles, pero en muchas ocasiones no pueden simular algunas condiciones de campo. Un ejemplo de esto, en los estudios de lixiviación, es la delimitación en el movimiento del químico, porque la columna de suelo no simula exactamente la misma condición hídrica del suelo en el campo. Estudios realizados en los últimos años muestran que muchas veces los herbicidas han sido encontrados más profundo en el perfil del suelo de lo que se había pronosticado en los estudios de laboratorio.

En este sentido, Graham et al (1992), citado por Ying et al. (2000 b), trabajando con un Vertisol cultivado de California encontró residuos de atrazina no solo en la superficie del suelo sino también en las paredes de las resquebrajaduras y enseguida debajo de éstas, llegando a profundidades de 125 cm. Por el contrario no se detectó herbicida en la matriz del suelo entre las resquebrajaduras. Esto da la pauta de que el movimiento se da preferentemente vía resquebrajaduras.

McDowell et al. (1997), condujeron un experimento en condiciones de campo para evaluar la lixiviación y persistencia de imazapyr y flumetsulam. Para esto se puso a los herbicidas bajo dos regímenes hídricos; precipitación natural (208 mm) y precipitación natural más 75mm adicionales de riego (283 mm) por un período de tiempo de 4 meses a 25 cm de profundidad. Imazapyr y flumetsulam se lixiviaron por debajo de 25 cm con los 2 regímenes de precipitaciones, estando presente residuos de imazapyr luego de 3 meses.

Dependiendo del herbicida involucrado y de las condiciones de estudio, las cantidades de herbicida lixiviado pueden variar de niveles no detectables a cantidades superiores al 90% de lo aplicado. Se maneja como valor deseado, encontrar 1% o menos

del herbicida y sus metabolitos, a 90 cm de profundidad al final del período, bajo condiciones de campo (Weber, 1991)

2.2.4.2 Volatilización

Este proceso refiere a la tendencia que exhibe la molécula de herbicida para transformarse en vapor (normalmente medida a 25°C). Los herbicidas con presión de vapor elevada tienen mayor probabilidad de escapar del suelo, volatilizándose a la atmósfera (Leguizamón et al. 2000).

Weber (1991), sostiene que la volatilización de los herbicidas en el suelo involucra difusión de vapor a través de los poros del suelo, difusión de la atmósfera del suelo, evaporación del estado disuelto y evaporación de moléculas sorbidas en la superficie del suelo.

Según este autor, los herbicidas no iónicos, generalmente tienen altas presiones de vapor comparándolos con los herbicidas iónicos. Un ejemplo son los carbamatos, los que por poseer altas presiones de vapor ($>1000\text{mPa}$), deben ser incorporados al suelo para ser efectivos. Herbicidas con moderadas presiones de vapor (10-100 mPa) como trifluralin, propaclar y clomazone, también pueden ser incorporados luego de aplicados para aumentar su eficiencia. Pérdidas de herbicidas moderadamente volátiles como trifluralin, han sido reportadas, las que varían de 22% en 120 días cuando fueron incorporadas al suelo, a 90% en 2-3 días cuando la aplicación fue hecha sobre suelo húmedo. Las mayores pérdidas se dan en condiciones de suelo húmedo y caliente, y las menores en condiciones de suelo frío y seco.

Con respecto a trifluralina y EPTC, Walker (1987), hace referencia a lo mismo, manifestando que la eficiencia de control puede verse disminuida en gran medida, sin embargo las pérdidas por volatilización de herbicidas aplicados a suelos húmedos, las cataloga de relativamente pequeñas.

2.2.5 Procesos Microbianos

Muchas especies de microorganismos degradan una gran variedad de sustancias como fuente de carbono orgánico incluyendo los herbicidas, los que son utilizados como

forma de energía y nutrientes para su metabolismo. (Cork 1991, citado por Das 2003; Anderson 1996.)

Por otra parte, es mencionado por El-khadem et al. (1973), que algunos nitro herbicidas como nitrofen, fluorodifen, trifluralin, cobex, DNOC, dinoseb y nitralin generan algún tipo de efectos negativos sobre organismos como *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotium bataticola*.

Si bien los microorganismos se encuentran en mayor proporción en los primeros centímetros de la capa del suelo y usualmente ocupan un volumen menor al 0.1% del suelo, son responsables de numerosas transformaciones como reciclaje de elementos y generación de energía. Las densidades de poblaciones de bacterias son muy altas, siendo un número razonable de 10^9 por gramo de suelo, mientras que en los hongos el largo de las hifas puede ser muchas veces, de cientos o miles de metros por gramo de suelo. Sin la actividad de los microorganismos, los compuestos químicos se acumularían aumentando la polución en el ambiente (Torstensson, 1980).

La descomposición microbiana se da predominantemente en la capa aereada del suelo (30 cm.) A dosis normales, los herbicidas causan un cambio temporario (estimulación o inhibición) en la población microbiana del suelo. Cuando un tipo particular de microorganismo utiliza un herbicida como fuente de nutrientes su población aumenta siendo el herbicida degradado más rápidamente. La degradación de la mayoría de los herbicidas orgánicos sigue una curva típica de crecimiento de bacterias (Leguizamón et al. 2000), siendo en general las condiciones óptimas para la actividad microbiana en el suelo: humedad entre 50 – 100% de la capacidad de campo; oxígeno en el espacio poroso, temperatura de 27 a 32°C; pH de 6,5 a 8 y alto contenido de materia orgánica (Anderson 1996).

Con respecto a las imidazolinonas, Cantwell et al. (1989), citado por Aichele et al. (2005) señalan que la degradación microbiana de estos herbicidas está correlacionada con la sorción y las propiedades del suelo, y en función del contenido de herbicida en la solución del suelo.

Das et al. (2003), estudiaron los efectos del oxadiazon y oxyfluorfen sobre los microorganismos solubilizadores de fosfatos. Ellos encontraron que con los 2 herbicidas pero fundamentalmente con oxyfluorfen las unidades formadoras de colonias (UFC) y el

contenido de fósforo solubilizado se incrementaba hasta los 30 días de comenzado el experimento decreciendo lentamente hasta los 60 días. Los niveles para ambas variables siempre estuvieron por encima de los tratamientos testigos.

Sin embargo Rovira, (1965), citado por Das et al. (2003) destaca que a los 30 días, momento de máxima actividad microbiana y solubilización de fósforo, el cultivo se encontraba en el estado de floración, por lo que la actividad microbiana se ve favorecida debido el importante aporte que realiza el cultivo de exudados radiculares ya que contienen muchos promotores de crecimiento.

2.3 CARACTERISTICAS DE LOS HERBICIDAS EN ESTUDIO

2.3.1 Glifosato

El glifosato (N-fosfonometil glicina) es un herbicida postemergente no selectivo ampliamente utilizado en el mundo. Debido a su capacidad de traslocarse a través del floema, es muy útil para matar órganos subterráneos de plantas perennes que prosperan en pasturas y en sistemas donde el suelo no es removido (Martino 1995).

El herbicida fue descubierto entre 1960 y 1970 por investigadores de la compañía Monsanto, marcando así un hecho muy importante para la historia de la agricultura. El uso creciente de una técnica como la siembra directa se debe en cierta medida a este herbicida (Martino 1995).

Se tienen registrados varios productos comerciales con el principio activo glifosato, siendo principalmente utilizado por los sectores agrícola, forestal, citrícola y arrocero (Martino 1995).

2.3.1.1 Características generales y modo de acción

El glifosato, según Sprankle (1975) citado por Martino (1995), es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfónico unido al radical amino. Su estructura molecular es simple $C_3H_8NO_5P$, con un peso molecular de 170. El compuesto existe como zwitterión entre pH 2 y 10,6, con un pKa de < 2; 2,6; 5,6; y 10,6. El herbicida es

usualmente formulado como la sal isopropilamínica de glifosato ($C_6H_{17}N_2O_5P$) (Herbicide Handbook, WSSA 2002). Roundup, la primera formulación líquida, contiene 36 % de equivalente ácido y 48 % de equivalente sal (Martino 1995).

Royneberg (1992) citado por Martino (1995), señala que por su reducido tamaño y su naturaleza polar, el glifosato es altamente soluble en agua y no es capaz de atravesar por sí mismo las cutículas foliares y membranas celulares hidrofóbicas de las malezas. Por esta razón, la formulación del herbicida contiene un agente surfactante que ayuda a superar dichas barreras (Martino 1995).

2.3.1.2 Sitio de acción

Inhibe la actividad de la enzima 5-enolpiruvil chiquimato-3-fosfato (EPSP) sintetasa, que cataliza la reacción entre el ácido fosfoenolpirúvico y el ácido 5-fosfochiquimico para sintetizar un precursor del ácido corísmico. El sitio metabólico de acción es en la vía del ácido chiquimico, que conduce a la síntesis de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptofano (Salisbury y Ross, 1992; citado por Martino 1995).

2.3.1.3 Absorción y traslocación

Para Townson (1990), citado por Martino (1995), la absorción del glifosato por las plantas es a través de la cutícula de las hojas durante los días siguientes a la aplicación. La fuerza que impulsa esta absorción es el gradiente de concentración a través de la cutícula y membrana plasmática. Sandberg et al. (1980), citado por Martino (1995), reportaron que la absorción cesó tres días después de la aplicación en especies perennes, mientras que para el caso de especies anuales la misma prosiguió por más de tres días.

La sal isopropilamínica de glifosato es más rápidamente absorbida que la forma ácida de la molécula, y los surfactantes y el sulfato de amonio mejoran aún más la absorción de la sal (MacIsaac et al 1990; citado por WSSA 2002).

La traslocación se realiza por el floema y comenzaría inmediatamente después de ser absorbido sin que el herbicida sufra ninguna transformación química (Gottrupe, 1976; Sandberg et al, 1980; citado por Martino 1995).

A nivel celular, la absorción requiere la presencia de cationes divalentes. Burton y Balke, (1988) citado por Martino (1995), reportaron que el Ca y el Mg pueden ser necesarios para mantener la integridad de las membranas, y también para la activación de las enzimas presentes en la membrana plasmática. Estos autores también descubrieron que los iones Zn y Mn tenían efectos estimulatorios sobre la absorción a través de las células.

2.3.1.4 Efectos en las plantas

La Weed Science Society of America (2002) reporta que luego de la aplicación el crecimiento es inhibido, seguido de una clorosis y necrosis foliar que son visibles para las especies más susceptibles a los 4 a 7 días, mientras que las menos susceptibles se dan entre los 10 a 20 días. Servaites et al (1987), citado por Martino (1995) reportaron un inmediato descenso del nivel de la ribulosa 1-5 difosfato y por lo tanto de la fotosíntesis para el caso de la remolacha azucarera cuatro horas después de de la aplicación.

La clorosis aparece primero y se hace más pronunciado en hojas inmaduras y en puntos de crecimiento, con el posterior necrosado del follaje. (Weed Science Society of America. 2002)

2.3.1.5 Dinámica en el suelo

Para Tortensson (1985) citado por Cornish (1992) el glifosato es un herbicida que no tiene residualidad en el suelo. Esto es así a causa de la rápida inactivación e inmovilización de la molécula debido a la adsorción de ésta en las partículas coloidales del suelo. También la población bacteriana del suelo degrada el herbicida luego de fijarse al suelo, bajo condiciones de buena humedad.

Esta inmovilización del glifosato por el suelo está explicado por la combinación entre la porción fosfónica con los cationes presentes en el suelo tales como Al, Fe, Ca, Mg entre otros. Esto genera que una vez aplicado al suelo el movimiento del herbicida se restrinja si los cationes se encuentran ligados a los minerales arcillosos o a la materia orgánica. Se podría decir que el grado de inmovilización es inversamente proporcional a la concentración de fósforo, pH y contenido de arcilla en el suelo (Sprakle et al, 1975;

citado por Martino 1995). Esto permite que se pueda sembrar o trasplantar inmediatamente después de haber aplicado (WSSA 2002).

Por otra parte, Autores como Cornish (1992), Eberbach (1989), Heinonen (1989), Feng (1990), Weber, (1994), estos últimos tres citados por De Andrea (2003), señalan que bajo algunas condiciones, se reportan persistencias en el suelo del herbicida con efecto fitotóxico para el cultivo por más de 4 semanas e inclusive hasta 19 semanas. Esto se debe según Cornish (1992), a condiciones de suelo seco, baja capacidad de intercambio catiónico, bajo contenido de materia orgánica y altos niveles de fósforo en el suelo, generando que la molécula no se retenga por las arcillas dado que el fósforo del suelo ocupa los sitios donde la molécula del herbicida se puede adsorber.

2.3.2 Oxadiazon

En 1963, en los laboratorios de la empresa Rhone-Poulenc, fue descubierto un nuevo grupo químico de herbicidas, los oxadiazoles. Entre los numerosos productos sintetizados y sometidos a ensayos de selección por su actividad herbicida, el producto oxadiazon fue el más destacado (Rhone-Poulenc, manual del oxadiazon 1977)

2.3.2.1 Características generales

El oxadiazon (2-terbutil-4(2,4-dicloro-5-isopropiloxifenil)1,3,4-oxadiazolin 5-ona), es comercializado bajo el nombre Ronstar FLO 38, con 380 gr i.a./ lt de producto comercial. Este herbicida es recomendado como selectivo, de pre y post emergencia y post trasplante. Se lo puede utilizar para el control de malezas en los cultivos de arroz, cebolla, ajo y clavel (Modernel, 2002).

2.2.2.2 Sitio de acción

Para Duke et al. (1990) los intermediarios de la cadena metabólica de la clorofila pueden ser compuestos fotodinámicos, y la acumulación de los mismos puede tener un efecto herbicida, generando un descoloramiento y desecado de los tejidos verdes requiriendo como factor principal la luz. El oxadiazon por sí mismo no es un compuesto fotodinámico sino que actúa como un agente peroxidativo que inhibe la síntesis de clorofila, provocando altos niveles de Protoporphyrin (Proto) en los tejidos de las plantas.

Este herbicida tiene como sitio de acción a la Protoporfirinogen Oxidasa (Protox). Según Matringe (1989), citado por Taek Hwang et al (2004), ésta es la última enzima que actúa en la biosíntesis de la clorofila y del heme, a nivel del cloroplasto. Cataliza la oxidación del sustrato Protoporfirinogen IX (PPGIX) para pasar a Protoporfirin IX (PPIX). La inhibición de la Protox por parte del oxadiazon lleva a la acumulación de PPIX, siendo éste el primer precursor de la clorofila (Weed Science Society of America, 2002)

Según Lee (1994), la acumulación de PPGIX aparentemente es transitoria, y bajo condiciones normales se encuentra en la membrana tilacoide del cloroplasto donde se oxida a PPIX. Esta oxidación puede ser catalizada por una enzima del plasmalema que tiene la misma actividad que la Protox pero es insensible a los herbicidas. Este PPIX que se forma en otro lugar diferente al que trabaja la Protox, probablemente es separado de la Mg Chelataza y de otras enzimas que normalmente previenen la acumulación de PPIX (Weed Science Society of America, 2002)

Duke et al. (1990) define que PPIX es un compuesto fotosensible y genera oxígeno excitado (oxígeno “singlet”) en la presencia de luz y moléculas de oxígeno, que en definitiva es el que causa el daño acumulándose en la membrana lipídica. Estos dos compuestos extraen un hidrógeno de los lípidos insaturados de la membrana, produciendo así un radical lipídico iniciando una cadena de reacción de peroxidación lipídica.

A sí mismo, Duke et al. (1991), citado en Weed Science Society of America (2002), sostiene que los lípidos y las proteínas son atacados y oxidados, resultando en la pérdida de clorofila y carotenoides, provocándose una desintegración de membranas y organelos de las células. Por lo tanto PPIX aparece como el principal pigmento fotodinámico responsable de la actividad del herbicida (Duke et al., 1990).

2.3.2.3 Absorción y traslocación

El oxadiazon es absorbido en mayor forma, por el coleoptile de las semillas que se encuentran emergiendo, donde se encuentra el meristemo apical, zona de activo crecimiento. En el caso de las raíces la absorción se da pero en menor forma. Cuando se hacen aplicaciones foliares las hojas son las encargadas de absorberlo, acumulándose en

las hojas viejas y teniendo algo de movimiento hacia los puntos de crecimiento (Weed Science Society of America, 2002).

Para la Weed Science (1996) una cierta gama de herbicidas que se aplican al suelo tienen al coleoptile como sitio primario de entrada. Esto se debe a que el oxadiazon ejerce una acción más completa cuanto más jóvenes y en vías de crecimiento activo estén las plantas (Rhone-Poulenc, manual del oxadiazon 1977)

2.3.2.4 Sintomatología

La intoxicación de las plantas se da al momento de la germinación, dado por el contacto del coleoptile con las partículas del suelo que adsorben el herbicida (coloides, materia orgánica) (Rhone-Poulenc, manual del oxadiazon 1977).

Cuando las plántulas atraviesan un suelo tratado con el herbicida, al hacer contacto con la luz en la superficie, sufren marchitamiento, seguido por una necrosis y posterior desecación de los tejidos en crecimiento. La actividad del herbicida es disminuida cuando el suelo está muy seco (Weed Science Society of America, 2002).

En el caso de aplicaciones foliares, las hojas de plantas susceptibles sufren clorosis, luego se desecan y posteriormente se necrosan los tejidos. Esto ocurre en un tiempo de entre 1 a 2 días. Dosis bajas pueden provocar sobre todo en hojas nuevas, un efecto de bronceado (Weed Science Society of America, 2002).

2.3.3 Oxadiazon en el suelo

2.3.3.1 Factores que afectan la disponibilidad

2.3.3.1.1 Contenido hídrico

Ambrosi et al. (1977 b), encontraron que tanto con un contenido de agua menor al de capacidad de campo como con suelo inundado, menos del 25% del oxadiazon fue degradado después del período de estudio de 25 semanas.

En otro trabajo se estudió la disipación del oxadiazon en función de cuatro regímenes hídricos: seco, capacidad de campo, inundación alternada e inundación continua. Barrett et al. (1984), no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de oxadiazon remanente entre los últimos tres tratamientos con agua, en cambio sí presentó diferencias significativas con el tratamiento sin humedad. Este tratamiento se disipó a una tasa mucho menor, llegando a las 20 semanas con un contenido de oxadiazon muy similar al de inicio. Esto muestra la baja cantidad disipada de oxadiazon en suelo seco siendo para muchos herbicidas del mismo modo.

Los mismos autores comparando aplicaciones de oxadiazon en superficie en dos sistemas distintos del cultivo de arroz, secano e inundado, encontraron que en el primer caso la disipación del herbicida fue menor, tanto en los primeros 40 días (momento de más rápida disipación) como en los 90 días posteriores, en comparación con el sistema de arroz inundado. El mayor contenido de agua en el suelo del segundo sistema la variable que explica estas diferencias.

Wehtje et al. (1993), realizaron experimentos de desorción sobre un sustrato orgánico y sobre una muestra de suelo arenoso. Estos autores observaron que luego del agregado de suficiente agua, el oxadiazon removido del sustrato orgánico en la primera extracción fue un 2% del oxadiazon original. Las siguientes extracciones fueron de menor magnitud, llegando a un total de 5,4% en cinco extracciones. Para el caso de la muestra de suelo arenoso se removían solo 0,42%, siendo lo extraído en cada una de las cinco remociones cercano al 0,08%. Sin embargo, los autores indican que la gran retención del oxadiazon por la muestra de suelo arenoso es más atribuible a su mínima capacidad de retener agua que a sus propiedades físicas o composicionales, evidenciando la importancia que tiene el agua en el comportamiento del oxadiazon.

En estudios parcelarios a campo llevados a cabo por Ying et al. (2000 b), donde se midieron los niveles de los herbicidas oxadiazon y norflurazon en el agua del suelo luego de registrarse precipitaciones. Ellos mostraron que luego de cada lluvia se encontraba oxadiazon en solución independientemente de la magnitud de las precipitaciones, si bien lo hacía en concentraciones muy bajas. Para el caso del norflurazon se daba lo contrario; a mayores intensidades de precipitaciones mayor era la concentración del herbicida en solución y siempre a niveles superiores que los registrados para el oxadiazon.

2.3.3.1.2 Propiedades del suelo

Según La Fleur, (1979), citado por Barret et al. (1984), generalmente varias semanas son requeridas para que la adsorción de los herbicidas por la materia orgánica del suelo alcance un equilibrio dinámico.

Este mismo comportamiento encontraron Barrett et al. (1984) al constatar la rápida caída en la concentración del oxadiazon de la solución del suelo en los primeros 10 días del experimento, estabilizándose luego de esta primera etapa (10-40 días).

Carringer et al. (1975) y Hoque et al. (2002), señalan que para el caso del oxadiazon, el factor fundamental en explicar la adsorción de este herbicida es la materia orgánica del suelo.

En este sentido, Ambrosi et al. (1977 b), encontraron similares resultados indicando que la degradación y fijación del oxadiazon es más marcada a mayor contenido de materia orgánica, e identificaron a los ácidos fúlvicos como la fracción más importante en retener este herbicida. Fue en esta fracción donde se encontró la mayor cantidad de ligamientos de compuestos de oxadiazon marcados con C¹⁴.

Estudios en la adsorción del oxadiazon, llevados a cabo por Wehtje et al. (1993) sobre tres substratos orgánicos y un suelo arenoso, mostraron que la adsorción del oxadiazon fue al menos de un 96%, independientemente del tipo de medio utilizado y de las concentraciones usadas, indicando que la capacidad adsorbente no se vio excedida. La adsorción del oxadiazon en el suelo fue igual a cualquiera de los tres substratos usados y así como en estos, la adsorción no fue afectada por la concentración del oxadiazon.

2.3.3.2. Persistencia

La inactivación de los herbicidas no-iónicos en el suelo está relacionada inversamente con su solubilidad en el agua, condicionando la bio actividad, movilidad y persistencia en el ambiente del suelo (Carringer et al. 1975).

Posteriormente, estudios conducidos por Ying et al. (2000 a), dieron como resultado una vida media para el oxadiazon de 14 días, valor próximo a los reportados por Das et al. (2003), quien obtuvo una vida media de 8,8 días. Estos dos trabajos distan mucho de lo reportado en la bibliografía internacional encontrándose en ocasiones valores de vida media para el oxadiazon de 180 días.

El bajo valor de vida media del oxadiazon encontrada por Ying et al. (2000 a), en campos Australianos de viñedos es atribuida al hecho de que el producto no fue incorporado en el suelo, además de su rápida degradación en condiciones húmedas.

Según Ambrosi et al. (1977 b) existen dos factores que explicarían la persistencia del oxadiazon. La primera sería su baja solubilidad en agua, mientras que la segunda sería la falta de grupos fácilmente metabolizables en la molécula.

El oxadiazon es lentamente degradado tanto en condiciones de suelo húmedo como inundado, no recuperándose mucho oxadiazon marcado con C^{14} debido a la alta fracción de herbicida ligado.

Barrett et al. (1984), utilizando dos métodos para evidenciar la presencia de oxadiazon, encontraron diferencias en la concentración detectada por bio test (utilizando plantas de *Festuca arundinacea*) y con análisis de cromatografía de gases líquidos a favor de esta última. Esto estaría indicando que un reservorio significativo de oxadiazon inactivo biológico permanece en el suelo luego que la actividad herbicida ha terminado. Esta diferencia en la concentración de oxadiazon encontrada entre estos dos métodos se ve incrementada hasta las 8 semanas. A partir de ahí las concentraciones encontradas por cada método se mantienen constantes hasta las 20 semanas. Esto muestra que después de 8 semanas la concentración remanente de herbicida en el suelo dejaría de disiparse a la velocidad que se estaba dando, siendo a partir de ahí prácticamente constante hasta el final del estudio. De todas formas, estos autores señalan que la aplicación de oxadiazon sobre un mismo campo en sucesivos años no presentaría problemas, pudiendo acumularse sin causar daño a los cultivos subsecuentes.

2.3.3.3. Disipación

LaFleur et al. (1979), citado por Barret et al. (1984), mencionan que la disipación de los herbicidas se da en dos fases. La disipación durante la fase inicial es dominada por la porción libre no adsorbida. En la segunda fase la concentración del herbicida libre es mucho menor.

En concordancia con esto, Ying et al. (2000 a) mencionan que las medidas realizadas de los herbicidas en dos años y en distintos parcelones, muestran que la disipación de norflurazon, oxadiazon y trifluralina en la superficie de suelos arenosos está caracterizada por una rápida pérdida inicial, seguida por una lenta degradación.

En estudios de laboratorio donde se investigaba como afectaba la ubicación del oxadiazon (profundidades 0-1,2, 1,2-3,2, 3,2-11,5, 0-11,5 cm.) a plantas de *Festuca arundinacea* usadas como bio test, Barrett et al. (1984) observaron que a las 2 primeras profundidades se obtenía un daño del 92% y 76% respectivamente, siendo para las restantes profundidades de 23% y 47% respectivamente.

Por otra parte en el mismo estudio se evaluó el oxadiazon remanente luego de 45 días, encontrándose que había un 85% y 65% del herbicida en las dos últimas profundidades (3,2-11,5 , 0-11,5 cm.) siendo el porcentaje remanente en las dos primeras (0-1,2 , 1,2-3,2 cm.) menor al 50% . Esto muestra que a medida que se ubica el oxadiazon más próximo a la zona superficial y distribuido en pocos centímetros, este queda más concentrado y fácilmente tomado por las plántulas, las que presentan mayor daño y menor porcentaje remanente de oxadiazon, siendo las plantas el principal modo de disipación del herbicida.

Ambrosi et al. (1977 b) siguiendo la evolución del CO₂ marcado con C¹⁴ observó que ésta fue reducida durante los primeros 25 días, indicando que el desdoblamiento de los anillos fenil no fue un mecanismo significativo de pérdida. Debido a que el C¹⁴ en el oxadiazon es ubicado en los enlaces fenil, la falta de detección de grandes contenidos de ¹⁴CO₂ no necesariamente indica falta de metabolismo.

Das et al. (2003), encontraron que los microorganismos, disiparon el 64% del herbicida en la rizosfera durante los primeros 20 días luego de la aplicación, alcanzando el 99,5% a los 60 días. Esto estuvo acompañado de un gradual aumento de la actividad microbiana hasta los 30 días después de la aplicación de oxadiazon, seguidos por un gradual decremento hasta los 60 días.

Según Ambrosi et al. (1977 b), el oxadiazon es metabolizado en ácidos carboxílicos, fenoles y varios compuestos polares pero en concentraciones demasiado pequeñas incluso para su identificación.

En un estudio a campo llevado a cabo por Ying et al. (2000 a), se observó que cuando los experimentos fueron conducidos en invierno, en condiciones frías y húmedas, propias de la zona del Barossa Valley al sur de Australia, la disipación de los herbicidas norflurazon, oxadiazon y oxyfluorfen pareciera estar afectada por estas condiciones. La disipación del remanente de herbicida que queda en la superficie del suelo, en los químicos con baja movilidad, puede estar afectada por la degradación microbiana, química y pérdidas por volatilización.

2.3.3.4. Movilidad

La movilidad de los herbicidas oxadiazon y phosalone es definida por Ambrosi et al. (1977 a), como poco probables de ser transportados a distancias significativas en el suelo, salvo en situaciones de suelos con mucho contenido de arena, bajo de arcilla y poca materia orgánica.

En el mismo trabajo estos autores, destaca la inmovilidad de estos productos en cuatro de cinco suelos estudiados, salvo en uno en el que la mayor movilidad parece estar explicada por poseer un contenido de materia orgánica de 0,9 % y un contenido de arena mayor a 70%. Si bien el contenido de materia orgánica es bajo, es mayor que el de otro de los suelos evaluados 0,9% vs. 0,14%, quedando en evidencia que la mayor movilidad está en relación con el mayor flujo de agua a través del perfil del suelo, debido a la textura.

Otro aspecto a tener en cuenta según Ambrosi et al. (1977 a) es que luego de ser metabolizados los herbicidas pueden cambiar drásticamente características como la

polaridad y el peso molecular. Cuando la persistencia de estos productos de degradación se da por períodos largos de tiempo, su potencial para moverse o lixivarse aumenta.

Estos autores, determinaron por medio de auto radiogramas que un extracto aeróbico de oxadiazon permaneció inmóvil por seis meses, observación que no se registró cuando se utilizaron muestras de 3 suelos diferentes por un período de 6 semanas. Estas pruebas revelaron restos del compuesto que se lixivaba en mayor o menor medida según el tipo de suelo, pero siempre en cantidades muy pequeñas. El oxadiazon original, o sea el que ocupa un lugar dado luego de su aplicación, a mostrado franjeados por lixiviación casi imperceptibles, solo un poco más lejos que el lugar de origen. Análisis mediante extracción y cromatografía de capas delgadas (TLC) de esta zona móvil, indican que predomina el oxadiazon pero otros tres-cuatro compuestos estuvieron presentes. Estos compuestos aparentemente son impurezas del oxadiazon original o son productos de una ruptura no biológica durante el lixiviado.

Para Ambrosi et al. (1977 a), la observación más interesante, es la demostración que estos productos relativamente inmóviles son transportados a través de las capas del perfil del suelo. Esto puede ocurrir por: a) transporte rápido de una porción pequeña de producto solubilizado a través de macro poros b) movimiento físico de partículas de arcilla fina dispersas conteniendo el herbicida ó c) movimiento de materia orgánica solubilizada, conteniendo también el herbicida adsorbido. Esto puede remarcar por que los franjeados por lixiviación representan una porción pequeña del residuo del herbicida, pudiendo ser una creación de los estudios de lixiviación en el laboratorio.

En un experimento llevado a cabo por Moles et al. (1976), citado por Wehtje et al. (1993) usando trigo como bio-test, encontraron que el oxadiazon no se lixivaba mas de 7,5 cm. Esto se registró cuando las aplicaciones fueron hechas en la superficie de varios substratos de turba, corteza de árbol y regado diariamente durante seis semanas.

Por otra parte Wehtje et al. (1993), reporta que tanto en la muestra de suelo como en los substratos no se detectó oxadiazon por debajo de los tres primeros centímetros.

Niemczek et al. (1994), citado por Ying et al. (2000 a), estudiaron la movilidad de trifluralina y oxadiazon entre otros herbicidas, sobre césped. Estos autores reportaron que trifluralina se mantuvo retenido en los primeros 5 cm de suelo, mientras que el oxadiazon presentó residuos que en ocasiones se encontraban en los 22,5 – 25 cm.

En suelos areno arcillosos y arenosos estos mismos autores encontraron oxadiazon lixiviado, 15 días después de la aplicación, en las capas de suelo correspondientes a los 5-10 cm y 15-30 cm respectivamente.

Estudios parcelarios a campo conducidos por Ying et al. (2000 b), con el objetivo de ver la distribución de los herbicidas en el perfil del suelo, mostraron que a las 6 semanas de realizada la aplicación de herbicida, en suelos arenosos con incremento de arcilla con la profundidad, se encontró únicamente trazas de oxadiazon por debajo de 5 cm siendo el de las capas superiores del suelo degradado rápidamente.

El movimiento de los herbicidas norflurazon, oxadiazon y trifluralina en el suelo fue medido por estos mismos autores colocando lisímetros en parcelas alejadas 7 mts del lugar de aplicación de los herbicidas. Únicamente el norflurazon fue detectado en el agua del suelo que contenían los lisímetros, indicándose que luego de cada precipitación este herbicida es capaz de moverse varios metros del lugar de origen. Aunque oxadiazon, trifluralina y oxyfluorfen son menos móviles que norflurazon, cuando este mismo ensayo fue realizado en otro año fueron encontrados restos de los herbicidas mencionados anteriormente en los lisímetros. La detección de estos herbicidas en el agua del suelo puede estar explicada por movimiento de flujo o por movimiento de asociaciones con sustancias húmicas y partículas pequeñas del suelo. De este modo el camino de transporte más importante de estos herbicidas es el transporte preferencial y no vía la matriz del suelo.

2.3.3.5 Pérdidas

2.3.3.5.1 Pérdidas por volatilización

Las pérdidas por volatilización son señalados por Ambrosi et al. (1977b), como casi nulas ya que trabajando con oxadiazon en dos regimenes hídricos, húmedo e inundado, no se detectaron prácticamente pérdidas del producto por esta vía en ninguno de los dos casos. Sin embargo, la incorporación en el suelo frente a la aplicación del herbicida en superficie puede ser una forma de reducir esa pérdida.

En el mismo sentido Barrett et al. (1984), agrega que la volatilización parece no ser un factor importante en la pérdida del oxadiazon, debido a su baja presión de vapor.

Este autor sostiene que la disipación queda explicada por la degradación y la toma del herbicida por parte del cultivo de las capas superficiales.

2.3.3.5.2. Pérdidas por foto degradación

Ying et al. (1999) estudiaron la degradación de oxadiazon por fotólisis, encontrando que esta es mas lenta en el suelo que en el agua, debido al efecto atenuador que ejerce el suelo frente a la luz. Cuatro compuestos fueron detectados luego de la foto degradación en el agua bajo luz solar, siendo el pico del espectrómetro de masa más importante identificado como el oxadiazon original. Los tres restantes compuestos, muy similares entre sí perdieron un grupo clorado, siendo sustituido por un oxidrilo en dos de ellos y un hidroxilo en el restante.

2.3.4 Usos del oxadiazon

Bailey et al. (1979) realizaron estudios durante 2 años, utilizando oxadiazon para el control de malezas en plantas ornamentales, con el objetivo de encontrar efectos en la tolerancia y efectividad del herbicida. Para esto se realizaron ensayos a campo donde inmediatamente luego de cada aplicación del herbicida se realizaba, un riego con una lámina de agua de 0,6 a 1,3 cm. Los resultados arrojaron que luego de tres aplicaciones, solo dos plantas (de un total de cincuenta) fueron afectadas, manifestando una detención del crecimiento con respecto al testigo de 5, 6 y hasta 7 cm cuando se usaron dosis de 0,224 a 0,896 kg i.a./ha.

En el estado de Rio Grande del Sur, Abud (1983) estudió la fitotoxicidad causada al cultivo de arroz del herbicida oxadiazon (1 kg i.a./ha), entre otros, cuando este fue aplicado un día después de la siembra. Estas determinaciones fueron hechas a los 10 y 20 días del asperjado de los herbicidas para condiciones de siembra al voleo y siembra en línea. Este autor encontró que si bien en ambas condiciones de siembra se apreciaba algún grado de fitotoxicidad, era en la siembra al voleo donde se daban los mayores daños, tendiendo a haber una reducción de los efectos fitotóxicos al día 20. Esta fitotoxicidad se tradujo en una reducción en el número de plantas /m² frente al testigo, que estuvo en el orden del 16,5% para la siembra en línea y 38% para la siembra al voleo. En el trabajo se aclara que luego de la aplicación de los herbicidas se dieron

precipitaciones en los 3 días siguientes, las que sumadas a la desuniformidad en la profundidad de las semillas de arroz, contribuyó a aumentar la fitotoxicidad.

Amaral (1980), realizó un experimento donde evaluó los efectos del oxadiazon (1kg ia/ha), entre otros, y la profundidad de siembra (1-2-3cm) en la fitotoxicidad que causaba en arroz cuando este era puesto a crecer bajo 2 regímenes de temperatura media: 25,8 °C y 22,6°C. La aplicación de estos tratamientos se realizó un día después de la siembra en línea de la variedad Bluebelle, sobre un suelo franco arenoso, con un contenido de materia orgánica de 2,35%.

Este autor, encontró que para la variable velocidad media de emergencia, y número de plantas a los 21 días después de la siembra no hubo diferencias significativas entre las tres profundidades de siembra estudiadas. Si se observó, mayor velocidad de emergencia en el ensayo que creció a mayor temperatura y un mejor stand de plantas conforme la semilla era ubicada más cerca de la superficie. Para la variable gr parte aérea/parcela 0,45m² a los 21 días, el oxadiazon mostró reducciones de 17%, 20% y 5% para las profundidades 1, 2, y 3cm respectivamente a la mayor temperatura de crecimiento. Para el experimento a menor temperatura de crecimiento se obtuvieron reducciones de 17%, 22% y 7% para 1, 2, y 3cm profundidad respectivamente. Cuando se midió el peso seco mg/plántula en la misma fecha se encontraron reducciones frente al testigo de 5%, 20% y 1% con los incrementos en la profundidad. El aumento en la profundidad minimiza los pocos efectos fitotóxicos observados. Esto se corroboró al observar halos oscuros en el coleoptile de las plantas de arroz ubicadas más en superficie, y la presencia de clorosis foliar acentuada en los primeros días, tendiendo a desaparecer a partir del día siete.

Veiga et al. (1985), trabajando en ensayos de macetas, aplicaron 1 kg i.a./ha de oxadiazon con el objetivo de verificar los efectos de este y otros herbicidas en el arroz. Se sembraron las macetas a una profundidad de 1,5 a 2 cm, aplicando el oxadiazon como pre emergente 24 horas después. Se realizaron dos manejos del agua simulando condiciones de arroz de secano y arroz irrigado. Los resultados mostraron que en las condiciones de secano el oxadiazon no provocó fitotoxicidad en la variedad IAC-165 sobre los componentes del rendimiento estudiados como porcentaje de espiguillas llenas, panojas/planta, espiguillas/panoja, peso de mil semillas y rendimiento/maceta cuando se lo comparó con el testigo sin aplicación. Para el caso de las condiciones de inundación del arroz el efecto de la aplicación del oxadiazon mostró una tendencia a la disminución de la producción de arroz.

Saldain (2002) estudió el control de arroz rojo, que se puede lograr con los herbicidas glifosato y oxadiazon, aplicados en mezcla de tanque ó secuencia, como también la selectividad para las variedades Tacuarí y EP 144. Los tratamientos se aplicaron 8 días y 1 día antes de la siembra, siendo la siembra en línea. Las dosis empleadas fueron de 0,72 kg i.a./ha de glifosato solo, 1,44+0,75 kg i.a./ha, 1,44+0,84 kg i.a./ha y 1,44+1.14 kg i.a./ha de glifosato y oxadiazon respectivamente. Este autor reporta que no se observó mortandad de plantas en la variedad Tacuarí por el efecto de los herbicidas, no ocurriendo esto para la variedad EP 144, donde si hubo mortandad de plantas asociado a las dosis mas altas y mas cercanas a la siembra. La altura de las plantas tendió a ser más bajas con las dosis altas y aplicadas un día antes de la siembra, lo cual se reflejó también en un atraso del inicio de floración para el arroz en estos mismos tratamientos para las dos variedades. Por el lado del control, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para las panojas de arroz rojo a la cosecha, no obstante hubo una tendencia a disminuir el número de panojas de la maleza a medida que se aumentaba la dosis y se acercaba al momento más cercano a la siembra.

Un año después, Saldain (2003) repitió el ensayo disminuyendo la dosis intermedia de oxadiazon tanto en mezcla como en secuencia a 0,68 kg i.a./ha. En este año no se detectaron disminuciones en el stand de plantas en ninguna de las dos variedades utilizadas, así como tampoco se observaron atrasos a la floración ni detención del crecimiento. En el control del arroz rojo se obtuvo una disminución de las panojas de la maleza cuando se aumentaba la dosis de oxadiazon y acercaba aplicación a la siembra.

Para arroz de secano Victoria et al. (1981) utilizaron para el control de malezas una serie de herbicidas dentro de los cuales se encontraba el oxadiazon. El tratamiento se realizó dos días después de la siembra en línea del arroz sobre un suelo con 4,82 % de materia orgánica a razón de 1 kg i.a./ha. Los resultados no detectaron fitotoxicidad del herbicida sobre el arroz a los 47 días después de la siembra, obteniendo controles aceptables de las malezas.

Páez et al. (1993), obtuvieron buenos resultados en el control de malezas típicas de los arrozales de Venezuela, sin presentar efectos fitotóxicos, cuando el oxadiazon (0,75 y 1 kg ia/ha) fue aplicado directamente sobre el agua inmediatamente de lograr la estabilización de la lámina. Pasados 4 días se procede a la siembra del arroz pregerminado, drenando luego el campo. En una primera observación a los 12 días de desarrollo del cultivo se constató el buen control de malezas obtenido con oxadiazon, no reportándose aparentemente efectos negativos sobre las semillas, ni el proceso de

germinación. Estos autores atribuyen en una segunda observación, realizada a los 25 días de desarrollo del cultivo, a la residualidad por parte del producto como responsable de los buenos controles obtenidos hasta esa fecha.

Constantin et al. (1995) evaluaron el efecto de aplicar oxadiazon tanto en pre emergencia como en post emergencia para el control de malezas en el arroz. El método de siembra utilizando fue el de pre germinado, haciendo diferentes manejos del agua de riego para favorecer la emergencia o no de las malezas. Las dosis fueron para pre emergencia de 0,570 kg i.a./ha y en post emergencia de 0,625 kg i.a./ha. Estos autores no detectaron fitotoxicidad por el uso de este herbicida en las plantas de arroz a los 37 y 65 días después de la aplicación, siendo la aplicación en pre emergencia la que obtuvo los controles más satisfactorios.

Evaluando alternativas de control de arroz rojo, Tiebas (1999), evaluó entre otros oxadiazon, glifosato y la mezcla de ambos productos por 3 años. La eficiencia de control era medida como número de panojas de arroz rojo /m² a la cosecha, siendo expresada como porcentaje de eficacia en la reducción de la maleza frente a las parcelas testigo. En el primer año la mezcla oxadiazon + glifosato (0,25kg ia/ha + 1kg ia /ha) presentó menor eficiencia de control frente a glifosato sólo (1kg ia/ha), siendo del orden de 77,4% y 98,7% respectivamente. El estado fenológico del arroz rojo al momento de la aplicación era de hasta 3 hojas. En el segundo año, manteniendo las mismas proporciones, los resultados fueron inversos a los obtenidos en el primer caso. Los porcentajes de eficiencia fueron 57% y 63,8% para glifosato sólo y la mezcla glifosato + oxadiazon respectivamente. En este año el estado fenológico del arroz rojo de la aplicación de glifosato sólo, era de de 2 hojas, mientras que el estado fenológico de la mezcla de ambos productos estaba en germinación a 1 hoja. También se incluyó en esta campaña un tratamiento sólo de oxadiazon (0,5 kg ia/ha), que obtuvo una eficiencia de control de 94,5%, siendo el estado fenológico del arroz rojo de pre germinación. En el último año de evaluación se usó glifosato sólo y oxadiazon sólo, aplicados al mismo estado fenológico que el año anterior, obteniéndose resultados similares 56% y 82% respectivamente. Con las dosis utilizadas en los 3 años no se reportaron fitotoxicidades, si bien los suelos tenían un % de MO entre 1,7 y 2,5.

2.3.5 Características de los herbicidas más usados en el arroz

A continuación se presenta un cuadro que permite clasificar a los herbicidas según sus propiedades químicas y biológicas.

Cuadro N° 1. Rangos y la terminología descriptiva para las propiedades químicas y biológicas de los herbicidas. (Tomado de Weber et al. 1994)

Terminología Descriptiva	Basicidad (pK _A)	Acidez. (pK _A)	Solubilidad en agua (K _{sp}) (mg/l)	Volatilidad (P V) (mmHg×10 ⁻⁶)	Retención en suelo (K _{oc})	Persistencia (T-1/2) (días)
Muy baja ó corta	< 2	> 8	< 10	< 1	< 10 ²	< 10
Baja ó corta	2-4	6-8	10 ⁻¹⁰ ²	1 - 10	10 ² -10 ³	10 - 30
Moderada	4-6	4-6	10 ² -10 ³	10 ⁻¹⁰ ²	10 ³ -10 ⁴	30 - 90
Alta ó larga	6-8	2-4	10 ³ -10 ⁴	10 ² -10 ³	10 ⁴ -10 ⁵	90 - 180
Muy alta ó larga	> 8	< 2	> 10 ⁴	> 10 ³	> 10 ⁵	> 180

2.3.5.1 Herbicidas no iónicos

Cuadro N° 2. Características de interés de los herbicidas de los herbicidas no iónicos oxadiazon y clomazone.

		Oxadiazon	Clomazone
caract. de la molécula	Solub.	0,7 mg/l	1100 mg/l
	pKa		
	Kd		
	Kco	3200 ml/gr	300 ml/gr
	Kow	63 - 100	350
comp. en planta	abs./trasloc.	coleoptile, baja proporción por raíces. Foliar. Trasloc. vía floema.	coleptiule, hipocotilo y radicular. Trasloc. vía xilema.
	m. de acción	bloqueo de la enzima PROTOX, inhibiendo la síntesis de clorofila.	inhibe la síntesis de carotenoides y clorofila.
comp. en el suelo	Porción	fuertemente retenido por la mat. orgánica.	mat. orgánica y en menor forma por la arcilla.
	persistencia	moderada a larga.	16 - 32 días según textura.
	mobilidad	poca movilidad.	baja a moderada.

Si bien estos dos herbicidas presentados pertenecen a la categoría de no iónicos, el oxadiazon forma parte de la familia de los herbicidas misceláneos de muy baja

solubilidad en agua, estando el clomazone dentro de la familia de los herbicidas misceláneos de moderada a alta solubilidad en agua (Weber 1994).

Los herbicidas no iónicos están muy poco adsorbidos a las arcillas, no obstante a niveles muy bajos de agua en el suelo, se da una adsorción debido a la existencia de uniones catión dipolo, puentes de hidrógeno y fuerzas de van der-Waals. (Leguizamón et al. 2000)

Según Carringer et al. (1975), en la mayoría de los herbicidas no-iónicos la adsorción es debida a las atracciones físicas adsorbente-adsorbado, y no debido a mecanismos de intercambio catiónico, ya que se encontraron pequeñas diferencias entre la desorción con agua y con 1N CaCl₂, con la excepción de oxadiazon. Más oxadiazon fue desorbido con agua deionizada que con CaCl₂. Estudios de la desorción agregan además evidencia de que los ligamientos hidrofóbicos pueden estar involucrados en la adsorción de los herbicidas no-iónicos, ya que los compuestos menos solubles son siempre menos fácilmente desorbidos de la superficie de la materia orgánica. La inactivación de los herbicidas no-iónicos en el suelo están relacionados inversamente con su solubilidad en el agua, condicionando la bioactividad movilidad y persistencia en el ambiente del suelo.

Lee et al. (2004), realizando experimentos con el objetivo de determinar el efecto de las características y el potencial de agua de cuatro suelos diferentes sobre el clomazone disponible en la solución del suelo y el daño para las plantas de arroz usadas como bio test, encontraron que la granulometría y fracción orgánica determinaban el comportamiento del clomazone. A mayor contenido de arena, menor de arcilla y menor de carbono orgánico, mayor era el contenido total de clomazone en la solución del suelo. El contenido total de clomazone en la solución del suelo estuvo negativamente correlacionada con el contenido de carbono orgánico ($r = -0,92$). El contenido de carbono orgánico fue el mejor predictor del contenido total en la solución del suelo en comparación al porcentaje de arcilla ($r = 0,87$) y el porcentaje de arena ($r = 0,72$). El contenido total en la solución del suelo promedio para las cuatro situaciones del clomazone estuvo positivamente correlacionado con el contenido hídrico del suelo ($r = 0,95$). En consecuencia, mayores potenciales de agua redundan en una mayor oportunidad para causar daño al arroz.

2.3.5.2 Herbicidas iónicos

2.3.5.2.1 Formulación como ácidos

Cuadro N° 3. Características de interés de los herbicidas iónicos formulados como ácidos.

		Byspiribac	Clefoxicidim	Metsulfuron metil	Pirazosulfuron	Propanil	Quinclorac
caract. de la molécula	solub.	73800 mg/l	5600 mg/l	548 mg/l ph 5 2790 mg/l ph 7 213000 mg/l ph 9	14,5 mg/l	500 mg/l	62 mg/l
	pKa	3,05		3,3			4,34
	Kd			1.4		2,32, 1,65% mo 11,7, 5% mo	
	Kco	852–1753 ml/g		35 ml/g		149 ml/g	
	Kow	log P: -1,03		1 ph 5 0,013 ph 7	log P: 1,3	193	0,07
comp. en planta	abs./ trasloc.	hojas y raíces floema	hojas. Floema.	Foliar y radic. Floema y xilem	coleptile, raiz. Floema.	Foliar. Trasloc. hacia puntos de crecim.	Foliar, radicular y coleotilar.
	modo de acción	inhibición e la ALS	inhibición de la ACC	inhibición de la ALS	inhibición de la ALS	fotosist. II, síntesis de ARN y prot.	inhibe síntesis de AA
comp. en el suelo	sorción	baja retención por la fracción humus.		alta MO baja en la arcilla.		débil.	principalmente mat. orgánica.
	persist.	baja	baja	moderada		baja por alta degradación	moderada a alta.
	mobil.	alta		alta		alta en s. arenose, baja en s. arcilloso.	

Los herbicidas ácidos están caracterizados por su tendencia a ionizarse cuando están en solución acuosa formando aniones, mientras los que se comportan como ácidos débiles se adsorben principalmente a la materia orgánica del suelo, bajo un rango de valores de pH relativamente amplio. La materia orgánica es la principal causante de la inactivación de este tipo de herbicidas en los suelos (Leguizamón et al. 2000).

Weber (1994), agrupa a los herbicidas ácidos o las sales que luego de disociadas se comportan como tales de la siguiente manera. Según su acidez relativa, determinada

por sus grupos ionizables (COOH, OH ó NH_2SO_2); por la presencia de grupos reactivos (As ó P), los que rápidamente interactúan con el Fe, Al, y Ca del suelo.

Según este autor la principal vía de degradación de los herbicidas carboxílicos (COOH) e hidroxílicos (OH) es la microbiana, principalmente por bacterias y actinomicetes y en menor medida por los hongos. Los herbicidas aminosulfonil ácidos son degradados por vía química y por procesos biológicos. Dentro de la primera vía se destaca la hidrólisis química, mientras que los organismos implicados en la degradación microbiana son principalmente algas, hongos y actinomicetes. La degradación de los herbicidas ácido fosfóricos (P) son degradados primariamente por bacterias y hongos, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.

2.3.5.2.2 Formulación como sales

Cuadro N° 4. Características de interés de los herbicidas iónicos formulados como sales.

		2,4-D	Glifosato	Imazapic	Imazapyr	Imazethapyr
caract. de la molécula	solub.	900 mg/l	15700 mg/l ph 7 11600 mg/l ph 5	2200 mg/l	11272 mg/l	1400 mg/l
	pKa	2,8	2,6; 5,6; 10,3	3,9	1,9; 3,6	3,9
	Kd		324-600			
	Kco	20 ml/gr	24000 ml/gr			
	Kow		0,0006-0,0017	0,16	1,3	11 a ph 5 31 a ph 7 76 a ph 9
Comp. en planta	abs./ trasloc.	hojas y raiz. floema y xilema.	foliar, trasloc. a travez del simplasto.	Chojas y raiz. Floema y xilema	Chojas y raiz. Floema y xilema	Chojas y raiz. Floema y xilema
	m. de acción	inhib. del metab. del ac. nucleico, y el sist de transp de la membr.	inhibición de la EPSP sintetasa.	inhibición de la ALS.	inhibición de la ALS.	inhibición de la ALS.
Comp.en el suelo	sorción		rápida y fuertemente retenida por el suelo, ocupando los sitios vacantes de retención del fosforo.	debilmente, incrementandose la retenc. con el aumento de MO, arcilla y disminución del ph. Reversible.	debilmente, incrementandose la retenc. con el aumento de MO, arcilla y disminución del ph. Reversible.	debilmente, incrementandose la retenc. con el aumento de MO, arcilla y disminución del ph. Reversible.
	persist.	10 días, pero mantiene fitotox. durante 1-4 semanas.	47 días.	120 días, dependiendo el tipo de suelo y las cond. ambientales. por fitotoxicidad atrasar la siembra.	25-142 días, dependiendo el tipo de suelo y las cond. ambientales. por fitotoxicidad atrasar la siembra.	60-90 días, dependiendo el tipo de suelo y las cond. ambientales. por fitotoxicidad atrasar la siembra.
	mobil.	alta, pero rapida retención y degrad.	baja, por alta retención.	baja	baja	Baja

Las reacciones con los constituyentes del suelo de estos herbicidas luego de disociados es similar a la mostrada por los herbicidas ácidos.

Luego de su aplicación estos herbicidas formulados como sales tienden a ionizarse, y es este anión la porción herbicida. Si las sales son disociadas en aguas duras o mezclas acuosas con fertilizantes líquidos, los iones de magnesio, calcio presentes pueden formar sales insolubles con la porción aniónica. Estas sales pueden precipitar

reduciéndose el control herbicida o estropeando los equipos de pulverización. (Anderson 1996)

Según Gamarra, (1996) el pH óptimo del agua para realizar las aplicaciones del glifosato, debe ser entre 3 y 4, recomendándose el uso de algún corrector de pH cuando se obtengan valores más altos. También se menciona el uso de sulfato de amonio al 2% para mejorar la acción del producto. La persistencia del glifosato en el suelo es muy breve, no teniendo efecto residual, pudiéndose sembrar inmediatamente luego de su aplicación.

Lo mismo sostiene Tortenson (1985) citado por Cornish, (1992) señalando que la baja residualidad del glifosato se explica por rápida adsorción por parte del suelo lo que inactiva la molécula. La empresa Monsanto (1980) citado por Mattos et al. 2001) asegura que hay una fuerte retención del herbicida por parte del suelo, dependiendo la persistencia del contenido de materia orgánica, actividad microbiana, baja lixiviación, foto descomposición y volatilización. Otros autores como Aubin et al. (1992), Harney et al (2000), Veiga et al (2001), citados por Andréa et al, (2001), y Glass (1987) citado por Mattos (2001) comparten que el glifosato forma complejos con los cationes liberados de las arcillas (Al, Fe e hidroxidos) y materia orgánica a través de los procesos de intercambio catiónico.

Sin embargo, Cornish (1992) sobre suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico y en condiciones secas en Australia, observó fitotoxicidad en plantines de tomate causada por residuos de glifosato, aplicado 48 horas antes para el control de *Cynodon Dactylon*. La dosis empleada fue de 2,7 kg i.a./ha. La explicación resulta de la baja capacidad del suelo de retener fósforo, más el agregado de 45 kg P₂O₅, genera baja adsorción del glifosato por el suelo.

Anderson, (1996) señala que la forma de sal de los herbicidas fenoxycarboxílicos (2,4 D etc.) son rápidamente lixiviados en suelos con texturas con muchos cuarzo y menos en los de textura fina. En general los herbicidas como el 2,4 D persisten de 1 a 4 semanas en suelos tibios y húmedos, obteniéndose persistencias mayores en suelos secos y bajo condiciones frías.

Las imidazolinonas persisten de unos pocos meses hasta 2 años o más, dependiendo del tipo de herbicida y los rangos de aplicación. Esto presenta problemas potenciales para los cultivos de la rotación (Anderson 1996)

2.4 IMPACTO AMBIENTAL

2.4.1 Contaminación hídrica

La calidad y uso de aguas en centros poblados cercanos a zonas agrícolas está tomando cada vez más importancia, desde que el uso de plaguicidas se a incrementado en numero y dosis (Garrido et al. 1998)

En la misma línea Ying et al. (2000 c), menciona que la contaminación de los sistemas acuáticos por parte de los herbicidas usados en los sistemas agropecuarios vía lavado o lixiviado está siendo una problemática creciente en los últimos años. Son los sedimentos suspendidos en el agua los que darán una comprensión mayor del comportamiento y destino de los herbicidas en los ambientes acuáticos. La adsorción a los sedimentos suspendidos y la degradación son los procesos fundamentales que ocurren desde que estos herbicidas entran al sistema acuático.

Según estos mismos autores, la mayor retención de herbicidas en medios acuosos por parte de los sedimentos en suspensión, frente a los que se encuentran a mayor profundidad, está explicado por la mayor superficie de contacto que poseen los primeros frente a estos últimos. Es asociado a estos sedimentos en suspensión que los herbicidas se mueven, posibilitando entrar en contacto con otros lugares u organismos.

Varios trabajos (Ruseau et al. 1989; Li et al. 1996; Carton et al. 1997, citados por Ying et al. 2000 c), sostienen que hay una rápida fase inicial de sorción, seguida por una más lenta, aparentemente irreversible donde los químicos sufren una transformación dentro de los sedimentos, generando una dificultad en la desorción para ser degradados.

Sudo et al. (2002) estudiaron los períodos de incrementos en la concentración de herbicidas durante cinco años en los sistemas acuáticos (lagos, ríos, canales de riego, drenajes) relacionados a zonas arroceras próximas al lago Biwa, Japón. Estos autores observaron que era en la época de aplicaciones de herbicidas y luego de cada lluvia o riego, (propio del sistema de transplante) que se constataban aumentos en la concentración de los herbicidas usados. Ellos mencionan que existe una fase lag de aproximadamente tres semanas entre la aparición del pico de concentración de los herbicidas en las aguas de drenajes, lagos y el pico de concentración en los ríos usados como fuente de agua para consumo humano. Esta fase lag estaría explicada por la concentración de sedimentos suspendidos en el agua de drenajes y lagos que estarían

reteniendo los herbicidas para luego pasar a los ríos debido a su carácter de afluentes de éstos.

Garrido et al. (1998), investigaron la presencia de plaguicidas en acuíferos de Cataluña, observando que los herbicidas detectados con mayor frecuencia (en más del 50% de las muestras analizadas) pertenecen al grupo de las triazinas (atrazina, simazina, diazina), las que presentaron concentraciones mayores a 100 ng/L. De este modo se estaría superando los límites establecidos por el Reglamento Técnico Sanitario (RTS) de ese país que es de 0,1 µg/L para cada sustancia individualizada y 0,5 µg/L para la suma de compuestos en una muestra.

Marchezan et al. (2001), analizaron muestras de agua de la cuenca del río Vacacaí, en Brasil, durante el desarrollo del cultivo de arroz. Estos investigadores encontraron que la mayor ocurrencia de muestras con la presencia de herbicidas se daba en los puntos próximos a las chacras y en los momentos que se da el drenaje de éstas. De un total de 104 muestras analizadas se detectaron residuos en un 38%, de las cuales un 32% presentaba residuos de 2 herbicidas. El clomazone fue el herbicida que se detectó en mayor número de muestras con un 26,9% del total analizado. Lo siguieron quinclorac, metsulfuron-metil y propanil en un 13,5%, 8,6%, y 1,9%; respectivamente. Los autores señalan que todos los residuos encontrados estaban en concentraciones por debajo de 3 µg/L, límite adoptado por organismos ambientales como máximo para aguas superficiales.

Similares herbicidas fueron encontrados por Deschamps et al. (2003), cuando midieron los residuos de agroquímicos en aguas de la zona arrocerá en Santa Catarina, mostrando que el herbicida quinclorac fue el detectado con mayor frecuencia, estando presente en 5 de las 7 cuencas analizadas. Su concentración máxima detectada fue de 24,5 µg/L, lo que equivale a 6,5% de la dosis recomendada para uso en chacra. Herbicidas como oxadiazon, molinate y 2,4D fueron encontrados en 4 de las 7 cuencas. No obstante estos autores señalan que las concentraciones detectadas fueron bastante variables, pudiendo en general considerarse bajas en relación a las dosis recomendadas para los agricultores.

En un estudio de residualidad de herbicidas utilizados en el arroz en el Uruguay, durante las zafas 93-94 y 94-95, Deambrosi (2003) extrajo muestras de agua de ríos, arroyos, cañadas y canales de drenaje para diferentes zonas de producción arrocerá. Se realizaron muestreos de suelos y de grano recogidas de las propias chacras de arroz. Fueron hechos 2, 3 y hasta cuatro muestreos en función del tiempo transcurrido luego de aplicar los herbicidas. Los resultados de este trabajo arrojaron que no fueron encontrados

residuos en los ambientes muestreados, solo detectándose residuos en las muestras más cercanas al momento de aplicación. No obstante se pudo comprobar la disminución o desaparición de estos residuos con las subsiguientes muestras.

Según Ying et al. (2000 c), la persistencia de los herbicidas, norflurazon, oxadiazon y trifluralina en el agua estaría explicada por la retención de éstos en los sedimentos, lo que genera un retardo en la degradación de los químicos, explicando la materia orgánica la mayor sorción de los mismos.

En otro trabajo Ying et al. (2000 a) señalan que oxadiazon, trifluralina y oxyfluorfen pueden contaminar el agua del suelo y aguas sub superficiales por movimiento de flujo u otros mecanismos durante el primer año después de la aplicación.

Que un herbicida entre en contacto con aguas sub superficiales dependerá de características como la persistencia (vida media) y su movilidad (adsorción, solubilidad). (Garrido 1998; Leguizamón 2000)

En este sentido Gustafson (1989), citado por Garrido 1998, Leguizamón (2000), Fleck, (2001), propone el índice GUS (Groundwater Ubiquity Score) como una herramienta para conocer el grado de contaminación por percolación de los plaguicidas. Éste combina la vida media y el coeficiente de adsorción normalizado (K_{co}) agrupando a los químicos en tres tipos de comportamiento: Lixiviables ($IG > 2,8$), Intermedios ($IG 2,8 - 1,8$) y no lixiviables ($IG < 1,8$). El cálculo del índice GUS se obtiene de la siguiente manera: $GUS = \log t_{1/2} \times (4 - \log K_{co})$.

2.4.2 Interferencia con otras especies

La bioacumulación de los pesticidas puede manifestarse mucho tiempo después de que un determinado químico haya dejado de ser usado, por esto es necesario disponer de métodos que midan más precisamente aspectos no solo relacionado a impactos en el ambiente sino también a la salud humana (Deschamps 2003).

Como forma de cuantificar además de la contaminación de las aguas, el impacto sobre otros organismos, Gómez de Barreda (1999a-1999b), citado por Fleck, (2001) desarrolló el índice de Percolación, Bioacumulación y Toxicidad. Este tiene en cuenta el

índice GUS, el coeficiente de partición octanol/agua y toxicidades para mamíferos (ratas). El cálculo es realizado de la siguiente manera $PBT = (5 \text{ GUS} + \log K_{oa}) / \log DL_{50}$. Se consideran de bajo impacto ambiental aquellos herbicidas con valores ≤ 1 , medios entre 1-5 y de alto impacto ambiental aquellos > 5 .

En el mismo trabajo, Fleck (2001), con el objetivo de desarrollar índices de riesgo e impacto ambiental propone una adaptación para herbicidas, en base a un trabajo de Corseuil, (1988-1989), el Índice de riesgo (IR) según la fórmula: $IR = \{SO + [(M+A+P+C) / 4] + PV + PS - 4\} \times 0,625$; donde:

SO= seguridad al operador; M= toxicidad para mamíferos; A= toxicidad para aves; P= toxicidad para peces; C= toxicidad para crustáceos; PV= potencial de volatilización; PS= Persistencia en el suelo. Para este índice se consideran herbicidas de bajo índice de riesgo aquellos con valores del coeficiente ≤ 2 , índice de riesgo medio aquellos entre 2-5 y alto aquellos > 5 .

Con el fin de hacer una elección de herbicidas mejorando la seguridad para los humanos, animales y ambiente, este autor publica para los herbicidas mas frecuentemente usados en el cultivo de arroz en Río Grande do Sul los valores calculados a partir de dichos índices.

HERBICIDA	IND. GUS	IND. PBT	IND. RIESGO	ESC. TOXIC.
Bispyribac	0,87 t	0,94 t	1,25 t	III; IV *
Clomazone	2,13	4,08	4,92	II
2,4D	2,70		1,95	II
Glifosato	-0,64	-1,63	3,2	III
Metsulfurom	3,41	4,15	0,95	IV
Oxadiazon	0,88	2,49	4,22	IV
Propanil	0,87	2,19	5,08	III

t= valores no calculados por el autor

* variable según fuente

Por no contarse con suficiente información para el cálculo de estos índices, Fleck (2001), no son incluidos en el cuadro los herbicidas pyrazosulfuron y quinclorac, muy difundidos en el cultivo de arroz. No obstante se conocen algunos parámetros que indican el potencial de riesgo de los mismos. Para el caso del parámetro seguridad del operador el pyrazosulfuron presenta mayor riesgo que quinclorac; 1(valor máximo) vs. 3(valor medio). Por otra parte, los indicadores biológicos de toxicidad para mamíferos son de la misma magnitud (1), mientras que la toxicidad para peces, crustáceos y aves no son reportados para pyrazosulfurón, quinclorac los presenta con los valores más altos.

Resgalla et al. (2001), evaluaron la toxicidad de algunos herbicidas usados en los sistemas de arroz de los estados de Rio Grande del Sur y Santa Catarina. Este estudio de toxicidad fue llevado a cabo con peces (*Cyprinus carpio*), los que eran puestos en agua con el herbicida testado, y donde se determinaba la concentración letal efectiva donde moría el 50 % de la población (CL₅₀). Posterior a esto se construía un índice de seguridad (IS) calculado como: CL₅₀ / concentración de herbicida recomendada por el fabricante. Estos autores determinaron que los herbicidas metsulfuron y pyrazosulfuron presentarían los menores riesgos toxicológicos para esa clase de pez (IS= 7878 y 4000 respectivamente), mientras que los herbicidas clomazone CE, quinclorac PM, oxyfluorfen y oxadiazon, tendrían mayores riesgos de toxicidad (IS= 13,9, 8,87, 5,93 y 2,76 respectivamente).

El mismo estudio pero evaluando la toxicidad de pyrazosulfuron-etil, quinclorac, clomazone y la mezcla pyrazosulfuron-etil + quinclorac frente a la microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* fue conducido por Tamaña et al. (2003). Para este microorganismo el herbicida quinclorac fue el que presentó una dosis recomendada mayor a la CL₅₀. La mezcla herbicida aumentó la CL₅₀ para pyrazosulfuron-etil en un 31,5% frente a la sustancia pura (menor riesgo de toxicidad) y disminuyó la CL₅₀ para quinclorac en un 62,8%, haciéndolo más peligroso.

Igual resultado fueron reportados por Ma et al. (2002) para el herbicida quinclorac, el que presentó una toxicidad acentuada para la microalga *Chlorella pyrenoidosa*, indicando que este químico puede comprometer la vida de los productores primarios acuáticos.

Otro tipo de interferencia es el flujo génico que se puede dar entre las variedades comerciales de arroz y el arroz rojo, principalmente si se piensa en la posibilidad de hibridación de arroz resistente a cierto tipo de herbicida con el arroz rojo. Este aspecto es bien detallado en el punto 2.1.3 referente a hibridaciones naturales.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

Los estudios fueron conducidos en la Unidad experimental Paso de la Laguna (U.E.P.L), de la Estación Experimental del Este, INIA Treinta y Tres, en el año agrícola 2003-2004.

La misma está ubicada 28 Km hacia el este de la ciudad de Treinta y Tres, correspondiendo a la 11° sección policial de este departamento.

Las coordenadas planas de esta Unidad Experimental son: 33°14' de latitud sur, 54°22' de longitud oeste, siendo la altitud 25 m.s.n.m.

3.2 SUELOS

Los ensayos fueron realizados sobre un Solod Melánico de la unidad de mapeo - La Charqueada -, según la clasificación de suelos de la Dirección Nacional de Suelos Agua y Fertilizantes (MGAP).

3.3 CLIMA

A continuación se presentan los datos climáticos correspondientes al año en el cual se desarrollo el experimento y de la serie histórica 1972-2004. Los datos son obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna (U.E.P.L) – INIA Treinta y Tres –

Figura N°1. Horas de sol reales decádicas correspondientes al período de conducción de los experimentos (Octubre 2003 - Mayo 2004), y a la serie histórica 1972-2004.

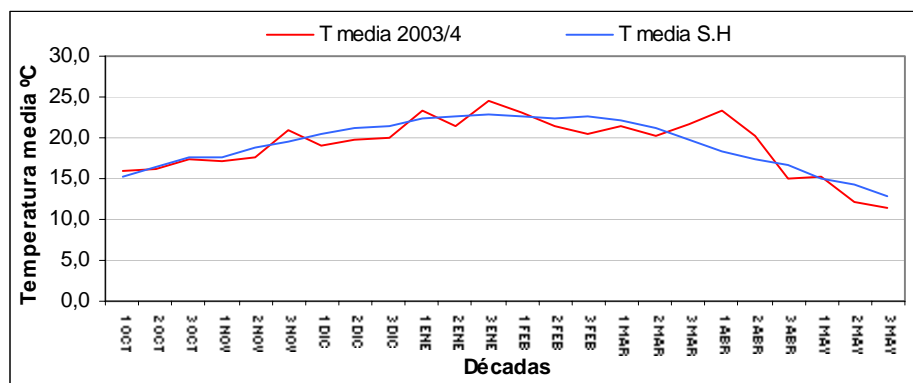


Figura N° 2. Temperatura media del aire decádica correspondiente al período de conducción de los experimentos (Octubre 2003 - Mayo 2004), y a la serie histórica 1972-2004.

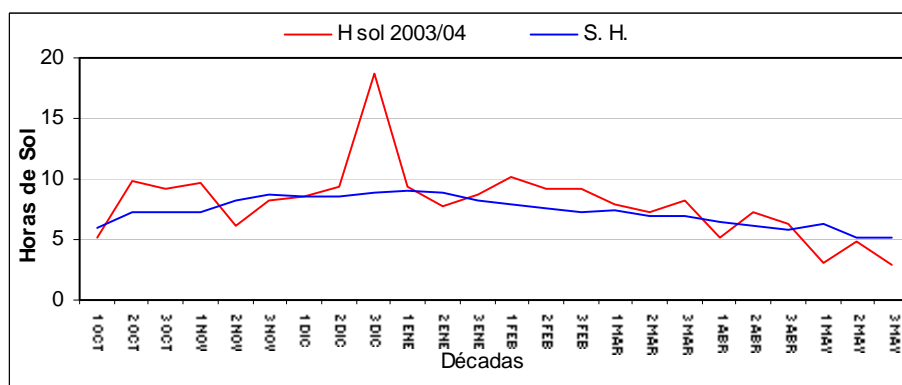
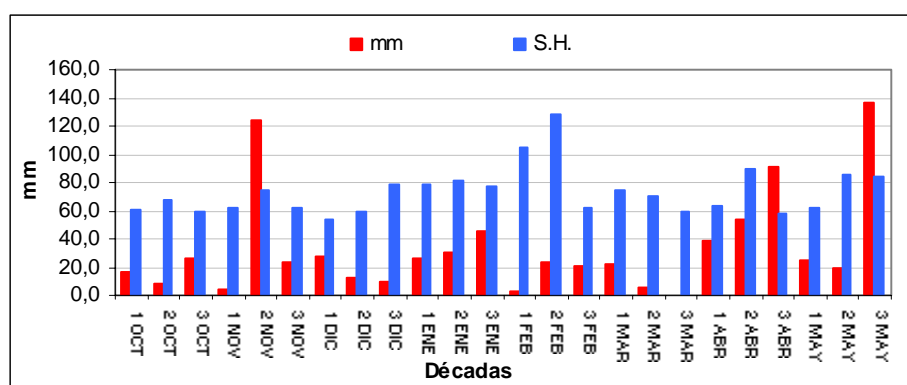


Figura N°3. Precipitaciones (mm) decádicas correspondientes al período de conducción de los experimentos (Octubre 2003 - Mayo 2004), y a la serie histórica 1972-2004.



3.4 EXPERIMENTOS REALIZADOS.

Se llevaron a cabo dos experimentos. Uno de ellos evaluó la selectividad del producto químico, (oxadiazon), en dos variedades comerciales sembradas, (INIA Tacuarí y EP144), mientras el otro ensayo, estudió el control químico del arroz rojo con el herbicida mencionado anteriormente.

El primer ensayo era libre de la maleza arroz rojo (*Oryza spp.*), mientras el segundo presentaba una alta población de esta maleza. Dentro del área experimental del ensayo de selectividad, la mitad de la misma corresponde a una variedad y la restante a la otra.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado en los dos ensayos fue de bloques completos aleatorizados. Tres fueron las repeticiones para el ensayo de selectividad, siendo 14 las parcelas por bloque (12 para los tratamientos y 2 para los testigos).

Para el ensayo de control de arroz rojo se utilizaron tres repeticiones, llegando a 16 el número de parcelas por repetición, de las cuales 12 correspondían a los tratamientos y 4 a los testigos.

3.6 TRATAMIENTOS

Para los dos experimentos los productos y dosis utilizados fueron: oxadiazon en tres dosis 0,60; 0,95; y 1,30 kg i.a./ha y glifosato a dosis constante de 1,80 kg i.a./ha.

Las aplicaciones de los productos se realizaron en dos épocas y de dos formas diferentes. La primer época correspondió a 1 día antes de la siembra (DAS) y la segunda a 15 DAS en el ensayo de selectividad, siendo en el ensayo de control de arroz rojo a los 3 DAS y a los 18 DAS.

Las dos formas de aplicación correspondieron a: mezcla de tanque y secuencia. La combinación de estos factores (dosis oxadiazon, época de aplicación y forma de aplicación) hace que se obtengan 12 tratamientos más dos testigos (uno por época) que suman un total de 14 parcelas por bloque en los ensayos de selectividad.

En el experimento de control de arroz rojo se cuenta con los mismos 12 tratamientos que el experimento de selectividad, más 4 testigos (dos por época de aplicación) uno absoluto (sin aplicación de herbicida) y el otro solo con la aspersión glifosato, dando lugar a 16 parcelas por bloque.

Cuadro N° 5 Tratamientos para el ensayo de selectividad para la diferentes dosis de oxadiazon según época de aplicación y forma de aplicación.

Época de aplicación	Tratamiento	Glifosato Kg i.a/ha	Oxadiazon Kg i.a /ha	Forma de Aplicación
15 DAS	1	1,80*	0	Mezcla de tanque
	2	3,06**	0,60	
	3	3,06**	0,86	
	4	3,06**	1,12	Secuencia aplicación (mismo día)
	5	1,80*	0,60	
	6	3,06**	0,86	
	7	3,06**	1,12	
1 DAS	8	1,80	0	Mezcla de tanque
	9	1,80	0,60	
	10	1,80	0,95	
	11	1,80	1,30	Secuencia aplicación (mismo día)
	12	1,80	0,60	
	13	1,80	0,95	
	14	1,80	1,30	

DAS: días antes de la siembra

* = 20/10/03 gasto solución 140 lts/ha; ** = 21/10/03 gasto de solución 180 lts/ha.

Cuadro N° 6 Tratamientos para el ensayo de control del arroz rojo para las diferentes dosis de oxadiazon según época de aplicación y forma de aplicación.

Época de aplicación	Tratamiento	Glifosato kg i.a/ha	Oxadiazón kg i.a/ha	Forma de aplicación
Testigo absoluto	1	0	0	
	2	1,80	0	
18 DAS	3	1,80	0,60	Mezcla de tanque
	4	1,80	0,95	
	5	1,80	1,30	
	6	1,80	0,60	Secuencia aplicación (mismo día)
	7	1,80	0,95	
	8	1,80	1,30	
Testigo absoluto	9	0	0	
3 DAS	10	1,80	0	
	11	1,80	0,60	Mezcla de tanque
	12	1,80	0,95	
	13	1,80	1,30	
	14	1,80	0,60	Secuencia aplicación (mismo día)
	15	1,80	0,95	
	16	1,80	1,30	

DAS: días antes de la siembra

3.7 MANEJO

Debido a diferencias en el manejo previo y durante el cultivo, se realizara una descripción por separado del experimento de selectividad y del experimento de control de arroz rojo.

3.7.1 Experimento de selectividad.

3.7.1.1 Laboreo

La preparación del suelo consistió en un laboreo de verano, sobre una pradera de segundo año, la cual luego de regenerada fue pastoreada con corderos hasta mediados de setiembre.

El 1/10/03 se aplicaron 1,26 kg i.a/ha de glifosato mas solución de Tallow amina etoxilada (800 gr/lts) al 0.625% utilizado como adyuvante, dando lugar a un barbecho químico de 35 días de duración.

3.7.1.2 Aplicación de los tratamientos

Se distinguen dos fechas de aplicación. Una a los 15 DAS, realizada el 21/10/03 y otra 1DAS, correspondiente al día 4/11/03.

Estas aplicaciones fueron llevadas a cabo en conjunto tanto para la variedad INIA Tacuarí como para la variedad EP144. Las mismas fueron realizadas con una pulverizadora de mochila accionada por presión de gas anhídrido carbónico y una barra asperjadora de 5 boquillas marca Teejet de abanico plano modelo 8002 VS, espaciadas cada 0,45 m. a una altura de aplicación de 0,6 m. La presión de trabajo de la barra asperjadora fue de 3kg/cm^2 . El gasto de solución para los tratamientos 1 y 5, 15 DAS de la variedad Tacuarí fue de 140 lts/ha, mientras que para el resto de los tratamientos de ambas variedades y en los dos momentos (1 y 15 DAS) fue de 180 lts/ha.

Las restantes aplicaciones, tanto en éste como en el ensayo de control de arroz rojo, fueron realizadas con el mismo equipo de pulverización, de la misma forma que lo mencionado anteriormente y a un volumen de aplicación de 180 lts/ha.

Cabe resaltar que en este ensayo, para la variedad INIA Tacuarí, las aplicaciones correspondientes a la época de aplicación 15 DAS, quedaron fuera del rango aceptado de 5% por lo que no se tendrán en cuenta en el análisis estadístico.

Las restantes aplicaciones de los tratamientos sí quedaron dentro del margen de error establecido de $\pm 5\%$.

3.7.1.3 Siembra

Los ensayos fueron sembrados sin laboreo previo el 05/11/03, con una sembradora en línea marca Semeato modelo TDA 220 de siembra directa con 15 discos y espaciamiento entre estos de 0,16 m.

A continuación se presentan los datos de densidad de siembra, porcentaje de germinación, pureza, y peso de mil granos (PMG), para las dos variedades usadas.

Variedad	Densidad (Kg/ha)	P.M.G	% Germinación	Sem. Viabiles /m ²
INIA Tacuarí	165	22,8	85,8	621
EP 144	228	26,39	75,5	652

Finalizada la siembra se procedió a la construcción de las taipas.

3.7.1.4 Fertilización

La fertilización se dividió en tres etapas siendo la misma para las dos variedades utilizadas. La primera fue a la siembra a razón de 120 KG/ ha de fosfato de amonio (18-46 46-0), la segunda a macollaje con 50 Kg./ha de urea (46-0 0-0) y la restante a primordio del cultivo con el mismo fertilizante y la misma cantidad. La fertilización basal es en la línea junto con la semilla, mientras las dos coberturas de urea son realizadas al voleo.

A continuación se presenta las fechas de los distintos momentos de aplicación y la forma en que los mismos se realizaron.

Variedad	Siembra	Macollaje	Primordio
INIA Tacuarí	5/11/03	15/12/03	13/01/04
EP 144	5/11/03	15/12/03	19/01/04

3.7.1.5 Manejo del agua.

Consistió en una serie de baños hasta su inundación permanente. El primer baño fue el 7/11/03, el segundo el 23/11/03 y la inundación permanente fue luego de la aplicación de urea a macollaje el 15/12/03. La inundación se mantuvo hasta 26/03/04.

3.7.1.6 Control de malezas durante el cultivo

Principalmente el control estuvo enfocado a combatir capín (*Echinochloa spp*). La aplicación se realizó en todas las parcelas, el 12/12/03, salvo en aquellas en las que se encontraban los tratamientos testigos, en los cuales el desmalezado fue manual desde el 9/12/03 al 11/12/03.

Para la variedad INIA Tacuarí la mezcla utilizada fue 0,75lt./ha Aura + 0,9 lts/ha Command + Dash (5%) .

Para la variedad EP 144 la mezcla fue 0,6 lts. /ha de Aura + 1,2 lts. /ha de Facet + Dash (5%).

3.7.1.7 Cosecha

El ensayo no fue cosechado. Esto se debió a una fuerte granizada ocurrida el 27/2/04 (durante el llenado de los granos), provocando pérdidas importantes en el cultivo lo que resulto en la perdida de los datos de rendimiento para este ensayo en particular.

3.7.2 Experimento de control de arroz rojo.

Éste fue realizado sobre un área específica en la cual se encuentra una alta población de arroz rojo creada con fines experimentales.

3.7.2.1. Laboreo

La preparación del suelo constó de un laboreo convencional de primavera sobre un rastrojo de arroz del año anterior. Es de destacar que la historia previa de esta área ha sido de agricultura continua del cultivo por más de 10 años.

3.7.2.2 Aplicación de los tratamientos.

Las aplicaciones fueron realizadas en dos momentos. El primero se efectuó 18 días antes de la siembra (18 DAS), el 27/11/03, y la segunda tres días antes de la siembra (3 DAS), el 12/12/03.

3.7.2.3 Siembra

La variedad sembrada en este ensayo fue INIA Tacuarí, a razón de 165 kg/ha el 15/12/03, utilizando la misma sembradora que para el ensayo de selectividad. Lo mismo ocurre con la semilla de la variedad sembrada; las características del lote fueron explicadas para el ensayo de selectividad. Finalizada esta actividad se procedió a la realización de las taipas.

3.7.2.3. Fertilización

La fertilización fue llevada a cabo en tres momentos. A la siembra, en la línea junto con la semilla a razón 120 kg/ha de fosfato de amonio (18-46 46-0) el 15/12/03, la segunda correspondió al macollaje, previo a la inundación del cultivo, con 50 kg/ha de urea (46-0 0-0) el 05/01/04; la última cobertura de urea con 50 kg/ha de urea (46-0 0-0) el 17/02/04. Las dos coberturas de urea fueron realizadas al voleo.

3.7.2.4. Manejo del agua

Luego de la siembra se hicieron tres baños siendo las fechas de estas el 24/12/03, 31/12/03 y 07/01/04, mientras que la inundación permanente se realizó el 10/01/04. Esta se mantuvo hasta un mes antes de la cosecha.

3.7.2.4. Control de malezas en el cultivo

El objetivo de este control pos emergente fue controlar principalmente capín (*Echinochloa spp*), utilizándose 0,750 lts/ha de Aura + Dash (5%). La aplicación se realizó el 07/01/04.

3.7.2.5. Cosecha

En primera instancia se procedió a marcar el área útil de cada parcela, dejándose 8 surcos y recortándose un metro en cada punta de la misma.

Fue realizada el 10/05/04, de forma manual cortándose las plantas de arroz en el área útil de cada parcela y luego se las colocaba en bolsas para trasladarlo hasta la cosechadora fija.

3.8 REGISTROS Y DETERMINACIONES REALIZADAS

3.8.1 Experimento de selectividad.

Los datos tomados en las parcelas corresponden a dos etapas: anterior a la siembra y posterior a ésta.

3.8.1.2 Registros en pre-siembra.

Los primeros fueron registrados luego de la delimitación del área experimental y se tomaron con el fin de representar las condiciones del terreno al momento de la siembra. Estas medidas fueron rugosidad y compactación. Para las mismas se utilizó un rugosímetro y un penetrómetro respectivamente.

Con el primero se tomaron 128 puntos, correspondiendo cada punto a la altura en forma vertical desde el instrumento a la superficie del suelo. Por cada nueva ubicación del instrumento se recogían 16 puntos (espaciamiento entre puntos 0.1 m), siendo necesario posicionar 8 veces el instrumento por parcela, 4 longitudinales y los restantes 4 transversales a esta. El valor de desvío promedio de alturas de los 128 puntos estará indicando el microrrelieve de cada parcela.

Para la segunda medida se tomaron 6 registros de penetrabilidad por parcela, siendo cada una el producto de la resistencia que ofrece el suelo a la entrada del aparato con un ángulo de introducción con respecto a la horizontal de 60° aproximadamente.

Este instrumento tiene un manómetro el cual expresa el valor que arroja la medida en kilo Newton (kN), siendo necesario conocer el número del cono que penetra en el suelo, dado que este tiene un área (en cm²). Entonces la medida que se lee se la debe dividir por el área del cono para obtener kN/cm².

3.8.1.3 Registros en pos-siembra.

Cada parcela constaba de cuatro lugares de muestreo fijos donde se tomaban los registros. El lugar de muestreo fueron 0,63 m delimitados por dos varillas colocadas sobre la línea de siembra, siendo la primera colocada a un metro del borde de la parcela, y los restantes espaciados entre sí 1,2 m a lo largo de ésta.

El criterio de elección de la línea sembrada fue aquella que quedase a la mitad de la parcela (1,2 m), o la inmediata a la derecha de ésta.

En esta etapa las medidas tomadas fueron el seguimiento de la emergencia de plantas de arroz y la evolución de la altura de estas plantas. El criterio para el inicio del conteo en el caso de emergencia fue la aparición de la primera hoja verdadera en la plántula de arroz. Para el caso de la medición de la altura, el criterio utilizado fue la expansión total de la primera hoja obteniéndose el registro como la altura en centímetros desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja en forma estirada.

Para esto se eligieron dos plantas al azar en el espacio comprendido entre las dos varillas y se les colocó a cada planta una cinta plástica de color con el objetivo de identificarlas en las siguientes mediciones. La fecha de los conteos para estas variables fue en función de la velocidad de emergencia de cada variedad.

Cuadro N°7 Fecha de los registros de plantas emergidas y altura para cada variedad en el experimento de selectividad.

Variedad	9 DDS	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	32 DDS	34 DDS	39 DDS
EP 144	*	*	* 0	* 0	* 0	* 0	*	* 0	*	
Tacuarí		*	*	* 0	* 0	* 0	* 0	* 0		* 0

* medición de emergencia.

° medición de altura.

A raíz de una granizada ocurrida a fin de ciclo del cultivo, 27/02/04, fue imposible tomar el dato de rendimiento, variable esta de interés, siendo recolectado en cambio el número de panojas por metro cuadrado. Con ese valor se puede lograr una aproximación al rendimiento ya que se conoce para cada variedad, a través del número de panojas por metro cuadrado, un potencial de rendimiento.

3.8.2 Experimento de control de arroz rojo

3.8.2.1 Registros en pre-siembra.

Éstos fueron tomados posterior a la marcación del área del experimento y consistió en un conteo de la población inicial de arroz rojo en todas las parcelas previo a la instalación de los tratamientos.

Para esto se seleccionaron sistemáticamente dos lugares por parcela, los cuales se identificaron con dos varillas separadas 0,63 m. sobre las cuales se superponía un aro de acero con esa medida de diámetro (área 0,31 m²), dividida en cuatro cuartos.

Las determinaciones eran realizadas sobre el cuarto superior izquierdo y sobre el cuarto inferior derecho.

El primer aro fue colocado a un metro hacia adentro del inicio de la parcela, y el segundo un metro hacia atrás del final de ésta, quedando el centro de los aros en el medio de la parcela. Para la ubicación de los aros en el resto de las parcelas se siguió el mismo criterio.

3.8.2.2 Registros en pos-siembra.

En esta etapa se tomaron registros en el campo e hicieron determinaciones en el laboratorio.

Para la etapa a campo la identificación que tenía cada lugar de muestreo dentro de la parcela se mantuvo imperturbado para poder ubicar los aros y obtener los nuevos registros.

A continuación se muestra la fecha, etapa del cultivo y el tipo de registro tomado hasta la cosecha.

Cuadro N° 8 Determinaciones realizadas en el transcurso del cultivo para el experimento de arroz rojo

Fecha	Momento	Etapa Cultivo	Registro
12/12/03	3 DAS	Presiembra	Conteo de plantas de arroz rojo (N° hojas y N° macollos) en parcelas con tratamientos 3DAS, previo a éstos.
13/01/04	29 DDS	Macollaje	Conteo de arroz rojo discriminando macollado y no macollado luego de aplicación de tratamientos y conteo de Tacuarí en 0,63 m lineales (diámetro del círculo)
01/03/04	75 DDS	Embarrigado	Conteo de arroz rojo solo por N° de plantas.
29/04/04	134 DDS	Mad. Fisiológica	Conteo de plantas y panojas en áreas fijas de medición (0,3 m ²) y en tres lugares aleatorios más del área útil de la parcela de 1 m ² c/u.

La última medición registrada en la etapa de campo fue el rendimiento. El área efectiva de cosecha se obtiene luego de desbordar en la parcela (8 m * 2,4 m), un metro de cada cabecera y medio metro de cada lado, para eliminar el efecto de los bordes.

El área cosechada se corrigió descontando aquella que presentaba daño de rata y por lo tanto no se cosechó.

Cada parcela fue cosechada manualmente y trillada en el campo con una trilladora estacionaria. El bloque 1 se cosechó el 4/5/04, impidiéndose la cosecha de los restantes por precipitaciones, siendo estos cosechados el 10/5/04.

Luego de la cosecha se determinó el peso y en el laboratorio se midió la humedad del grano con un equipo Dole 400. El arroz de cada parcela fue secado con un secador Sakate hasta alcanzar un contenido de humedad de 13% para poder corregir el rendimiento de chacra.

Después del secado se extrajeron muestras de 100 gr de cada parcela para así descascararlas por medio de un descascarador Satake, obteniéndose el arroz cargo.

Luego en cada muestra se separó manualmente el arroz rojo del arroz cargo comercial para de esta manera obtener el porcentaje de arroz rojo midiéndose como el peso de los granos de arroz rojo sobre el peso de arroz cargo total de la muestra por cien.

3.8.3 Prueba de compatibilidad de los productos (Jar Test)

En una etapa posterior al trabajo de campo y luego de obtenidos y analizados los primeros resultados experimentales, se constataron aparentemente diferencias para los mismos tratamientos según su forma de aplicación fuera mezcla o secuencia.

Por esto, ante la duda de la compatibilidad de la mezcla de los productos utilizados se creyó necesario encontrar algún tipo de prueba que contemplara esto. Esta prueba es el jar-test. A continuación se presentan los pasos a seguir para realizar dicha prueba:

1. Agregar 500ml de solvente (generalmente agua) en un recipiente de 1000ml.
2. Agregar cada formulación herbicida en el recipiente con agua en la misma proporción que se mezclaría en el tanque de la máquina asperjadora; tape y agite fuertemente después de cada adición.
3. Agite o invierta 10 veces el recipiente tapado; inmediatamente inspeccione la uniformidad de la mezcla e inspeccione luego que la mezcla repose por 30 minutos.

La mezcla es compatible y puede ser usada si continúa uniformemente mezclada y sin coagulación. La mezcla es incompatible y no debería usarse si se presenta no uniforme, con aglutinamiento, agregados, o sedimentación aparente. La mezcla es aceptable para el uso sí a ocurrido una separación parcial luego de reposar por 30 minutos, sin aglutinamiento formación de agregados o sedimentación, y la separación rápidamente se remezcla con 10 inversiones del recipiente (Anderson, 1996). En el anexo N° 2 se muestra en imágenes lo encontrado luego de realizada dicha prueba.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los experimentos se plantearon como un arreglo factorial de los tratamientos, evaluándose simultáneamente tres factores: época de aplicación, forma de aplicación y dosis de oxadiazon.

3.9.1 Ensayo de selectividad

- Diseño: DBCA, 3 repeticiones, 12 tratamientos
- Factores: época de aplicación, forma de aplicación, dosis de oxadiazon
- Niveles para: época de aplicación: 15 DAS, 1 DAS (15 y 1 día antes de la siembra respectivamente)
- Forma de aplicación: M, S (mezcla de tanque o secuencia)
- Dosis oxadiazon: 0,6, 0,95 y 1,3 lts i.a./ha (más dosis fija de 1,8 lts i.a./ha de glifosato)
- Unidad experimental: parcela

En este ensayo se cuentan con dos testigos sin aplicación de herbicida (uno por cada época de aplicación), los que son usados en el análisis solo como referencia, debido a como se realizó el diseño.

Al perderse los tratamientos correspondientes a la época de aplicación 15 DAS en la variedad INIA Tacuarí, el factorial original quedó incompleto, por lo que solo se

estudiarán los efectos principales de los factores forma de aplicación y dosis de oxadiazon y su interacción. Tampoco se podrá estudiar la triple interacción y la época 1 en conjunto para las dos variedades.

En el análisis estadístico de los datos, las medidas de rugosidad y compactación fueron usadas como covariables para mejorar la precisión del experimento. Se corrigieron las medias cuando el aporte de una o ambas covariables fue significativo en el análisis de varianza.

3.9.1 Experimento de control de arroz rojo

- Diseño: DBCA, 3 repeticiones, 12 tratamientos
- Factores: época de aplicación, forma de aplicación, dosis de oxadiazon
- Niveles para: época de aplicación: 18 DAS, 3 DAS (18 y 3 días antes de la siembra respectivamente).
- Forma de aplicación: M, S (mezcla de tanque o secuencia).
- Dosis oxadiazon: 0,6, 0,95 y 1,3 lts i.a./ha (más dosis fija de 1,8 lts i.a./ha de glifosato)
- Unidad experimental: parcela

En este ensayo se cuentan con cuatro testigos, dos sin aplicación de herbicida (testigo absoluto), y otros dos solo con la dosis fija de 1,8 kg i.a./ha de glifosato, correspondientes a el factor época de aplicación.

Para el factor forma de aplicación no se tuvieron testigos, por lo que esto generó que para incluir los testigos en el análisis se debiera separarlo por forma de aplicación.

Se perdieron en este ensayo el tratamiento 4 en el bloque 1 y los tratamientos 8 y 13 del bloque 3.

En este ensayo, en el análisis estadístico de los datos fueron usados como covariables la población inicial de plantas de arroz rojo.

Las mismas se prueban por medio de la técnica de ANAVA que consiste en la descomposición de la variación total del conjunto de valores observados en partes de variación atribuibles a diferentes componentes del modelo.

El análisis estadístico para ambos ensayos se realizó con el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 8e, mediante el procedimiento GLM (General Linear Models). Las correlaciones entre las variables se calcularon usando el procedimiento CORR del programa SAS.

Las hipótesis planteadas para los dos ensayos fueron las siguientes:

Ho: Los efectos de los tratamientos son iguales

Ha: Por lo menos alguno de los efectos es diferente

Para ANAVA el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + F_j + D_h + (EF)_{ij} + (FD)_{jh} + (EFD)_{ijh} + B_k + \epsilon_{ijk}$$

$$I = 1, 2$$

$$J = 1, 2$$

$$H = 1, 2, 3$$

$$K = 1, 2, 3$$

μ = media poblacional

E_i = efecto del i-ésimo nivel de la época de aplicación

F_j = efecto del j-ésimo nivel de la forma de aplicación

D_h = efecto del h-ésimo nivel de la dosis de oxadiazón

$(EF)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de la época de aplicación y el j-ésimo nivel de la forma de aplicación

$(FD)_{jh}$ = efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel de la forma de aplicación y el h-ésimo nivel de la dosis de oxadiazón

$(EFD)_{ijh}$ = efecto de la interacción del i-ésimo nivel de la época de aplicación por el j-ésimo nivel de la forma de aplicación por h-ésimo nivel de dosis de oxadiazón

B_k = efecto del k-ésimo bloque

ϵ_{ijk} = error experimental

Luego del rechazo de la hipótesis nula en el análisis de varianza, se utilizó la prueba de Tukey para realizar la separación de las medias de los factores época de aplicación, forma de aplicación y dosis de oxadiazon utilizando un error de tipo I al 5 %.

Las variables medidas en los dos ensayos fueron graficadas en función de los factores en estudio, y mediante el uso de contrastes ortogonales se estudió la significación de la respuesta, tanto lineal como cuadrática. Luego de obtenida la forma de respuesta, se ajustaron los coeficientes del modelo por medio de una regresión.

También en este experimento se utilizó el procedimiento CORR del SAS para calcular las correlaciones de las variables de interés.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA SELECTIVIDAD DEL OXADIAZON EN EL ARROZ.

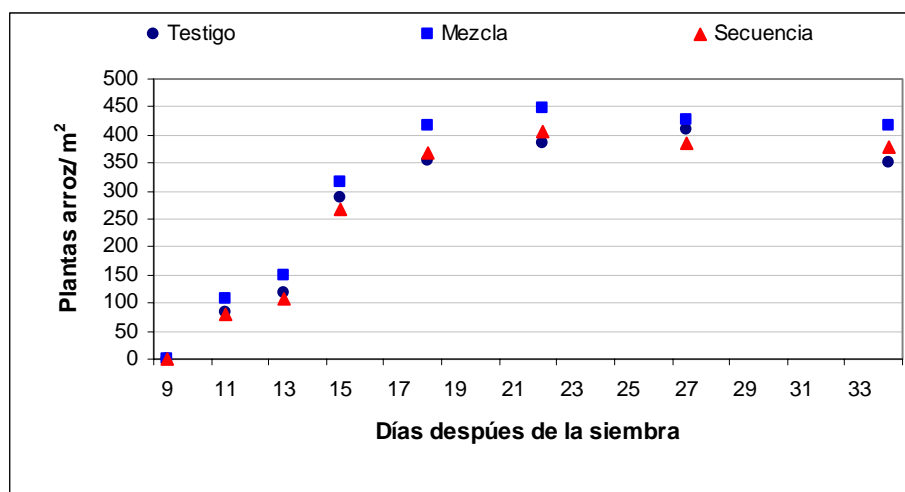
Por no ser un factorial completo, no se incluyen los testigos (solo con glifosato) en el análisis estadístico de todas las variables. Hubiese sido necesario aparte del testigo por época de aplicación contar con un testigo más por forma de aplicación. Estos son tenidos en cuenta en las figuras que se presentan como referencia

4.1.1 Selectividad del oxadiazon en la variedad El Paso 144

4.1.1.1 Efectos en la emergencia

El análisis estadístico detectó para el factor forma de aplicación diferencias significativas desde la fecha de conteo 11 días después de la siembra (DDS), hasta el final (34DDS). Algo similar ocurre con la dosis de oxadiazon, pero estas diferencias significativas se manifiestan a partir de la fecha 15 DDS permaneciendo hasta el final. (ver anexo N° 1). El factor época de aplicación y las interacciones entre los tres factores no llegaron al final de los conteos mostrando diferencias significativas.

Figura N° 4 Efecto de la forma de aplicación del oxadiazon en la emergencia para las plantas de la variedad EP 144 desde los 9 hasta los 34 días después de la siembra. El testigo sin aplicación de oxadiazon se presenta como referencia.



Si bien a partir de los 11 DDS el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P=0,0645$), la separación de medias por tukey ($P=0,05$) comienza a mostrar diferencias significativas a partir de la fecha 13 DDS a favor de la mezcla de tanque, las que se mantienen hasta el final de los conteos.

No obstante, los valores de plantas de arroz/ m^2 obtenidos, tanto para la mezcla de tanque como la secuencia, están muy cerca, por debajo, o, por encima, de los valores logrados en los testigos, presentando niveles de plantas mayores que los considerados como aceptables entre 200-300pl/ m^2 (Gamarra 1996).

Cuadro N° 9. Población promedio de plantas de arroz/m² de la variedad EP 144 para cada fecha según forma de aplicación.

Forma de aplicación	09DDS	11DDS	13DDS	15DDS	18DDS	22DDS	27DDS	34DDS
Testigo	1	84	117	287	355	386	408	352
Mezcla	2 a	105 a	150 a	322 a	419 a	449 a	427 a	419 a
Secuencia	1 a	76 a	111 b	273 b	369 b	407 b	384 b	375 b
Tukey (0.05)	3	31	35	34	35	37	33	34

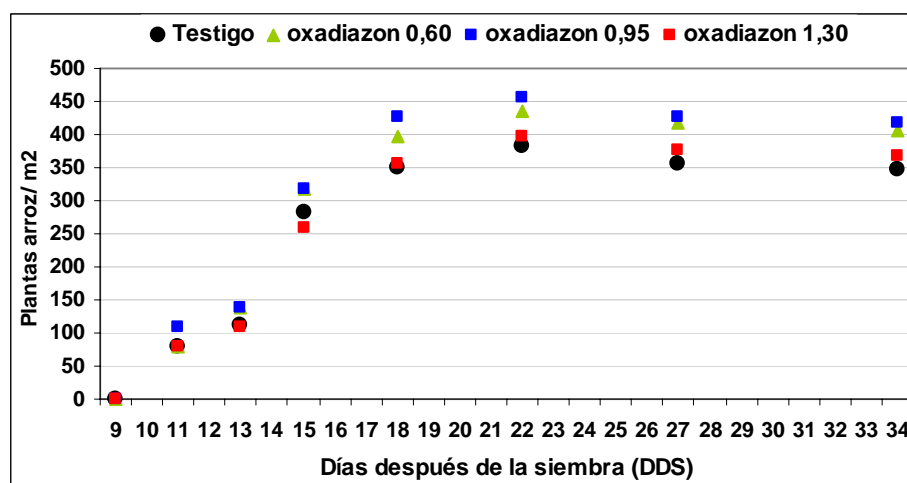
Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)

El testigo sin aplicación de glifosato es presentado como referencia y no se incluye en el análisis.

DDS: días después de la siembra

Las diferencias observadas podrían deberse a un efecto antagónico del mezclado de estos dos productos. Cuando se realizó la prueba de jar-test, esta identificó como compatible esta mezcla, si bien instantes después del mezclado, y principalmente con las dosis mayores de oxadiazon tendían a precipitar (ver anexo N° 2)

Figura N° 5 Efecto de la dosis de oxadiazon (kg i.a./ha) en la emergencia de plantas de la variedad EP 144 desde los 9 hasta los 34 DDS. El testigo sin aplicación de oxadiazon se presenta como referencia.



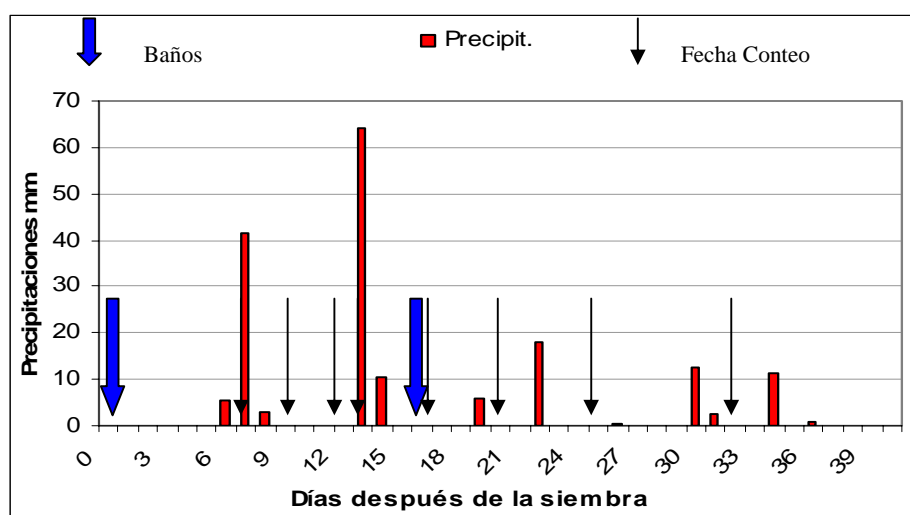
Cuadro N°10. Población promedio de plantas de arroz/m² de la variedad EP 144, para cada fecha según dosis de oxadiazon.

Dosis de oxadiazon kg ia/ha	09DDS	11DDS	13DDS	15DDS	18DDS	22DDS	27DDS	34DDS
Testigo	1	84	117	287	355	386	408	352
0,6	2 a	83 a	132 a	316 a	399 ab	438 ab	411 ab	400 ab
0,95	2 a	107 a	146 a	316 a	428 a	453 a	430 a	422 a
1,3	1 a	82 a	111 a	260 b	356 b	394 b	376 b	369 b
Tukey (0.05)	3,7	46	52	51	51	55	33	34

Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)
El testigo sin aplicación de glifosato es presentado como referencia y no se incluye en el análisis.
DDS: días después de la siembra

A partir de los 15 DDS la diferencia encontrada entre la dosis mayor y la intermedia, podría estar explicada por la precipitación ocurrida entre los 13 y 14 DDS (64,2 y 10,4 mm respectivamente) que se presenta en la figura siguiente.

Figura N° 6. Ocurrencia de precipitaciones y baños entorno a los conteos de emergencia para los experimentos de selectividad.



Es notorio que la primera precipitación coincide con una de las fechas de conteo, no manifestándose lo observado en los conteos subsiguientes, ya que es necesario un tiempo para que el herbicida esté disponible y sea tomado por las plántulas. A los 15 DDS el alto contenido hídrico del suelo, y la presencia de plántulas con capacidad para absorber el herbicida, podrían explicar las diferencias encontradas. Esto no sucedió luego del primer baño (2 DDS), por que si bien había disponibilidad del herbicida no había estructuras que lo absorbieran. Esto está de acuerdo con lo reportado por Ambrosi et al. (1977), Barret et al. (1984), Ying et al. (2000 b) los que identifican al agua como factor responsable de hacer disponible el producto.

Que se hallan encontrado diferencias significativas en el numero de plantas entre la dosis 1,3 kg ia/ha y las restantes, está indicando que en ese momento se da absorción por parte de las plantas; favorecido por la alta disponibilidad. Esto estaría de acuerdo con lo señalado por Barret et al. (1984). Este autor sostiene que la principal vía de disipación del oxadiazon se da por la absorción de las plántulas.

El hecho de que se llegue al los 15 días con una concentración que permita hacerlo disponible, observándose diferencias en el número de plantas entre la dosis alta y las demás, estaría relacionado al alto contenido de materia orgánica de este suelo la que retiene el herbicida hasta esta fecha. Esto coincide con lo observado por Carringer et al., 1975; Ambrosi et al., 1977; Barret et al., 1984; Ying et al., 2000 b; Hoque et al., 2002, los que identifican a la materia orgánica como la responsable en adsorber el producto.

Hasta los 22 DDS se registraron los mayores niveles de plantas de arroz/m² para los tratamientos, siendo la dosis intermedia la que experimenta una menor caída en la población de plantas hacia el final del período de conteo.

A raíz de esto, se intentó ajustar algún modelo matemático de las dosis de oxadiazon para las fechas en cuestión. Efectivamente, para la fecha de conteo 15 DDS, el análisis de varianza detecta una relación lineal entre la emergencia de plantas de arroz y la dosis de oxadiazon ($P=0,0109$), mientras que a partir de la fecha 18 DDS al final, detecta una relación de tipo cuadrática (ver anexo N° 3). Al calcular los parámetros de cada regresión, aparecen como significativos los modelos, pero los coeficientes de correlación de cada fecha, explican muy poco de la variación, generándose más que nada una tendencia a lograr un máximo con la dosis intermedia. (ver anexo N° 4).

Hay que destacar que los porcentajes de rescate tanto para el testigo como los tratamientos son muy buenos, si bien estos últimos presentan mayores poblaciones que el testigo. Gran parte del alto porcentaje de rescate puede estar explicado por la realización de un baño a los 2 DDS, para lograr una rápida emergencia e implantación, aspecto este limitante de la siembra directa, la cual está asociada a bajos estands de plantas (30% rescate).

Otro aspecto que podría estar influyendo, sería asociado al oxadiazon en sí. Das et al. (2004), encontraron un efecto promotor por parte del oxadiazon sobre la flora microbiana solubilizadora de fósforo, y por ende de los niveles de este nutriente en el suelo. Estos podrían contribuir a una mayor implantación. También hay que destacar que las condiciones con las que se llegó al momento de la siembra fueron adecuadas para una buena implantación, ya que se había logrado un barbecho químico de más de treinta días, lo que implica una buena descomposición de los restos, trayendo implícito una buena acumulación de agua a la profundidad de siembra que se utilizó, ayudado esto por una buena temperatura ambiente

No obstante lo anterior, el hecho de que el testigo tuviera un menor stand de plantas, se lo podría asociar a una mayor competitividad del “capín” (*Echinochloa* spp), la que ocurrió durante el tiempo que llevó realizar los conteos. A estas parcelas testigo se las desmalezó manualmente, cercano a la finalización de los conteos en las parcelas con tratamientos de herbicidas, lográndose en éstas últimas un buen control de capín.

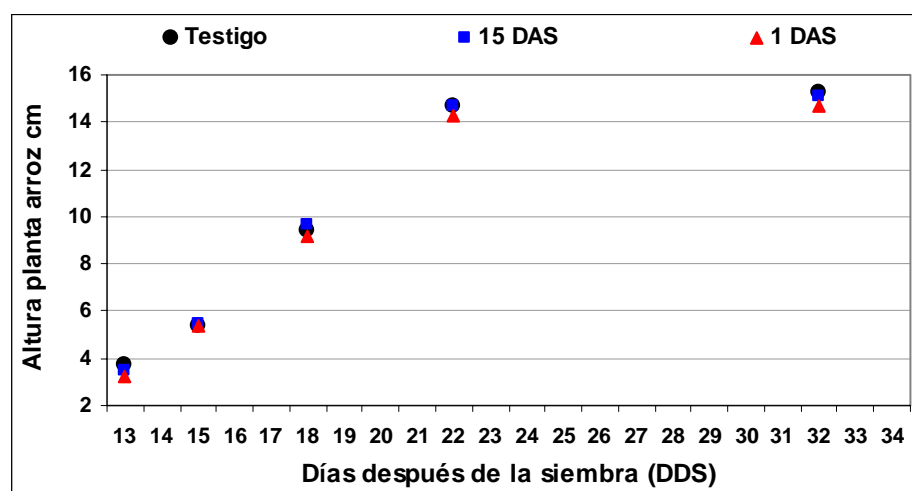
Diferentes resultados fueron obtenidos por Saldain (2002), el que atribuye a la dosis de oxadiazon de 1.14 kg ia./ha y a la época de aplicación cercana a la siembra (1 DAS) el bajo porcentaje de implantación de las plantas de arroz.

En un experimento similar conducido por este autor (2003), no se encontraron las diferencias del año anterior, por lo que sostiene que la pérdida de plantas encontradas en 2002 se halla asociado más que al oxadiazon en sí, a un problema de anoxia, debido a los 190 mm precipitados durante la semana posterior a la realización del baño. Probablemente la profundidad de siembra superficial y la disponibilidad del herbicida fue muy alta dado el alto contenido hídrico, siendo que a doce días de la siembra la población de plantas emergidas no era la final, por lo que las semillas que estaban en ese momento movilizandando el coleoptile, posiblemente estarían absorbiendo el herbicida, mientras que las semillas que no había movilizadando aún, fueron afectadas por la falta de oxígeno para desencadenar este proceso.

4.1.1.2 Efectos en la altura de las plantas de arroz

Para esta variable, se detectaron diferencias significativas en el factor época de aplicación a partir del conteo 18 DDS hasta el final, aunque previamente se había detectado en la primera fecha (ver anexo N° 5) como puede apreciarse en la figura N° 7.

Figura N° 7. Evolución de la altura de las plantas de arroz de la variedad EP 144, según época de aplicación. El testigo sin aplicación de oxadiazon se presenta como referencia.



Como se observa en el cuadro siguiente las diferencias significativas encontradas a partir de la fecha de conteo 18 DDS, podrían estar relacionadas, al igual que en la variable emergencia, con las precipitaciones ocurridas a los 13 y 14 DDS. De todas maneras, las diferencias encontradas están en el orden de 0,3 y 0,5 cm, por lo que más que el efecto del herbicida, puede estar tratándose de posibles errores de medición. Afirmando esto, está el hecho de que no se detectó ningún tipo de atraso en la floración, ni con las dosis altas, ni con la época de aplicación cercana a la siembra.

Cuadro N° 11. Altura promedio (cm) de plantas de arroz de EP 144, para cada fecha según época de aplicación.

Época de aplicación	13DDS	15DDS	18DDS	22DDS	34DDS
Testigo	3,7	5,4	9,4	14,7	15,3
15 DAS	3,5 a	5,5 a	9,7 a	14,8 a	15,4 a
1 DAS	3,2 b	5,4 a	9,2 b	14,2 b	14,8 b
Tukey (0.05)	0,27	0,45	0,3	0,51	0,54

Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)

El testigo sin aplicación de glifosato es presentado como referencia y no se incluye en el análisis.

DDS: días después de la siembra

DAS: días antes de la siembra

No obstante lo anterior Saldain (2002), encontró para esta variedad, una disminución en la altura de las plantas para la dosis de 1,14 kg ia/ha asociada a la época 1 DAS, y atrasos en la floración con la dosis intermedia y alta en la época de aplicación antes mencionada.

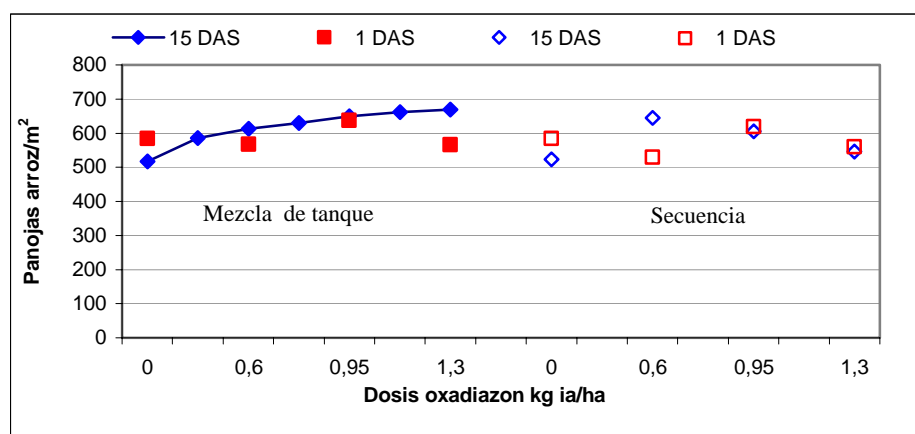
4.1.1.3 Efecto en el número de panojas de arroz/m²

El análisis de varianza detectó para esta variable diferencias significativas (P=0,054) para la época de aplicación, y también para la triple interacción; época de aplicación, forma de aplicación y dosis de oxadiazon (P=0,074). (ver anexo N° 6)

Atendiendo a la triple interacción se decidió separarlo por forma de aplicación permitiendo incluir en el análisis a los testigos.

El análisis de varianza detectó para las dos formas de aplicación diferencias significativas en la interacción momento de aplicación*dosis de oxadiazon. (P=0,084 y P=0,0696) para la mezcla de tanque y secuencia respectivamente. Al abrir esta interacción, en ambas formas de aplicación, la separación de medias por Tukey (P=0,05) no detectó diferencias significativas entre las cuatro dosis dentro de cada época de aplicación, ni entre ellas (ver anexo N°8).

Figura N° 8. Efecto de la interacción entre época de aplicación, y dosis de oxadiazon, en el número de panojas/m² de la variedad EP 144, para cada forma de aplicación.



Para cada época de aplicación, dentro de cada forma de aplicación, se intentó ajustar algún modelo matemático, lo cual fue posible solo para la mezcla de tanque en la época de aplicación 15 DAS. El modelo cuadrático ajustado fue el siguiente:

$$Y = 517,5135699 + 196,0957167x - 61,0174078 x^2$$

$$R^2 = 0,665 \quad n = 12 \quad P = 0,0073.$$

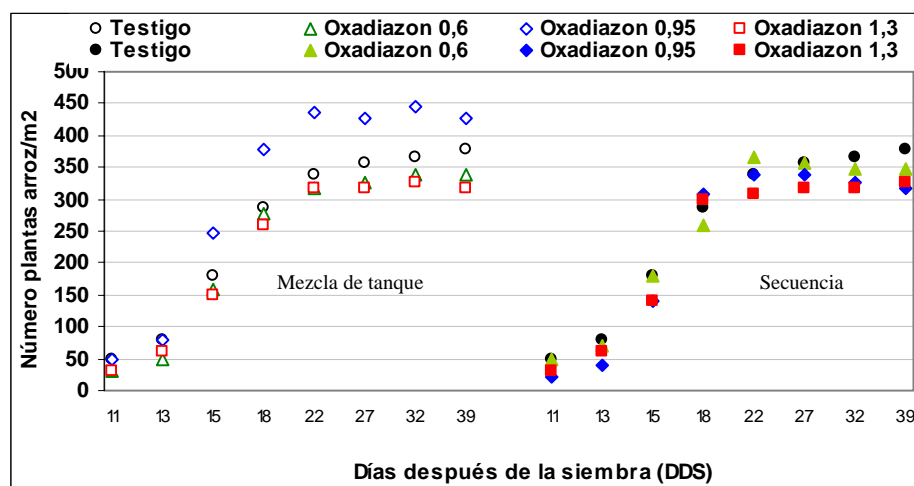
A pesar de ser un modelo cuadrático, en esta etapa se aprecia más que nada la fase lineal de éste, ya que el máximo físico se logra con dosis que están fuera del rango en estudio. De todas maneras, aunque no haya diferencias significativas entre las dosis de oxadiazon, se aprecia en el momento cercano a la siembra (1DAS), una tendencia a presentar un máximo físico con la dosis intermedia en las dos formas de aplicación. Para el caso del momento más alejado a la siembra (15 DAS), al comparar la forma de aplicación mezcla de tanque y secuencia, se da un efecto contrario al incrementar la dosis de oxadiazon. No obstante lo anterior, se desprende de la figura los buenos niveles obtenidos en el número de panojas para la variedad.

4.1.2 Selectividad frente a la variedad INIA Tacuarí

Para esta variedad se utilizaron en el análisis estadístico solo 18 parcelas debido a que por problemas de manejo se perdieron los tratamientos correspondientes a la época de aplicación 15 DAS.

Para la variable emergencia, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en la interacción forma de aplicación por dosis de oxadiazon para las dos primeras (11 DDS y 13 DDS) y dos últimas fechas de conteo (32 DDS y 39 DDS), (ver anexo N° 9).

Figura N° 9. Interacción entre forma de aplicación y dosis de oxadiazon sobre la emergencia de plantas de arroz/m² de INIA Tacuarí desde los 11 a 39 días después de la siembra.



En la figura se observa que la dosis 0,95 kg i.a./ha en la forma de aplicación mezcla de tanque obtiene valores claramente superiores al testigo sin aplicación. De todas maneras, las restantes dosis en ambas formas de aplicación registran valores muy cercanos a los testigos, no habiendo diferencias significativas como lo muestra el cuadro siguiente.

Cuadro N°12. Población promedio de plantas de arroz/m² de la variedad INIA Tacuarí según forma de aplicación para cada fecha de conteo.

Mezcla de tanque	Dosis de oxadiazon	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	32 DDS	39 DDS
	0,6	33 a	50 a	162 a	281 a	317 a	327 a	334 a	334 a
	0,95	48 a	83 a	251 a	373 a	434 a	430 a	443 a	423 a
	1,3	30 a	56 a	145 a	258 a	314 a	317 a	327 a	317 a
Testigo sin aplicación		50	79	179	288	337	357	367	377
Secuencia	Dosis de oxadiazon	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	32 DDS	39 DDS
	0,6	47 a	67 a	182 a	304 a	367 a	361 a	351 a	344 a
	0,95	23 a	40 a	139 a	297 a	341 a	341 a	331 a	321 a
	1,3	28 a	61 a	136 a	248 a	304 a	321 a	321 a	330 a
Tukey (0,05)		31	61	149	179	165	139	135	127

El testigo sin aplicación de glifosato es presentado como referencia y no se incluye en el análisis.

DDS: días después de la siembra

Dosis oxadiazon : expresadas en kg i.a./ha

La inexistencia de diferencias significativas en el número de plantas de arroz emergidas, en parte puede estar explicado por el hecho de que este análisis se realizó con 18 observaciones, número inferior al mínimo necesario de 21 observaciones. Este aspecto le quita precisión al análisis, dando valores para el cuadrado medio del error, altos, resultando así valores de Tukey (P=0,05) muy exigentes.

Al igual que para la variedad EP 144, se intentó ajustar un modelo matemático para las dosis en cada fecha de conteo. Si bien en la fecha 18 DDS hasta el final, el análisis de varianza detectó una relación de tipo cuadrática, el cálculo de los parámetros no fue significativo para ninguna de las fechas en estudio. (ver anexo N° 10)

Para este experimento también se midieron las variables altura de planta y N° panojas, las que no presentaron diferencias significativas. (Ver anexo N° 11 y 12)

4.1.3 Análisis comparativo entre las dos variedades.

Las variables analizadas fueron emergencia, altura y número de panojas de arroz/m². El análisis se realiza sólo con una época de aplicación (1 DAS), debido a la pérdida de la época 15 DDS en la variedad INIA Tacuarí. Se incluyen los testigos por variedad, consecuentemente se separa el análisis por la forma de aplicación.

4.1.3.1 Análisis comparativo para la variable emergencia.

Para el análisis conjunto de la variable emergencia, se detectó una interacción triple entre los factores variedad * forma de aplicación * dosis de oxadiazon en las fechas de conteo 22 DDS, hasta el final. A partir de esto, y como el interés en este análisis es comparar las variedades, se lo estudia dentro de cada forma de aplicación.

4.1.3.1.1 Análisis comparativo de la variable emergencia para la forma de aplicación mezcla de tanque.

No se detectaron diferencias significativas consistentes hasta el final de los conteos, para los factores variedad, dosis de oxadiazon y la interacción de ambos (ver anexo N° 13). El análisis de varianza detectó una relación de tipo cuadrática para los factores variedad, dosis de oxadiazon desde la fecha 15 DDS hasta el final de las fechas de conteo. Cuando se procedió a calcular los parámetros para el ajuste cuadrático en cada fecha, se observó que los modelos no eran significativos. No obstante lo anterior se presenta los valores obtenidos.

Cuadro N°13. Población promedio de plantas de arroz/m², para el análisis comparativo de las variedades EP 144 e INIA Tacuarí, según la forma de aplicación mezcla.

	Oxadiazon	9 DDS	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	34 DDS	
EP 144	Kg i.a/ha	0	0	91	138	309	376	411	356
		0,6	1	95	136	330	399	434	422
		0,95	0	137	173	314	423	449	426
		1,3	1	80	102	234	325	362	351
INIA Tacuarí	Kg i.a/ha	0	0	52	80	180	288	346	365
		0,6	0	42	75	190	302	353	365
		0,95	0	40	57	218	355	398	409
		1,3	0	22	56	143	258	315	325

DDS: días después de la siembra

4.1.3.1.2 Análisis comparativo de la variable emergencia para la forma de aplicación secuencia.

Se encontraron diferencias significativas para la variedad desde la fecha de conteo 15 DDS hasta el final. Para el factor dosis de oxadiazon, el análisis detectó diferencias significativas que se manifestaron desde el conteo 18 DDS hasta el final, mientras que las dos últimas fechas (27 DDS y 34 DDS) mostraron interacción entre los factores variedad y dosis de oxadiazon (ver anexo N° 14).

Debido a esto último, se decidió abrir la interacción por medio de la función Slice del SAS. Cuando se fijó la variedad, el análisis mostró que para EP 144 desde la fecha 18 DDS hasta el final, había una dosis diferente, mientras que para INIA Tacuarí, en ningún momento mostró diferencias entre las dosis.

En el otro sentido, cuando se fijó la dosis de oxadiazon, se observó que la dosis intermedia fue significativa desde los 11 DDS hasta el final, no ocurriendo esto para las demás dosis. Si bien existen en alguna fecha de conteo diferencias significativas entre las variedades, éstas no se mantuvieron hasta el final (ver anexo N° 15)

A consecuencia de esto, se separaron las medias para las variedades y para las distintas dosis, para las fechas que mostraron diferencias significativas cuando fueron fijadas por variedad.

Cuadro N° 14. Población de plantas de arroz/m², para la combinación variedad dosis según fechas de conteo significativas para la forma de aplicación secuencia.

	Oxadiazon	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34 DDS	
EP 144	Kg	0	376ab	411ab	372ab	356 b
	i.a	0,6	368ab	409ab	384ab	359 b
	/ha	0,95	449a	496a	467a	458a
		1,3	325ab	367ab	365ab	359 b
INIA Tacuarí	Kg	0	288 b	346 b	354 b	365ab
	i.a	0,6	300 b	365 b	362ab	349 b
	/ha	0,95	296 b	338 b	337 b	328 b
		1,3	248 b	304 b	320 b	319 b
Tukey (0.05)			125	133	112	95

Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)
DDS: días después de la siembra

Como el interés en este análisis es comparar las variedades, se desprende del cuadro, que la dosis intermedia es la que muestra diferencias significativas entre éstas. Por otro lado, hay que destacar que dentro de las variedades, la dosis más alta no mostró diferencias significativas con respecto al testigo, por lo que se descartan reducciones asociados a fitotoxicidad. Analizando solo la variedad EP 144, se observa que en las fechas 18 DDS, 22 DDS y 27 DDS, se insinúa un mayor número de plantas con la dosis intermedia, la que queda bien marcada en la última fecha (34 DDS), no sucediendo así para la variedad INIA Tacuarí. Para la variedad EP 144 se logra obtener un máximo con la dosis 0,95 kg i.a/ha respecto al testigo, no sucediendo lo mismo para la variedad INIA Tacuarí.

4.1.3.2 Análisis comparativo para la variable altura.

El análisis de varianza para este estudio comparativo no detectó diferencias para dosis de oxadiazon, forma de aplicación ni para las interacciones. El único factor que presentó diferencias significativas desde el inicio al final, fue la variedad (ver anexo N°16)

Al la luz de esto, al igual que para el análisis conjunto de la variable emergencia, también se estudió dentro de cada forma de aplicación, permitiéndose incluir a los testigos en el análisis.

4.1.3.2.1 Análisis comparativo de la variable altura para la forma de aplicación mezcla de tanque.

Para los factores en estudio el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las variedades, (salvo para la fecha 22 DDS) las que se mantuvieron hasta el final de los conteos. No obstante la separación de medias por la prueba de Tukey ($P=0,05$) mostró diferencias solo para las dos primeras fechas. En el caso de la dosis de oxadiazon solo se encontró diferencias significativas en la primera fecha de conteo, mientras que ninguna fecha de conteo posterior fue significativa para la interacción de ambos factores (ver anexo N° 16).

Cuadro N° 15. Altura promedio (cm) para el análisis comparativo de las variedades EP 144 e INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque.

	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
EP 144	5,5 a	9,2 a	14,1 a	14,8 a
INIA Tacuarí	4,3 b	8,2 b	13,9 a	18 a
Tukey (0,05)	0,93	0,54	2,5	4.4

DDS: días después de la siembra

4.1.3.2.2 Análisis comparativo de la variable altura para la forma de aplicación secuencia.

En este caso el análisis de varianza detectó diferencias significativas para la variedad, las que fueron de los 18 DDS hasta los 32 DDS. No ocurrió lo mismo para los demás factores; dosis y la interacción variedad * dosis de oxadiazon (ver anexo N° 17). Para el factor variedad la separación de medias por Tukey ($P= 0,05$) mostró diferencias solo en la última fecha de conteo.

Cuadro N° 16. Altura promedio (cm) para el análisis comparativo de las variedades EP 144 e INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia.

	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
EP 144	5,4 a	9,4 a	14,8 a	15,3 b
INIA Tacuarí	4,3 a	8 a	13,7 a	17,9 a
Tukey (0.05)	2,4	1,6	1,4	2,2

Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)
DDS: días después de la siembra

4.1.3.3 Análisis comparativo para la variable panojas/m².

El análisis de varianza para los factores, variedad, dosis de oxadiazon, forma de aplicación y sus respectivas interacciones, solo detectó diferencias significativas para la variedad (ver anexo N° 18)

Al igual que en el análisis de la variable anterior se procedió a analizar dentro de cada forma de aplicación, permitiendo incluir en el estudio a los testigos.

4.1.3.3.1 Análisis comparativo para la variable panojas/m² dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque.

El análisis de varianza solo detectó como significativo el factor variedad (P=0,028). No aparecieron significativos los factores dosis de oxadiazon, ni la interacción variedad dosis de oxadiazon (ver anexo N° 18)

Cuadro N°17. Separación de medias del número de panojas/m² para el promedio de las dosis de oxadiazon según las variedades.

Variedad	N° Panojas
EP 144	589 a
Tacuarí	523 b
Tukey (0.05)	64

4.1.3.3.2 Análisis comparativo para la variable panojas/m² dentro de la forma secuencia de aplicación.

Al igual que la forma de aplicación mezcla de tanque, en la secuencia el análisis de varianza también detectó diferencias significativas solo para el factor variedad (P=0,006) (ver anexo N° 19).

La separación de medias de las variedades, para el promedio de las dosis muestra que no existen diferencias significativas entre las variedades según el test de Tukey (P=0,05)

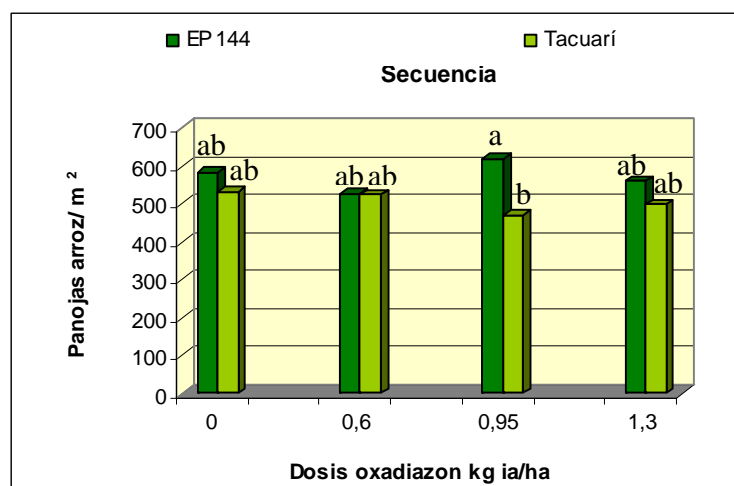
Cuadro N°18. Separación de medias del número de panojas/m² para el promedio de las dosis de oxadiazon según las variedades.

Variedad	N° Panojas
EP 144	573 a
Tacuarí	507 a
Tukey (0.05)	78

En la forma de aplicación secuencia, el procedimiento Slice del SAS, dejando fijo la variedad, mostró que para ninguna de las variedades aparece una dosis que sea estadísticamente diferente. En el otro sentido, al fijar la dosis, el análisis muestra que la dosis intermedia es diferente estadísticamente para las dos variedades (P=0,0031)

La separación de medias por Tukey (P=0,05) para la interacción variedad dosis de oxadiazon mostró lo siguiente.

Figura N° 10. N° Panojas de arroz/m² para las dos variedades, dentro de la forma de aplicación secuencia según dosis de oxadiazon.



Se aprecia que para la dosis intermedia, existen diferencias significativas a favor de la variedad EP 144, siendo las diferencias similares para las demás dosis de oxadiazon.

4.1.3.4 Síntesis del análisis conjunto

La comparación de las dos variedades, a la luz de lo presentado anteriormente, sugiere que las diferencias entre éstas, corresponden a una de las formas de aplicación, la que estaría definiendo un mayor número de plantas rescatadas, traduciéndose en un mayor número de panojas de arroz/m².

Esto hace mención específicamente a la variedad EP 144, para la forma de aplicación secuencia y con la dosis de oxadiazon 0,95 kg i.a./ha. Tomemos la última fecha de conteo (34 DDS) y asumamos que la población ya está estabilizada. En esta situación en particular, existe una diferencia a favor de EP 144 frente a INIA Tacuarí, en el número de plantas rescatadas de 15% (70% vs. 55%). Esto demuestra, que esta diferencia no es consecuencia únicamente, de la diferencia en el número de semillas viables sembradas a favor de EP 144, las que fueron del orden de 5%.

Respecto a las demás dosis dentro de la secuencia y a la forma de aplicación mezcla de tanque, no se puede precisar nada respecto a los porcentajes de rescate, al no conocer si presentan diferencias significativas o no.

Un aspecto que como ya se mencionó es de resaltar, son los altos porcentajes rescatados, incluso de los testigos. Estos buenos resultados estarían relacionados con las buenas condiciones de temperatura, suministro de P y humedad del suelo presente en la instalación de los experimentos.

Si bien no se realizaron análisis estadísticos, se presentan los porcentajes de rescate según las dosis de oxadiazon para las dos variedades, tanto para mezcla de tanque como para secuencia, y, los desvíos (%) con respecto al testigo en el número de plantas rescatadas.

Cuadro N° 19. Rescate de plantas de la mezcla de tanque y diferencia entre variedades, sobre 652 y 621 semillas viables/m², para la variedad EP 144 e INIA Tacuarí respectivamente.

Dosis Kg ia/ha oxadiazon	plts./m ² 34 DDS EP 144	% Rescate 34 DDS EP 144	plts./m ² 34 DDS INIA Tacuarí	% Rescate 34 DDS INIA Tacuarí	Dif.% Rescate (%)
0	356	54	365	58	-4
0,6	422	64	365	58	6
0,95	426	65	409	66	-1
1,3	351	54	324	52	2

DDS: días después de la siembra

Cuadro N° 20. Rescate de plantas en la forma de aplicación secuencia y diferencia entre variedades, sobre 652 y 621 semillas viables/m², para la variedad EP 144 e INIA Tacuarí respectivamente, para la forma de aplicación secuencia.

Dosis Kg ia/ha oxadiazon	plts./m ² 34 DDS EP 144	% Rescate 34 DDS EP 144	plts./m ² 34 DDS INIA Tacuarí	% Rescate 34 DDS INIA Tacuarí	Dif.% Rescate (%)
0	356	54	365	58	-4
0,6	359	55	349	53	2
0,95	458	70	328	55	15
1,3	359	55	319	51	4

DDS: días después de la siembra

Se aprecia tanto en los cuadros como en las figuras, que salvo para la variedad INIA Tacuarí, en la forma de aplicación secuencia, con la dosis intermedia se obtiene una especie de máximo en el número de plantas rescatadas. Esto podría indicar un comportamiento diferente de INIA Tacuarí cuando el oxadiazon es aplicado en forma pura.

Figura N° 11. Rescate de plantas respecto al testigo a los 34 DDS según las dosis de oxadiazon para las variedades EP 144 e INIA Tacuarí en la forma de aplicación mezcla de tanque. Testigos = 100.

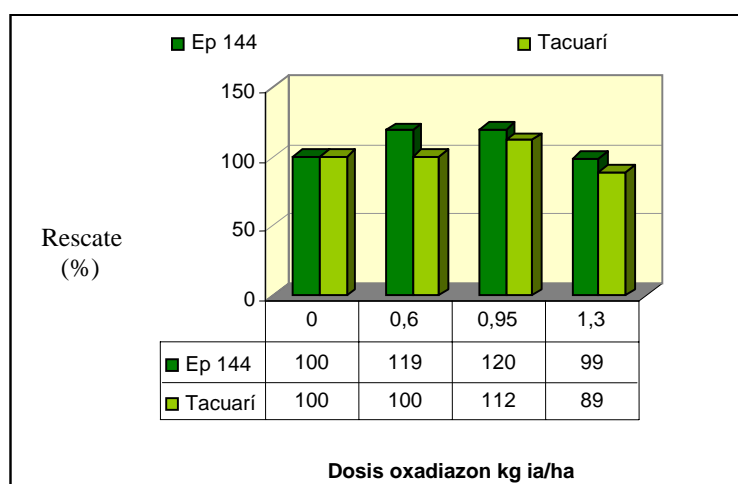
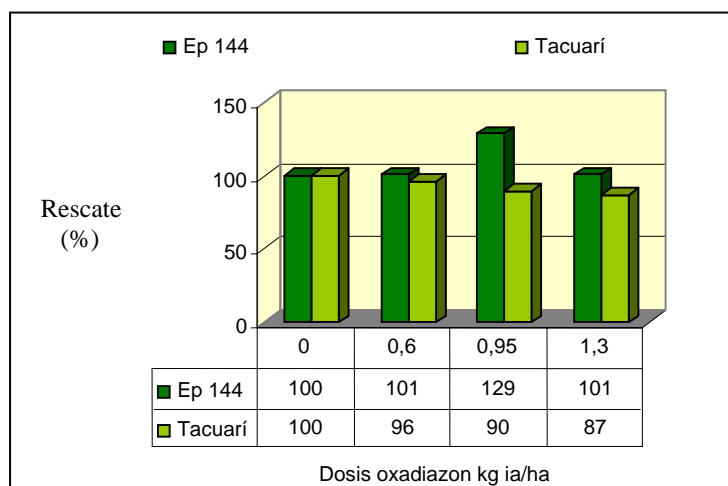


Figura N° 12. . Rescate de plantas respecto al testigo a los 34 DDS según las dosis de oxadiazon para las variedades EP 144 e INIA Tacuarí en la forma de aplicación secuencia. Testigos = 100.



En cuanto a la variable altura, el análisis no detectó diferencias significativas, ni tampoco se observó detección en el crecimiento.

4.1.4 Síntesis del experimento de selectividad.

La razón por la que no se estaría observando aparentes síntomas de fitotoxicidad, o cuando se presentan diferencias, estas son dentro de niveles óptimos para las variables analizadas, estaría siendo explicada principalmente por el tipo de siembra, los niveles de materia orgánica y el contenido hídrico del suelo. Estos tres factores estarían interaccionando con el oxadiazon, dando como resultado, que no exista una concentración tal en el entorno del coleoptile (principal vía de entrada a la planta), que favorezca su absorción y no provoque efectos fitotóxicos.

El efecto que estaría haciendo el doble disco desencontrado de la sembradora, sobre el suelo asperjado con el herbicida, sería el de cortar la capa que según la bibliografía forma éste, en los primeros 1-2cm del suelo. Profundidades de siembra de aproximadamente 3 cm, estarían sacando a la semilla, de la zona de mayor acción del herbicida. En estas circunstancias, que los primeros estadios luego de la germinación se

den en un lugar con una concentración muy baja de herbicida, permitiría minimizar la absorción del producto. En este sentido, trabajos realizados por Amaral (1980) y Abud (1983), hacen referencia a lo mismo, indicando que los tratamientos que presentaron mayor fitotoxicidad del oxadiazon, eran aquellos en donde la semilla era ubicada más en superficie, por lo tanto, más en contacto con el oxadiazon.

La baja solubilidad en agua del oxadiazon, más la rápida y fuerte retención por parte de la materia orgánica, en este caso muy alta (6,74%), con la adición del efecto del disco de siembra antes mencionado, estarían brindándole una protección extra al coleoptile, en su pasaje por el suelo en el proceso de germinación.

Con respecto al contenido hídrico, lo que estaría haciendo el o los baños, es poner disponible al herbicida en la solución del suelo para ser tomado por las plantas. Esta práctica de manejo sería importante hacerla en momentos en que haya un desarrollo del arroz tal, que lo haga indiferente a las altas concentraciones del herbicida en el suelo, ó, de registrarse enmalezamientos tempranos, hacerlo lo más próximo a la siembra posible, aprovechando que la semilla de arroz no a desencadenado el proceso de germinación ni comenzado a movilizar el coleoptile.

4.2 EFECTOS EN EL CONTROL DEL ARROZ ROJO

4.2.1 Efectos sobre la población del arroz rojo

A los efectos de incluir en el análisis estadístico a los testigos, se separa por forma de aplicación. Debido a que los bloques presentan un testigo absoluto (sin aplicación de herbicida) y uno solo con glifosato, el mismo análisis se realiza primero con uno y luego con otro testigo. La población de arroz rojo fue medida en tres fechas: 29 días después de a siembra (DDS), 75 DDS y 134 DDS.

Como forma de tener estimada la variabilidad de la población espontánea de arroz rojo que emergió antes de realizar los tratamientos, se tomó registro de las plantas emergidas en todas las parcelas del experimento 18 días antes de la siembra, coincidiendo así con la época de aplicación más alejada de la misma (18 DAS). Esta población se utiliza como covariable de ajuste para el análisis estadístico de los datos.

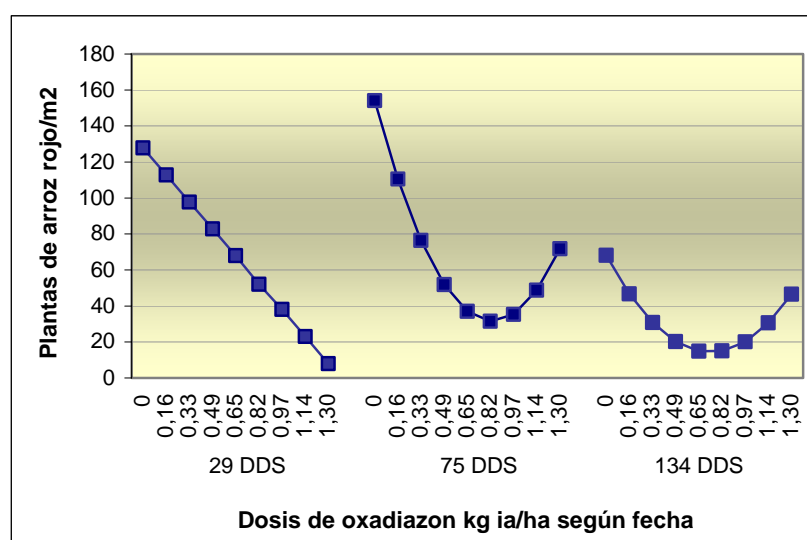
Como resultado del análisis de varianza de ésta población inicial, según la forma de aplicación y el testigo utilizado, para ninguno de los caso se encontraron diferencias significativas ($P < 0,10$), lo que demuestra un enmalezamiento relativamente uniforme en todo el experimento.

4.2.1.1 Efectos sobre la población de arroz rojo según la forma de aplicación mezcla de tanque.

4.2.1.1.1 Análisis utilizando el testigo absoluto.

El análisis estadístico detectó que solo el factor dosis de oxadiazon, para el promedio de las épocas de aplicación (18 y 3 DAS), fue significativo para las tres fechas de conteo. En esas tres oportunidades se ajustaron modelos matemáticos, siendo en la primera fecha de tipo lineal y en las dos siguientes fechas de conteo de tipo cuadrático. Los mínimos físicos obtenidos en este caso son con 1,38 kg ia/ha, 0,83 kg ia/ha y 0,73 kg ia /ha de oxadiazon para las fechas 29 DDS, 75 DDS y 134 DDS respectivamente.

Figura N°13. Efecto de la dosis de oxadiazon en el número de plantas de arroz rojo, para las tres fechas de conteo, dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando al testigo absoluto.



- **29 DDS** $Y=127,8484477- 92,2333905 x$
 $R^2=0,21$ $n=21$ $P=0,0068$
- **75 DDS** $Y=154,0069553- 296,6755032x + 179,4993028x^2$
 $R^2=0,40$ $n=21$ $P=0,026$
- **134 DDS** $Y=68,0481078- 146,9741321x + 100,2815335x^2$
 $R^2=0,38$ $n=21$ $P=0,0033$

4.2.1.1.2 Análisis utilizando el testigo solo con glifosato.

Este análisis no detectó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio. Tampoco se logró ajustar ningún modelo para las fechas estudiadas, no obstante lo anterior, algunas dosis de la época de aplicación 3 DAS obtienen poblaciones de arroz rojo realmente bajas respecto al testigo. Estas poblaciones obtenidas con el testigo solo con glifosato, serían debido a que en la fecha en que se realizó la aplicación de glifosato, el nivel de plantas de arroz rojo emergidas era elevado y el herbicida realizó un buen control, no existiendo una reinfestación posterior importante.

Cuadro N° 21. Plantas de arroz rojo/m² en las tres fechas de conteo, según dosis de oxadiazon, para la forma de aplicación mezcla de tanque, usando el testigo solo con glifosato, en la época de aplicación 3 DAS.

		29 DDS	75 DDS	134 DDS
Dosis oxadiazon kg ia/ha	0	31	37	29
	0,6	6	4	24
	0,95	33	51	7
	1,3	30	32	39

DDS: días después

4.2.1.2 Efectos sobre la población de arroz rojo según la forma de aplicación secuencia.

4.2.1.2.1 Análisis utilizando el testigo absoluto.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor dosis de oxadiazon en las tres fechas de conteo, y para la interacción época de aplicación*dosis de oxadiazon, en las dos últimas fechas.

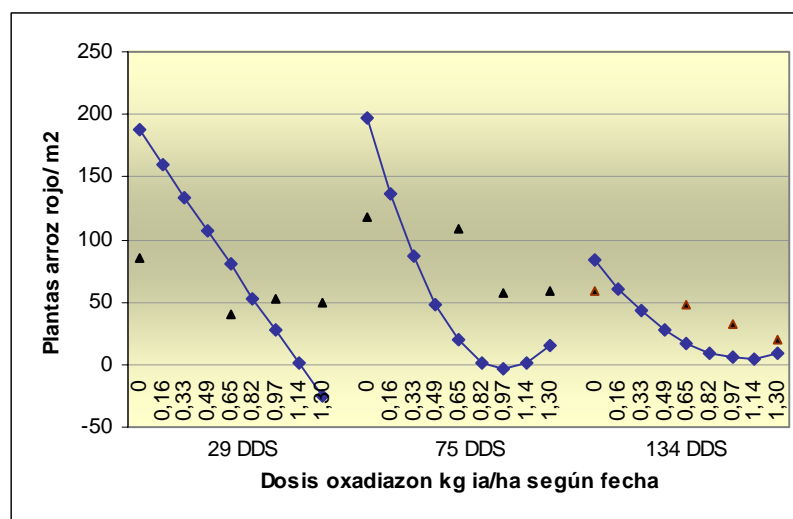
A continuación se presentan los modelos detectados por el análisis de varianza para las tres fechas de conteo en la época de aplicación 3 DAS. Esto no ocurrió para la otra época de aplicación 18 DAS.

Cuadro N° 22. Ajuste de modelos para las 3 fechas de conteo, dentro de la forma de aplicación secuencia, usando al testigo absoluto.

	Relación	G. L	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
29 DDS	Lineal	1	16961.57160	4.39	0.0580
75 DDS	Cuadrático	1	9449.87988	6.14	0.0278
134 DDS	Cuadrático	1	1319.256443	5.8	0.0330

DDS: días después de la siembra

Figura N° 14. Efecto de la dosis de oxadiazon en el número de plantas de arroz rojo, para las tres fechas de conteo, dentro de la forma de aplicación secuencia, utilizando al testigo absoluto. La línea entera corresponde al ajuste para la época de aplicación 3 DAS y los puntos a la época de aplicación 18 DAS.



- **29 DDS** $Y=187,3403390- 163,9864407 x$
 $R^2=0,41$ $n=11$ $P=0,0580$

- **75 DDS** $Y=197,4536441- 406,6115135x + 205,3722508x^2$
 $R^2=0,92$ $n=11$ $P=0,0278$

- **134 DDS** $Y=83,2335233- 147,1282001x + 68,9973279x^2$
 $R^2=0,77$ $n=11$ $P=0,0330$

Los mínimos físicos obtenidos, para la época de aplicación 3 DAS, son los siguientes 1,14 kg ia/ha, 0,99 kg ia/ha y 1,07 kg ia/ha de oxadiazon, para la fecha 29 DDS, 75DDS y 134 DDS respectivamente.

A la cosecha (fecha de conteo 134 DDS), tanto para los tratamientos de la época de aplicación 18 DAS como para el testigo absoluto en la época de aplicación 3 DAS, se llegó con una población de arroz rojo baja en comparación con las poblaciones observadas en el transcurso del cultivo. En este caso podría estar ocurriendo un proceso

de auto raleo (muerte dependiente de la densidad), quedando enmascarado lo ocurrido en el transcurso del cultivo, el que seguramente sufrió una fuerte competencia.

En la época de aplicación 3 DAS, los tratamientos con oxadiazon llegan a los 134 DDS con poblaciones de arroz rojo bajas (< 20 plantas /m²), no habiéndose observado un enmalezamiento fuerte en las fechas de conteo anteriores. En tal sentido Diarra (1985), Smith (1988) y Fischer (1993) afirman que entre 3 a 19 plantas de arroz rojo/m² reducen de 10 a 50 % el rendimiento del arroz cultivado, mientras que poblaciones por encima de las 100 plantas pueden causar pérdidas en la producción de hasta 82 %. Para Burgos (2005) una planta de arroz rojo/m² puede generar hasta 219 kg/ha de pérdida de rendimiento en el arroz cultivado.

Para Kwon (1992) la mayor interferencia que sufre el cultivo por la presencia del arroz rojo se a partir de los 60 días después de implantado el arroz hasta los 100 días, compitiendo por los recursos disponibles.

En tal sentido, bajo las condiciones en que se realizó este experimento, en el cual se llegó a los 75 DDS con buenos controles de esta maleza se esperaría que el arroz cultivado utilice de buena forma los recursos para el llenado de los granos y de esa manera lograr buenos rendimientos.

Que se llegue a los 75 DDS con bajas poblaciones de arroz rojo estaría explicado por la residualidad otorgada por el oxadiazon, aplicado en el momento más cercano a la siembra, principalmente con la dosis intermedia y alta, mas un manejo adecuado del agua.

4.2.1.2.2 Análisis utilizando el testigo solo con glifosato.

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas para ninguno de los factores analizados; época de aplicación, dosis de oxadiazon y la interacción de ambos.

Al igual que en el análisis con testigo absoluto, no se detectan diferencias estadísticas entre las poblaciones del arroz rojo logradas con los distintos tratamientos, pero que en la práctica son de mucha importancia. Es por esto que se presentan los resultados obtenidos, donde se observa los buenos niveles logrados con la dosis intermedia en la época de aplicación 3 DAS.

Cuadro N° 23. Población de arroz rojo/m² obtenida en las dos épocas de aplicación según las dosis de oxadiazon, en las tres fechas de conteo.

Época Aplicación	Kg ia /ha	29 DDS	75 DDS	134 DDS
18 DAS	0	33	76	30
	0,6	52	109	50
	0,95	36	57	30
	1,3	53	63	18
3 DAS	0	31	37	29
	0,6	22	24	24
	0,95	6	0	0
	1,3	23	15	11

DAS: días antes de la siembra

DDS: días después de la siembra

No se ajustó ningún modelo con la dosis de oxadiazon, para ninguna de las fechas en cuestión.

4.2.2 Efecto sobre el número de plantas de INIA Tacuarí

Estos conteos se realizaron en el mismo lugar donde se contaban las plantas de arroz rojo, contabilizándose las plantas que estuvieran en la línea central del aro (0,63 m). Este conteo se realizó solo en la fecha 29 DDS.

Ninguno de los análisis estadísticos realizados con ambas formas de aplicación usando indistintamente el testigo absoluto o solo con glifosato, detectaron diferencias significativas para los factores analizados: época de aplicación, dosis de oxadiazon y la interacción de ambos.

Aunque no se detecten diferencias significativas, se presenta el cuadro con las poblaciones logradas con los respectivos tratamientos.

Cuadro N° 24. Plantas de INIA Tacuarí /m² a los 29 DDS, para el promedio de las épocas según la dosis de oxadiazon, en los cuatro análisis realizados.

Oxadiazon kg ia/ha	Mezcla de tanque TA	Mezcla de tanque TG	Secuencia de aplicación TA	Secuencia de aplicación TG
0	81	128	81	124
0,6	147	147	149	180
0,95	141	144	169	140
1,3	175	168	143	130
CV%	53	41	56	42

TA: testigo absoluto

TG: testigo solo con glifosato

Es notorio el bajo nivel de plantas de arroz rescatadas, y más deprimido aún, los niveles obtenidos en los testigos absolutos. Para esta variable se encontró una correlación negativa entre el número de plantas del arroz rojo con el número de plantas de INIA Tacuarí. Esto ocurrió en las tres fechas de conteo cuando se incluyó el testigo absoluto en el análisis para ambas formas de aplicación. Cuando en el análisis se incluye el testigo solo con glifosato, no se encontró asociación entre las variables antes mencionadas.

Cuadro N° 25. Correlación entre la variable plantas/m² de INIA Tacuarí a los 29 DDS y el número de plantas de arroz rojo para las 3 fechas de conteo cuando los tratamientos se aplicaron en mezcla, utilizando el testigo absoluto.

	29 DDS	75 DDS	134 DDS
R	- 0,5384	- 0,5341	- 0,4934
Pr > r	0,0097	0,0105	0,0196
N	22	22	22

DDS: días después de la siembra

Cuadro N° 26. Correlación entre la variable plantas/m² de INIA Tacuarí a los 29 DDS y el número de plantas de arroz rojo/m² para las 3 fechas de conteo, bajo la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo absoluto.

	29 DDS	75 DDS	134 DDS
R	- 0,49917	- 0,45717	- 0,43588
Pr > r	0,0153	0,0283	0,0376
N	22	22	22

DDS: días después de la siembra

Al igual que en los análisis anteriores, la inclusión del testigo solo con glifosato en cualquiera de éstos, parece ser tan eficiente en la reducción de las plantas de arroz rojo, y por lo tanto del número de plantas de arroz alcanzado, como cuando va acompañado de oxadiazon.

Hay que recordar que este conteo fue realizado a los 29 DDS, por lo que no sería extraño, y de hecho sucedió, que los testigos con glifosato tendieran a enmalezarse en el transcurso de cultivo, llegando a la cosecha más enmalezados que los demás tratamientos.

A diferencia del experimento de selectividad, éste mostró un bajo rescate de plantas de arroz, sumado al hecho de que se observaron atrasos en floración, en aquellos tratamientos con la dosis 1,3 kg i.a/ha de oxadiazon en la época de aplicación 3 DAS.

El contenido hídrico del suelo estuvo dado por una precipitación de 12 mm 1 DDS, y dos baños: 9 DDS y 16 DDS (momento en que las plantas comenzaban a germinar).

Las diferencias con el experimento de selectividad, en el cual no hubieron aparentes síntomas de fitotoxicidad, fueron la profundidad de siembra y el contenido de materia orgánica del suelo (1,62 %). En este experimento se ubico superficialmente a la semilla, para que el intervalo siembra – emergencia fuera el mínimo, minimizando en parte el atraso en la fecha de siembra.

La ubicación de la semilla en la zona de mayor acción del herbicida, sumado al buen contenido hídrico del suelo y el bajo contenido de materia orgánica, podría ser la

responsable de la baja población de plantas establecidas. A este efecto hay que sumarle que 5 días luego de los baños, se registraron precipitaciones moderadas (29 mm) y con temperaturas ambiente elevadas (35°C), los que con esas láminas bajísimas de agua, generaban un medio de muy altas temperaturas para las plantas de arroz, las que estaban en estado de 4-5 hojas.

4.2.3 Efecto sobre el número de panojas de arroz rojo a cosecha

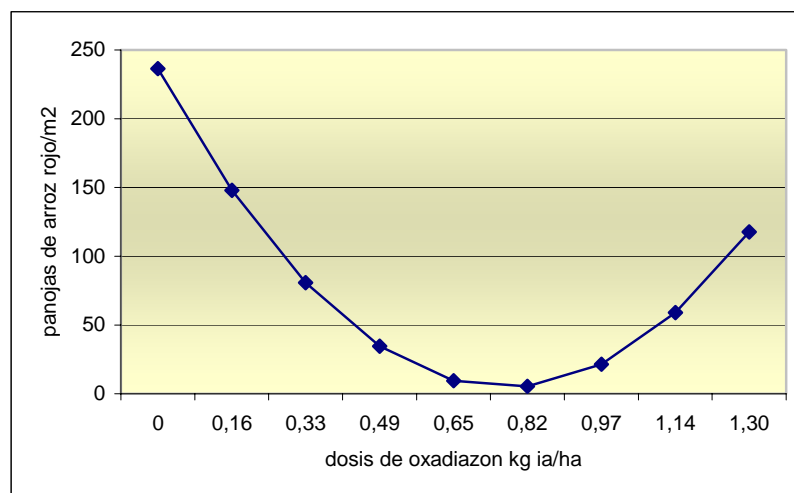
Como hasta acá, los análisis son realizados separándolos por forma de aplicación, utilizando primero al testigo absoluto y luego al testigo solo con glifosato.

4.2.3.1. Análisis utilizando al testigo absoluto dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque.

El análisis de varianza para esta variable detectó diferencias significativas para los factores época de aplicación, dosis de oxadiazon y para la interacción de ambos factores con probabilidades de 0,0578 , 0,0014 , 0,0936 respectivamente.

La interacción época de aplicación dosis de oxadiazon, logró un ajuste cuadrático para la época de aplicación 3 DAS, la cual permitió conocer el mínimo físico de panojas de arroz rojo, para una determinada dosis de oxadiazon. Esto no ocurrió para la época de aplicación 18 DAS.

Figura N° 15. Efecto de las dosis de oxadiazon sobre la disminución del número de panojas de arroz rojo/m². Línea entera corresponde al ajuste cuadrático para la época aplicación 3 DAS, puntos corresponden a la época aplicación 18 DAS.



$$Y = 236,3744588 - 606,6173660x + 393,3761456x^2$$

$$R^2 = 0,87 \quad n = 10 \quad P(0,005)$$

La mayor disminución del número de panojas de arroz rojo fue cuando se utilizó en la mezcla 0,775 kg ia oxadiazon/ha, siendo la reducción del 99 % con respecto al testigo en el modelo ajustado.

4.2.3.2. Análisis utilizando al testigo solo con glifosato para la mezcla de tanque.

Para este caso solo la época de aplicación fue el factor que mostró diferencias significativas ($P=0,0151$) en el análisis de varianza. Para estudiar estas diferencias se decidió realizar la separación de medias a través de la prueba Tukey.

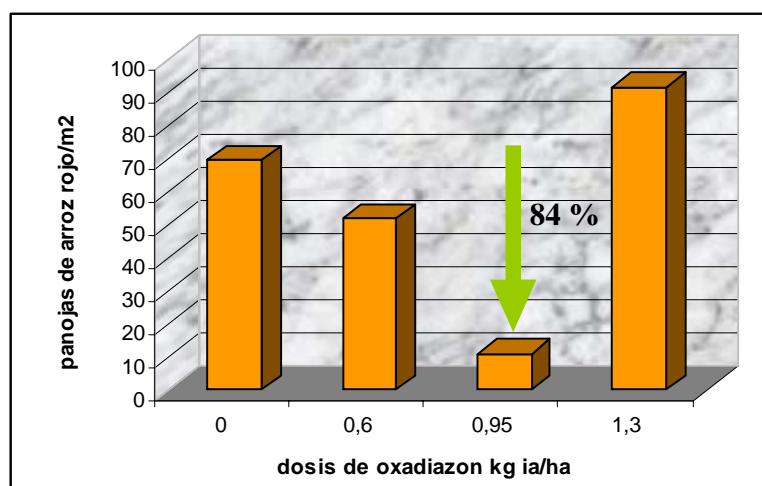
Cuadro N° 27. Número de panojas de arroz rojo/m² según la época de aplicación de los tratamientos.

Epoca de aplicación	Panojas de arroz rojo/m ²
18 DAS	114a
3 DAS	56 b
Tukey (0.05)	41

DAS: días antes de la siembra

Con estos resultados, el hecho de agregar oxadiazon a la mezcla con glifosato sería lo mismo que no utilizarlo dado que el glifosato aplicado solo tres días antes de sembrar el arroz estadísticamente mantendría niveles bajos de arroz rojo a la cosecha. Sin embargo, si se grafica las panojas de arroz rojo según las dosis de oxadiazon, y en especial la época más cercana a la siembra, se puede apreciar que la dosis intermedia en la mezcla llega con un número bajo de panojas a la cosecha que desde el punto de vista de la persistencia de la maleza en el sistema tiene significancia.

Figura N° 16. Panojas de arroz rojo/m² para los tratamientos aplicados 3 días antes de la siembra.



4.2.3.3. Análisis utilizando al testigo absoluto para la forma de aplicación secuencia.

El análisis de varianza detectó para esta variable, diferencias significativas en los dos factores en estudio. A continuación se presentan las separaciones de medias de las épocas de aplicación y las dosis de oxadiazon.

Cuadro N° 28. Separación de medias para la variable panojas de arroz rojo/m² a través del promedio de las dosis de oxadiazon para cada época de aplicación.

Época de aplicación	Panojas/m ²
18 DAS	151a
3 DAS	96 b
Tukey (0.05)	46

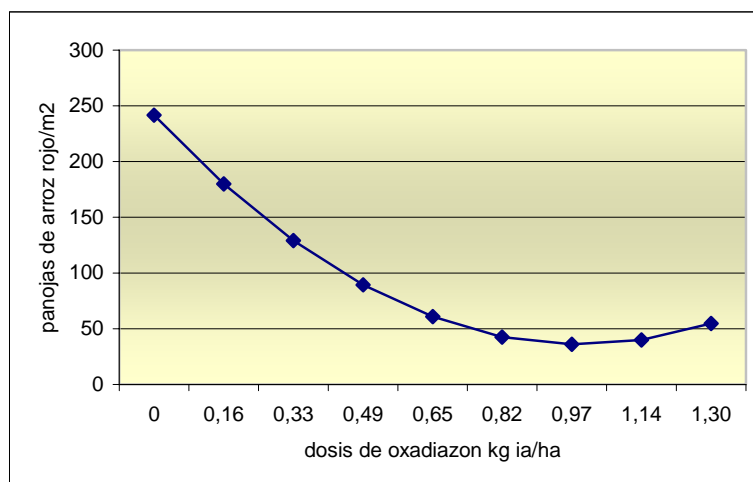
DAS: días antes de la siembra

Cuadro N° 29. Separación de medias para la variable panojas de arroz rojo a través del promedio de las épocas de aplicación para cada dosis de oxadiazon.

Dosis oxadiazon kg i.a/ha	Panojas/m ²
0	227 a
0,6	113 b
0,95	61 b
1,3	93 b
Tukey (0.05)	88

Para los valores medidos se ajustó un modelo cuadrático solo para la época 3 DAS el que se presenta a continuación.

Figura N° 17. Efecto de la dosis de oxadiazon sobre la disminución del número de panojas de arroz rojo/m². Línea entera corresponde al ajuste cuadrático para la época aplicación 3 DAS, puntos corresponden a la época aplicación 18 DAS.



$$Y = 241,5086082 - 411,7782145x + 206,2583990x^2$$

$$R^2 = 0,574069 \quad n = 11 \quad (P=0,0231)$$

Este ajuste arrojó un mínimo físico cuando se utilizó la dosis 0,95 kg oxadiazon/ha. Cabe resaltar que para este estudio se logró una disminución en el número de panojas de arroz rojo, con respecto al testigo, del 85 % sobre el modelo ajustado.

4.2.3.4. Análisis utilizando al testigo solo con glifosato para la forma de aplicación secuencia.

El análisis estadístico solo detectó diferencias significativas para el factor época de aplicación. Como en todos los casos hasta ahora analizados, la época mas cercana a la siembra siempre ha logrado mayores controles, con respecto a la aplicación 18 DAS. Si bien el análisis de varianza no detectó diferencias significativas ni para la dosis de oxadiazon ni para la interacción época de aplicación* dosis de oxadiazon (P=0,14 y P=0,12 respectivamente), se decidió analizar la interacción, debido a que la probabilidad está cerca del 10%.

La separación de medias por Tukey ($P=0,05$) para el factor época de aplicación muestra lo siguiente.

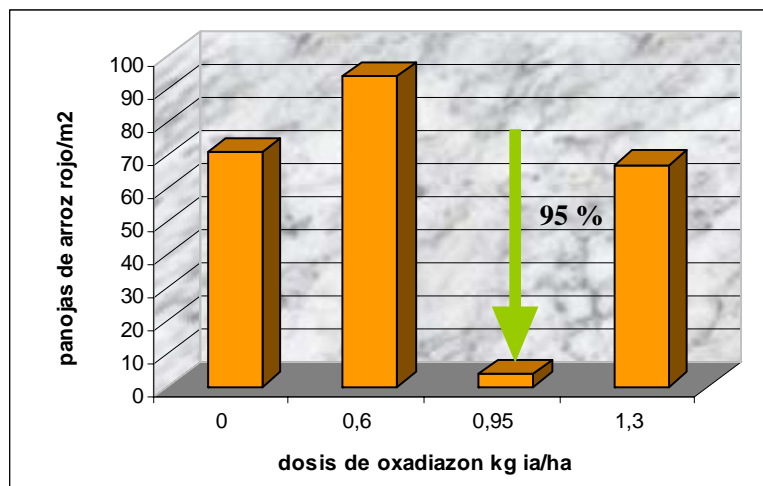
Cuadro N° 30. Efecto de la época de aplicación sobre el número de panojas de arroz rojo/m² a la cosecha.

Epoca de aplicación	Panojas de arroz rojo/m ²
18 DAS	121a
3 DAS	59 b
Tukey (0.05)	53

DAS: días antes de la siembra

Efectivamente la interacción época de aplicación*dosis de oxadiazon ($P=0,12$) muestra para la época de aplicación 3 DAS buenos controles de arroz rojo expresado como panojas de arroz rojo/m².

Figura N° 18. Efecto de las dosis de oxadiazon en la época de aplicación 3 DAS sobre la disminución del número de panojas de arroz rojo/m².



4.2.4 Efecto sobre el rendimiento de INIA Tacuarí.

4.2.4.1 Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque utilizando al testigo absoluto.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para los factores época de aplicación ($P=0,053$) y dosis de oxadiazon ($P=<0,001$). Se presenta la separación de medias mediante la prueba de Tukey ($P= 0,05$) para el rendimiento de arroz según la época de aplicación.

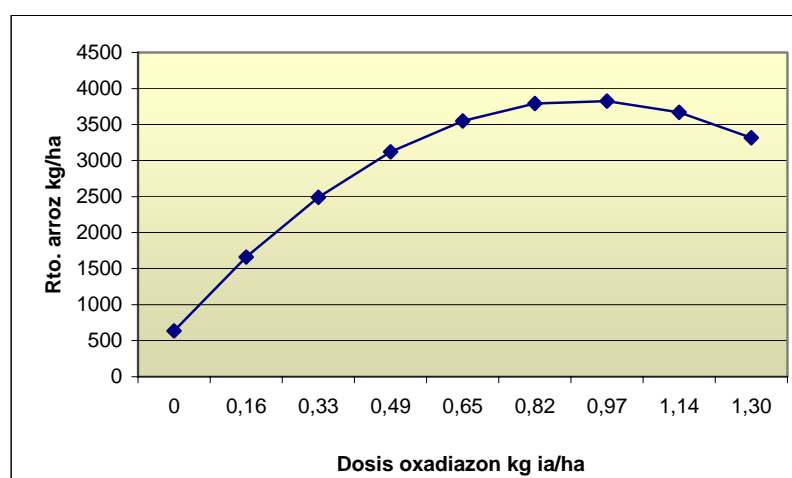
Cuadro N° 31. Rendimiento de arroz (kg/ha), según la época de aplicación.

Época de aplicación	Rto. Arroz kg/ha
18 DAS	2283 b
3 DAS	3188 a
Tukey (0.05)	895

DAS: días antes de la siembra

Para el factor dosis de oxadiazon se logró ajustar un modelo cuadrático el cual se presenta a continuación.

Figura N° 19. Efecto de la dosis de oxadiazon en el rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando el testigo absoluto.



$$Y = 634,271764 + 6906,666583x - 3725,969751x^2$$

$$R^2 = 0,459329 \quad n = 21 \quad P = 0,0126$$

Para el factor dosis de oxadiazon se obtuvo un máximo físico con 0,927 kg ia/ha. Se encontró que el rendimiento estaba correlacionado negativamente con el número de plantas del arroz rojo en las tres fechas de conteo, con las panojas de arroz rojo, habiendo una correlación moderada y positiva con plantas de INIA Tacuarí/m²

Cuadro N° 32. Correlación entre el rendimiento (kg/ha) de INIA Tacuarí y número de plantas de arroz rojo, panojas de arroz rojo/m² y plantas de INIA Tacuarí.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	29 DDS	75 DDS	134 DDS	Plantas INIA Tacuarí/M ²
R	-0,93404	-0,53486	-0,79382	-0,80345	0,42573
Pr > r	<0,0001	<0,0103	<0,0001	<0,0001	0,0482
n	22	22	22	22	22

DDS: días después de la siembra

4.2.4.2 Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación mezcla de tanque utilizando al testigo solo con glifosato.

Solo la época de aplicación mostró diferencias significativas en el rendimiento obtenido.

Cuadro N° 33. Rendimiento de arroz (kg/ha), para la forma de aplicación secuencia, usando el testigo solo con glifosato, según época de aplicación.

Época de aplicación	Rto. Arroz kg/ha
18 DAS	2441 b
3 DAS	4166 a
Tukey (0.05)	895

DAS: días antes de la siembra

Al incluir el testigo absoluto en el análisis, a diferencia del caso anterior la correlación entre el rendimiento de INIA Tacuarí y el número de plantas de la variedad no es significativo.

Cuadro N° 34. Correlación entre el rendimiento (kg/ha) de INIA Tacuarí y número de plantas de arroz rojo y panojas de arroz rojo/m².

	Panojas Arroz Rojo/m ²	29 DDS	75 DDS	134 DDS	Plantas INIA Tacuarí/m ²
R	-0,8399	-0,4346	-0,6905	-0,6802	0,1072
Pr > r	<0,0001	0,0432	0,0004	0,0005	ns
n	22	22	22	22	2

DDS: días después de la siembra

4.2.4.3 Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia utilizando al testigo absoluto.

Nuevamente, como en la forma de aplicación mezcla de tanque, incluyendo en el análisis al testigo absoluto, aparecen como significativos los factores época de aplicación y dosis de oxadiazon (P=0,028 y P=0,0001 respectivamente). La separación de medias por Tukey (P=0,05) muestra los mejores rendimientos obtenidos en la época 3 DAS.

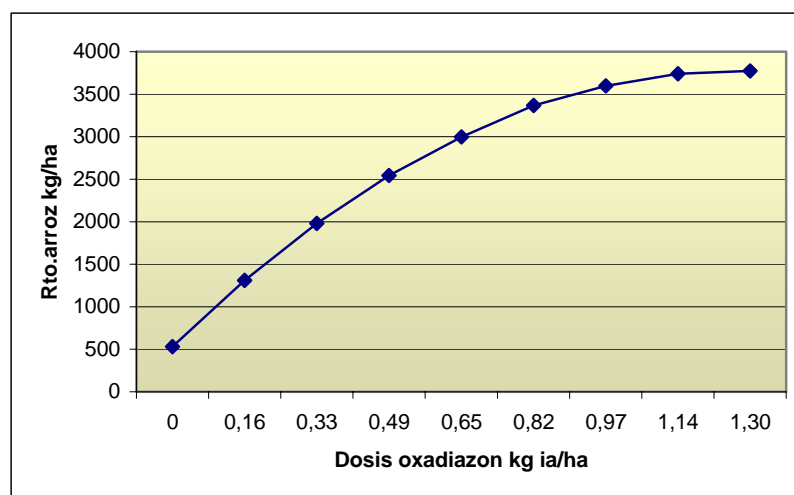
Cuadro N° 35. Rendimiento de arroz (kg/ha), para la forma de aplicación secuencia, usando el testigo absoluto, según la época de aplicación.

Época de aplicación	Rto. Arroz kg/ha
18 DAS	2253 b
3 DAS	2991a
Tukey (0.05)	731

DAS: días antes de la siembra

Se logró ajustar un modelo cuadrático para la dosis de oxadiazon, alcanzándose un máximo físico con 1,273 kg ia/ha.

Figura N° 20. Efecto de la dosis de oxadiazon en el rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo absoluto.



$$Y = 531,060967 + 5097,952653 x - 2002,249870 x^2$$

$$R^2 = 0,572281 \quad n = 22 \quad P = 0,0165$$

Las correlaciones encontradas entre rendimiento y panojas de arroz rojo, plantas de arroz rojo y plantas de la variedad se presentan a continuación.

Cuadro N° 36. Correlación entre el rendimiento (kg/ha) de INIA Tacuarí y número de plantas de arroz rojo, panojas de arroz rojo/m² y plantas de INIA Tacuarí.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	29 DDS	75 DDS	134 DDS	Plantas INIA Tacuarí/M ²
R	-0,85005	-0,56946	-0,87415	-0,84430	0,41445
Pr > r	<0,0001	0,046	<0,0001	<0,0001	0,0493
N	23	23	23	23	23

DDS: días después de la siembra

4.2.4.4 Análisis del rendimiento de INIA Tacuarí para la forma de aplicación secuencia utilizando al testigo solo con glifosato.

Al igual que con la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando al testigo glifosato, el análisis estadístico solo mostró diferencias significativas entre la época de aplicación, las que se presentan a continuación.

Cuadro N° 37. Rendimiento de arroz (kg/ha), para la forma de aplicación secuencia, usando el testigo absoluto, según la época de aplicación.

Época de aplicación	Rto. Arroz kg/ha
18 DAS	2411 b
3 DAS	3887 a
Tukey (0.05)	842

DAS: días antes de la siembra

En este caso las correlaciones encontradas correspondieron al rendimiento de arroz (kg/ha) con el número de plantas de arroz rojo en las tres fechas de conteo estudiadas, y con el número de panojas de arroz rojo. El rendimiento de arroz (kg /ha) no estuvo correlacionado con las plantas de INIA Tacuarí/ m².

Cuadro N° 38. Correlación entre el rendimiento (kg/ha) de INIA Tacuarí y número de plantas de arroz rojo, panojas de arroz rojo/m² y plantas de INIA Tacuarí.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	29 DDS	75 DDS	134 DDS	Plantas INIA Tacuarí/m ²
R	-0,72896	-0,56785	-0,81752	-0,69995	0,0955
Pr > r	<0,0001	<0,0047	<0,0001	<0,0002	Ns
N	23	23	23	23	23

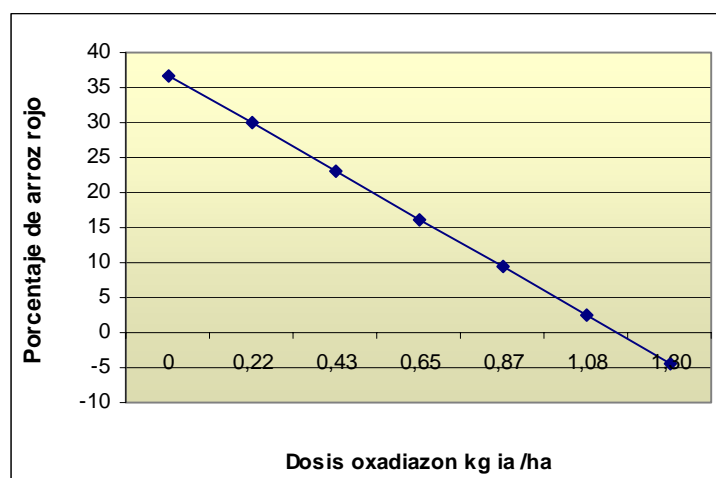
DDS: días después de la siembra.

4.2.5 Efecto sobre el porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí.

4.2.5.1 Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando el testigo absoluto.

El análisis estadístico detectó diferencias significativas para la dosis de oxadiazon ($P=0,0965$), ajustándose un modelo lineal para la dosis de oxadiazon, el cual presenta un punto de corte con el eje de las abscisas con la dosis 1,16 kg ia /ha.

Figura N° 21. Efecto de la dosis de oxadiazon en el porcentaje de arroz rojo en la muestra de INIA Tacuarí, para la forma de aplicación mezcla utilizando al testigo absoluto.



$$Y=36,74640938-31,62303784x$$

$$R^2=0,28 \quad n=21 \quad P=0,0236$$

En este análisis, el porcentaje de arroz rojo se correlacionó con las panojas de arroz rojo y con el rendimiento de INIA Tacuarí.

Cuadro N° 39. Correlación entre las panojas de arroz rojo/m², rendimiento de arroz (kg/ha) y porcentaje de arroz rojo de INIA Tacuarí en la forma de aplicación mezcla, usando el testigo absoluto.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	RTO. Arroz Kg/ha.
R	0,80269	-0,62387
Pr > r	<0,0001	0,0015
n	23	23

4.2.5.2 Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA

Tacuarí dentro de la forma de aplicación mezcla de tanque, utilizando el testigo solo con glifosato.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en el factor dosis de oxadiazon (P=0,0759), las que no mostraron diferencias significativas al hacer un ajuste por Tukey (P=0,05).

Las correlaciones encontradas corresponden en este caso a panojas de arroz rojo, rendimiento de arroz, con porcentaje de arroz rojo.

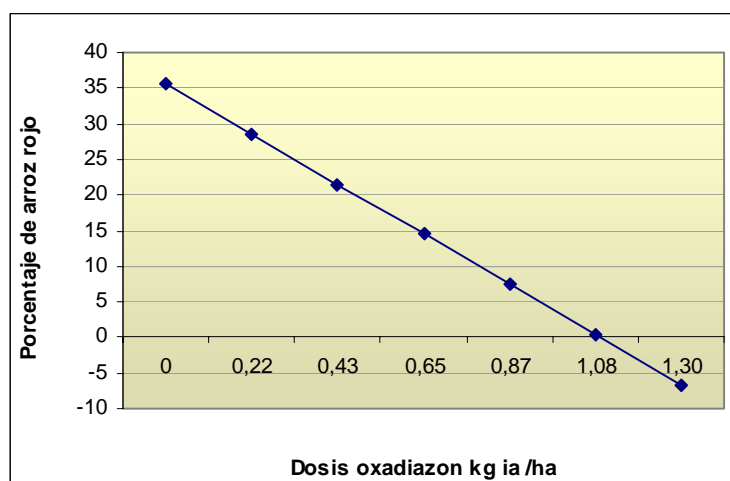
Cuadro N° 40. Correlación entre las panojas de arroz rojo/m² y rendimiento de arroz (kg/ha) con el porcentaje de arroz rojo en muestras de INIA Tacuarí en la forma de aplicación mezcla, usando el testigo glifosato.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	RTO. Arroz Kg/ha.
R	0,39952	-0,42108
Pr > r	0,0655	0,0510
n	22	22

4.2.5.2 Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo absoluto.

Dentro de la forma de aplicación secuencia, cuando se utiliza el testigo absoluto, el análisis mostró diferencias significativas para la dosis de oxadiazon ($P=0,0139$). El análisis de varianza detectó una relación lineal entre la dosis de oxadiazon y el % de arroz rojo de la muestra, presentando un punto de corte con el eje de las abscisas con la dosis 1,096 kg ia /ha.

Figura N° 22. Efecto de la dosis de oxadiazon en el porcentaje de arroz rojo en la muestra de INIA Tacuarí, para la forma de aplicación secuencia utilizando al testigo absoluto.



$$Y=35,54922545-32,44473838x$$

$$R^2=0,33 \quad n=22 \quad P=0,0036$$

Se encontró una correlación entre el porcentaje de arroz rojo y las variables panojas de arroz rojo y rendimiento de INIA Tacuarí.

Cuadro N° 41. Correlación entre las panojas de arroz rojo/m², rendimiento de arroz (kg/ha) y porcentaje de arroz rojo de INIA Tacuarí en la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo absoluto.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	RTO. Arroz Kg/ha.
R	0,63646	-0,63084
Pr > r	0,0012	0,0012
N	23	23

4.2.5.2 Análisis del porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz de INIA Tacuarí dentro de la forma de aplicación secuencia, utilizando el testigo solo con glifosato.

Dentro de la misma forma de aplicación pero con el testigo solo con glifosato, no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio. El análisis de varianza tampoco detectó ningún tipo de relación entre la dosis de oxadiazon y el % de arroz rojo de la muestra. Las correlaciones encontradas correspondieron al porcentaje de arroz rojo con las variables de panojas de arroz rojo/m² y con el rendimiento de INIA Tacuarí.

Cuadro N° 42. Correlación entre las panojas de arroz rojo/m², rendimiento de arroz (kg/ha) y porcentaje de arroz rojo de INIA Tacuarí en la forma de aplicación secuencia, usando el testigo glifosato.

	Panojas Arroz Rojo/m ²	RTO. Arroz Kg/ha.
R	0,80269	-0,62387
Pr > r	<0,0001	0,0015
N	23	23

4.2.6 Síntesis del experimento de control de arroz rojo.

Consistentemente para las variables analizadas, los resultados más impactantes, y a su vez, los que presentan diferencias significativas, son los obtenidos cuando en el análisis estadístico es incluido el testigo absoluto. A la luz de esto, y con los buenos resultados obtenidos por parte del testigo glifosato, queda la impresión de que el éxito de las aplicaciones está por el lado de la inclusión en la mezcla herbicida, del glifosato, minimizando la acción del oxadiazon.

Esta realidad, es en parte, como ya se mencionó en el transcurso de la discusión, debido a la fecha de siembra, época que determina que a la aplicación de los tratamientos, haya una alta población de arroz rojo emergido, situación que capitaliza el uso del glifosato.

No obstante, los buenos controles iniciales del tratamiento solo con glifosato, tendieron con el transcurso del cultivo a enmalezarse, aspecto que se manifiesta al observar la población de plantas de arroz rojo a cosecha y panojas /m².

Es en estas situaciones, que el análisis estadístico no muestra diferencias significativas, pero agronómicamente tiene impacto en la futura infestación con semilla de la maleza al año posterior y en el rendimiento.

Con respecto a los bajos rendimientos obtenidos, corresponde decir que la siembra estuvo fuera de la época recomendada, y que las poblaciones de arroz establecidas fueron bajas.

Los síntomas de fitotoxicidad en el experimento de control del arroz rojo se manifestaron en un atraso al inicio de la floración estando de acuerdo con lo encontrado por Saldain (2002), donde, aparte de los excesos hídricos mencionados anteriormente, se realizó una siembra superficial, ubicando a la semilla en la zona de mayor concentración de herbicida.

Por otra parte se encontró respuesta en el rendimiento al aumentar la dosis de oxadiazon, obteniéndose un máximo cercano a 1 kg i.a/ha aproximadamente.

5. CONCLUSIONES

5.1 SELECTIVIDAD

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, en un suelo con un contenido de materia orgánica de 6,74 % siendo los tratamientos con oxadiazon asperjados previamente a la siembra, las variedades de arroz sembradas en directa no mostraron efectos tóxicos.

La dosis de oxadiazon 0,95 kg i.a/ha, produjo en la variedad EP 144 menores descensos en el número de plantas establecidas, resultando un 20% superior al testigo a los 34 DDS.

5.2 CONTROL DE ARROZ ROJO

Bajo las condiciones que se llevó a cabo este experimento en un suelo con un contenido de materia orgánica de 1,62 %, siembra superficial, manejo del agua para favorecer la disponibilidad del oxadiazon en el suelo e inundación definitiva temprana, se observaron síntomas de fitotoxicidad reflejados en atrasos a la floración.

Los controles superiores y rendimientos mayores se obtuvieron cuando los tratamientos se aplicaron en la época 3 DAS comparado con la 18 DAS.

Los tratamientos solo con glifosato 3 DAS lograron buenos controles de plantas de arroz rojo, pero en el transcurso del cultivo se enmalezaron nuevamente.

La población de panojas de arroz rojo/m² a la cosecha, fue afectada por la dosis de oxadiazon comparado con el testigo absoluto, correspondiendo los mínimos físicos obtenidos en los modelos a 0,765 kg i.a/ha con una reducción del 99 % cuando se aplicó en mezcla, siendo de 0,998 kg i.a/ha con un control del 85% cuando se aplicó en secuencia.

En cuanto el rendimiento de arroz, se obtuvo un máximo físico con 0,972 kg i.a/ha de oxadiazon para la mezcla de tanque y con 1,273 kg i.a/ha para la secuencia, incrementándose la productividad en un 83% y 86% sobre el modelo ajustado, respectivamente.

El porcentaje de arroz rojo en la muestra de arroz, independientemente de la forma de aplicación, disminuyó linealmente con el aumento de la dosis de oxadiazon, llegando a niveles dentro de la tolerancia de recibo (< 5%).

6. RESUMEN

Se condujeron dos experimentos en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres en el año agrícola 2003-2004. En el primer experimento el objetivo fue evaluar la selectividad del oxadiazon, aplicado en las variedades INIA Tacuarí (*Oryza sativa* L. *japónica*) y El Paso 144 (*Oryza sativa* L. *indica*). El objetivo del segundo experimento fue determinar la eficiencia del oxadiazon en el control del arroz rojo (*Oryza* spp), siendo utilizada la variedad INIA Tacuarí. En el experimento 1 las épocas de aplicación fueron a los 15 días antes de la siembra (DAS) y 1 DAS, mientras que en el experimento 2 las aplicaciones se realizaron 18 DAS y 3 DAS. Las formas de aplicación evaluadas fueron oxadiazon en mezcla de tanque con glifosato (1,8 kg i.a./ha) y en secuencia de aplicación de ambos productos el mismo día. Las dosis de oxadiazon utilizadas en ambos experimentos fueron 0,6; 0,95 y 1,3 kg i.a./ha. Los tratamientos originados de la combinación de los niveles entre los tres factores bajo estudio (época de aplicación, forma de aplicación y dosis de oxadiazon), en el experimento 1, tuvieron un arreglo factorial más un testigo por época de aplicación, solo con la aplicación de glifosato. En el experimento 2, se evaluaron los mismos tratamientos más un testigo absoluto para cada época de aplicación. Se dispuso un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en cada experimento. Las medidas tomadas en el experimento 1 fueron la evolución de la emergencia, altura de planta, midiendo previo a la cosecha panojas de arroz/m². En el experimento 2 las medidas realizadas fueron número de plantas de INIA Tacuarí a los 29 DDS, evolución de la infestación de arroz rojo, panojas de arroz rojo a cosecha, rendimiento en grano de INIA Tacuarí y porcentaje de arroz rojo en el arroz. En el experimento 1 la selectividad lograda en ambas variedades fue buena, independientemente de la época de aplicación, la forma de aplicación y la dosis de oxadiazon, no evidenciándose síntomas de fitotoxicidad asociadas a pérdidas de plantas en la emergencia y atrasos a la floración. En la variedad EP 144, de los tratamientos aplicados en secuencia, en la época 1 DAS, la dosis de 0,95 kg i.a./ha de oxadiazon presentó significativamente un mayor número de plantas/m² a los 32 DDS que el testigo, no ocurriendo lo mismo en la mezcla de tanque, mientras que para INIA Tacuarí no se detectaron diferencias entre estos tratamientos. En promedio, EP 144 presentó un mayor número de panojas de arroz/m², no obstante solo la dosis de 0,95 kg i.a./ha aplicado en secuencia alcanzó significativamente valores superiores que INIA Tacuarí, mientras que ninguna de las diferencias entre las variedades fueron significativas cuando se aplicaron los tratamientos como mezcla de tanque. En el experimento 2 no se detectaron diferencias entre las plantas de INIA Tacuarí logradas a los 29 DDS con ninguno de los tratamientos utilizados. Consistentemente la época de aplicación 3 DAS obtuvo significativamente los menores valores de panojas de arroz rojo/m² a la cosecha. En la época de aplicación 3 DAS el número de panojas de arroz rojo presentó una reducción del 99% en el mínimo del modelo ajustado para la mezcla de tanque (0.775 kg i.a./ha) y una reducción del 85% para la secuencia (0.95 kg i.a./ha) frente al testigo absoluto, mientras que frente al testigo solo con glifosato presentó una reducción del 84% para la mezcla de tanque (0.95 kg i.a./ha) y una reducción del 95% para la secuencia (0.95 kg i.a./ha). El rendimiento de arroz fue en todos los casos superior en la época de aplicación 3 DAS frente a la época 18 DAS. El incremento en el rendimiento entre el testigo absoluto y el máximo físico en el modelo ajustado fue de 83% para la mezcla de tanque (0.927 kg i.a./ha) y de 86% para la secuencia (1.273 kg i.a./ha), mientras que el incremento en el rendimiento (datos reales) entre el testigo solo con glifosato y el máximo físico fue de 22% y 25% para la mezcla de tanque y la secuencia respectivamente con la dosis de oxadiazon 1.3 kg i.a./ha en ambos casos. El porcentaje de arroz rojo tuvo un descenso lineal con el aumento de la dosis de oxadiazon. La dosis intermedia logró porcentajes de arroz rojo menores que los fijados como base de recibo (<5%), mientras que la dosis alta obtuvo niveles menores a la base de comercialización (<1%), llegando a niveles dentro de la tolerancia de recibo.

Palabras claves

Oryza sativa L.; oxadiazon; selectividad; variedades de arroz; control de arroz rojo; comportamiento de herbicidas en el suelo; manejo del agua

7. SUMMARY

Two field experiments were conducted at the Paso de la Laguna Experimental Unit belonging to INIA Treinta y Tres in 2004-2005. In the experiment 1, the objective was to evaluate oxadiazon selectivity on INIA Tacuarí (*Oryza sativa* L. *japonica*) and EP 144 (*Oryza sativa* L. *indica*). The objective in the experiment 2 was to determine oxadiazon efficiency in the red rice control (*Oryza* spp.), being seeded INIA Tacuarí. In the experiment 1, the times of application were 15 days before seeding (DBS) and 1 DBS, but in the experiment 2 those were 18 and 3 DBS. The application forms studied were oxadiazon tank mixed with glyphosate (1,8 kg a.i./ha) and a sequential application of glyphosate followed by oxadiazon in the same day. Oxadiazon rates used were 0,6; 0,95 and 1,3 kg a.i./ha in both experiments. Treatments studied were a combination of the different levels of each factor under research (time of application and form, and oxadiazon rate). In the experiment 1, treatments were as a factorial array plus a check with glyphosate applied alone in every time of application. In the experiment 2, the same treatments were evaluated plus an absolute check (without any herbicide treatment) in every time of application. The experiment layout of the treatments was under a completed randomized blocks design (CRBD) with three replications in each experiment. In the experiment 1, the variables taken were evolution of emergence of rice plants, plant height and rice panicles/m² at harvest. In the experiment 2, rice plants/m² at 29 days after seeding (29 DAS), evolution of red rice infestation, red rice panicles/m² at harvest, rice yield and red rice grains percentage were recorded. In the experiment 1, oxadiazon selectivity was very good regardless of variety, time of application, application form and oxadiazon rate, so that toxicity symptoms were not observed in relation to plants lost in the emergence, neither delay of heading. For EP 144, the rate of 0,95 kg a.i./ha applied as a sequential form at 1 DBS showed significantly more plants/m² at 32 DAS than the check; however, there was no difference between them when it was applied as tank mixed. For INIA Tacuarí, there were no differences between those treatments. In average, EP 144 showed significantly more panicles/m² than INIA Tacuarí, but only at the 0,95 kg a.i./ha rate applied in a sequence, EP 144 reached significantly greater number than the other variety; however, any of oxadiazon rates showed significant differences between varieties when treatments were tank mixed applied. In the experiment 2, any of the treatments evaluated showed differences for rice plants/m² at 29 DAS. The time of application 3 DBS always had significantly lower red rice panicles/m² at harvest. *At 3 DBS using the absolute check, a minimum was obtained over the fitted model for tank mixed application (0,775 kg air. /ha) that showed 99% decrease in red rice panicles/m², but also a minimum was reached for sequential application (0,95 kg air. /ha), getting an 85% decrease. At the same time of application using as a check with glyphosate applied alone (raw data), it was observed that the 0,95 kg a.i./ha rate showed a decrease of 84% for tank mixed application and 95% of reduction for a sequential application. With regard of rice yield, the time of application 3 DBS had significantly higher yield than 18 DBS. The yield increase between the absolute check and the maximum obtained in the fitted model was 83% for tank mixed application (0,927 kg a.i./ha) and 86% for the sequential application (1,273 kg a.i./ha), however, the yield increase (raw data) between the check with glyphosate applied alone and the maximum in the model adjusted showed 22% and 25% for tank mixed and sequential application, respectively; reaching the maximum with 1,3 kg a.i./ha in both cases. The red rice percentage showed a decrease linear with the increasing of oxadiazon rates. At the 0,95 kg a.i./ha rate, the red rice percentage was lower than receive tolerance (5%), instead, at the 1,3 kg a.i./ha rate it was lower than the base for applying a premium or a discount (1%).*

Keywords

Oryza sativa L.; oxadiazon; selectivity; rice; variety; red rice control; herbicide soil activity; water management

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ABUD, J. K. 1983. Efeito de herbicidas pre-emergentes en dois sistemas de sementeira do arroz irrigado. In Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. (12^a , 1983, Porto Alegre). IRGA. 274 p.
2. AICHELE, T.M.; PENDER, D. 2005. Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. *Weed Technology*. 19, pp 154-159
3. AMARAL, A. S.; CARDOSO, E. S. 1983. Efeitos de herbicidas na emergencia de plântulas de cultivares de arroz. *Lavoura Arrozeira*. Porto Alegre. 36 (345): pp 7-12
4. AMBROSI, D.; HELLING, C.S.1977. Leaching of oxadiazón and Phosalone in Soils. . *J. Agric. Food Chem*. 25, (1) pp215-217
5. _____; KEARNEY, P.C.; MACCHIA, J.A. 1977. Persistence and metabolism of oxadiazon in Soils. *J. Agric. Food Chem*. 25, (4) pp868-872
6. ANDERSON, W.P. 1996. *Weed Science. Principles and Applications*. Third Edition. New Mexico, Las Cruces. 388 pp
7. ANDREA, M. M.; PERES, T. B.; LUCHINI, L. C.; BAZARIN, S.; PAPINI, S.; MATALLO, M. B.; SAVOY, V. L. T. 2003. Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 38 (11): pp 1329-1335.
8. ANDRES, A.; MACHADO, J. L. O. 2004. Plantas daninhas em arroz irrigado. In Arroz irrigado no sul de Brasil. Da Silva, A.; Magallanes A. ed. Brasilia, Df. Embrapa. pp 457-546.
9. ARMBRUST, K.L. 1999. Photochemical processes influencing pesticide degradation in rice paddies. *Journal Pesticide Science*. 24, pp 69-73
10. AVILA, L. A., LEE, D. J., SENSEMAN, S. A., McCAULLEY, G. N., CHANDLER, J. M., AND COTHREN, J. T. 2005. Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to Imazethapyr in red rice ecotypes (*Oryza sativa* spp) and Imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties. *Pest Management Science*. 61: pp 171-178.
11. BARRETT, M.R.; LAVY, T.L. 1984. Effects of soil water content on oxadiazon dissipation. *Weed Science*. 32, pp 697-701

12. CALVET, R. 1980. Adsorption-Desorption phenomena. In Interaction between herbicides and the soil. R.J. Hance ed. . London. Academic Press. pp 1-30
13. CARRINGER, R.D.; WEBER, J.B; MONACO,T.J. 1975. Adsorption-Desorption of selected pesticides by organic matter and montmorillonite. J. Agric. Food Chem. 23, (3) pp 568-572
14. CHEBATAROFF, N. 1999. Arroz rojo, importancia y control. Arroz año V. 19, IV época: pp 40-44.
15. CHUNG, N.J., PAEK, N. C. 2003. SEED, Photoblastim and Ecophysiology of seed Germination in Weedy Rice. Agronomy Journal volume 95: pp 184-190.
16. CORNISH, P. S. 1992. Glyphosate residues in a sandy soil affect tomato transplants. Australian Journal of Experiment Agriculture. Vol. 32: p 395-399.
17. CROUGHAN, T. 1998. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho (1° 2001, Porto Alegre). IRGA. 65 p.
18. DAS, A.C.; DEBNATH, A.; MUKHERJEE, D. 2003. Effect of the herbicides oxadiazón and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistence in rice fields. Chemosphere 53, pp217-221.
19. DESCHAMPS, F. C.; NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; HERMES, L. C.; KNOBLAUCH, R. 2003. Resíduos de agroquímicos en aguas nas areas de arroz irrigado, em Santa Catarina. In Reuniao da Cultura do arroz Irrigado. (25ª, 2003, Camboriú, Santa Catarina) Anais. EPAGRI. pp 683-685.
20. DIARRA, A., SMITH, R. Jr., TALBERT, R.E. 1985a. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice. Weed Science 1985. Volume 33: pp 644-649.
21. _____, SMITH, R. Jr., TALBERT, R. 1985b. Growth and Morphological Characteristics of Red Rice (*Oryza sativa*) Biotypes. Weed Science 1985. Volume 33: pp 310-314.
22. DILDAY, R. H., MGONJA, M. A., AMONSILPA, S. A., COLLINS F. C., WELLS B.R., 1990. Plant Height vs. Coleoptile elongation in Rice: Linkage or Pleiotropism?. Crop Science 1990. Volume 30: pp 815-818.
23. DUKE, S. O.; LYDON, J.; BECERRIL, J.; SHERMAN, T. D.; LEHNEN, L. P. Jr.; MATSUMOTO, H. 1991. Protoporphyrinogen Oxidase-Inhibiting Herbicides. Weed Science. Vol. 39: 465-473.

24. EL-KHADEM, M.; NAGIB, M.M; TEWFIK, M.S. 1973. The effect of certain nitro-herbicides on the growth of some soil inhabiting-fungi. *Zentralblatt fur Bacteriologie, Parasitenkunde Infektionskrankheiten und Hygiene,II.* 128, (7/8) pp780-786
25. FERRERO, A.; VIDOTTO, F.; BALSARI, P.; AIROLDI, G. 1999. Mechanical and chemical control of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) in rice (*Oryza sativa* L.) pre-planting. *Crop Protection.* Vol. 18: pp 245-251.
26. _____; VIDOTTO, F. 2002. Biology and control of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) infesting Italian rice fields. *In* Proceedings of the Second Temperate Rice Conference. Hill J. E. and Hardy B., ed. 2002. Los Baños (Filipinas): International Rice Research Institute. 714 p.
27. FISCHER, A. 1998. Manejo integrado de arroz rojo. *In* Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho. (1º, 2001, Porto Alegre). *Anais. IRGA.* pp 93-99.
28. FLECK, N. G. 2001. Utilização de índices de risco toxicológico e de impacto ambiental para recomendação de herbicidas na cultura de arroz. *In* Reuniao da Cultura do Arroz Cultivado. (24ª, 2001, Porto Alegre). *Anais. IRGA.* pp 470-473.
29. GAMARRA, G. 1996. *Arroz: Manual de producción.* 1ª ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 440 pp.
30. GARRIDO, T.; COSTA, C.; FRAILE, J.; OREJUDO, E.; NIÑEROLA, J. M.; GINEBREDÁ, A.; OLIVELLA, L.; FIGUERAS, M. 1998. Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. *In* Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. (1ª, 1998, Valencia). pp 127-132.
31. GEALY, D. R., SALDAIN, N.E., TALBERT, R. E. 2000. Emergence of Red Rice (*Oryza sativa*) Ecotypes Under Dry-Seeded Rice (*Oryza sativa*) culture. *Weed Technology* 2000. Volume 14: pp 406-412.
32. GUTH, J.A. 1980. The study of transformations. *In* Interaction between herbicides and the soil. R.J. Hance ed. London. Academic Press. pp 123-158.
33. HARPER, S. S. 1994. Sorption-Desorption and herbicide behaviour in soil. *In* Reviews of weed science. Duke, O. ed. Weed Science Society of America. 6 (1994): pp 209-221.
34. HELPERT, C. W. 1981. Dormancy, germination and emergence of red rice (*Oryza sativa* L.). Doctor of Philosophy. Texas, U.S.A., Texas A&M University. 93 p.

35. HOQUE, M. E. & WILKINS, R. M. 2000. Abstract for poster "Evaluation of extraction methods of oxadiazón for a sandy clay loam soil". In the abstract book of third SETAC World Congress. (2000, Brighton, United Kingdom). SETAC.
36. _____; WILKINS, R. 2002. Adsorption and desorption of oxadiazon in rice field soils of Bangladesh. <http://abstracts.co.allanpress.com/pweb/setaceu2002/document/>
37. HWANG, I. T.; HONG, K. S.; CHOI, J. S.; KIM, H. R.; JEON, D. J.; CHO, Y. 2004. Protoporphyrinogen IX-oxidizing activities involved in the mode of action of a new compound N-[4-chloro-2-fluoro-5-{3-(2-fluorophenyl)-5-methyl-4,5-dihydroisoxazol-5-yl-methoxy}-phenyl]-3,4,5,6-tetrahydrophthalimide. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 80: pp 123-130.
38. JENKINS, S.R; WHETJE, G.R; MORGAN, J.M; BOLLINGER, A.F; YOUNG, D.G. 2000. Temperature effects on retention of atrazine and imazapyr on soils. *Water, Air, and Soil Pollution*. 118, pp169-178
39. KWON, S. L., SMITH, R. J. Jr., TALBERT, R. E. 1992. Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice (*O. Sativa*). *Weed Science* 1992. Volume 40: pp 57-62.
40. LANGEVIN, S. A., CLAY, K., GRACE J. B. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weedy red rice (*Oryza sativa* L.) *Evolution* 1990. Volume 44 (4): pp 1000-1008
41. LEE, D.J.; SENSEMAN, S.A.; O'BARR, J.H.; McCAULEY, G.N.; KUK, Y.I. 2004. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. *Weed Science*. 52, pp 310-318.
42. LEGUIZAMÓN, E.; FACCINI, D.E.; PURICELLI, E. 2000. Dinámica de los herbicidas en el suelo. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/malezas/cursos.htm>.
43. LIESTRA, M. 1980. Transport in Solution. In Interaction Between Herbicides and the Soil. R. J. Hance ed. London. Academic Press. Pp 31-58.
44. MA, J; XU, L. 2002. A quick, simple and accurate method of screening herbicide activity using green algae cell suspension cultures. *Weed Science*, 50, pp555-559.
45. MARCHEZAN, E. 1998. Sistemas e cultivo e rotação de culturas no controle do arroz vermelho. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho. (1º, 2001, Porto Alegre). Anais. IRGA. pp 69-81.

46. _____; ZANELLA, R.; DE AVILA, L. A.; ROBAINA, A. D.; MACEDO, V. R. M.; MENEZES, V. G.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; PIMENTEL, E. G.; MARZARI, V. 2001. Dispersão de pesticidas e nutrientes nas águas da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim durante o período de cultivo do arroz. In Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. (14ª, 2001, Porto Alegre) Anais. IRGA. pp 816-817.
47. _____; DE AVILA, L. A.; ANDRES, A.; MAGALHANES, A.; OLIVEIRA, S.; PETRINI, J. 2004. Controle do arroz vermelho. In Arroz irrigado no sul de Brasil. Da Silva, A.; Magallanes A. ed. Brasilia, Df. Embrapa. pp 547-572.
48. MARIN, A. 1998. Situación del arroz colorado en la Argentina. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho (1º 2001, Porto Alegre). IRGA. pp 45-48.
49. MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. C. R.; DIAS, S. L. P.; PRATA, F.; OLIVEIRA, E. C. 2001. Monitoriamiento ambiental do glifosate e de seu metabólito (ácido aminometilfosfónico) en águas de lavouras de arroz irrigado. In Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. (14ª, 2001, Porto Alegre). Anais. IRGA. Pp 802-804.
50. McDOWEL, R.W; CONDRON, L.M; MAIN, B.E.; DASTGHEIB, F. 1997. Dissipation of imazapyr, flumetsulam and thifensulfuron in soil. *Weed Research*. 37, pp381-389
51. MENEZZES, V. 1998. Ecofisiología do arroz vermelho. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho (1º 2001, Porto Alegre). IRGA. pp 51-54.
52. MODERNEI, R. 2002. Guía para la protección y fertilización vegetal. Octava adición. Uruguay, Alfatrade. 461 pp
53. NOLDIN, J. Situação do arroz vermelho no Brasil. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho (1º 2001, Porto Alegre). IRGA. pp. 29-33.
54. PAEZ, O. E.; ALMEIDA, N. C. 1994. Control integrado de malezas en arroz bajo riego en el estado de Portuguesa. *Agronomía Tropical*. 44 (2): pp 245-262.
55. PETRINI, J. 1998. Manejo para la redução do banco de sementes de arroz vermelho do solo. In Seminario Latino Americano Sobre Arroz Vermelho. (1º, 2001, Porto Alegre). IRGA. pp 83-89
56. RAMOS, M. G. 1982. Controle químico de arroz vermelho no sistema de preparo do solo por inundação em Santa Catarina. *Planta Daninha*. V (1): pp 6-14.
57. RESGALLA JR., C; NOLDIN, J.A; LIMA DOS SANTOS, A; GOSUKE, S; EBERHARDT, D.S. 2001. Teste de toxicidade aguda de agrotóxicos utilizados na

- cultura do arroz irrigado sobre Juvenis de Carpa. In Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. (24^a, 2001, Porto Alegre). Anais. IRGA. pp 813-815.
58. SALDAIN, N.E 2002. Eficiencia del ronstar mezclado en el tanque con roundup en el control del arroz rojo en siembra directa. In ARROZ Resultados experimentales 2001-2002 INIA Treinta y Tres (Uruguay) Actividad de difusión N° 292, cap 5, pp 26-31
 59. _____ 2003. Eficiencia del ronstar mezclado en el tanque con roundup en el control del arroz rojo en siembra directa. In Reporte técnico anual 2003. Area Cultivos, programa nacional de arroz. RTA 01 (01) cap 7 pp 23-30.
 60. SCOW, K.M. 1993. Effect of Sorption-Desorption and diffusion processes on the kinetics of biodegradation of organic chemicals in soil. In Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil. S.H. Mickelson ed. Madison, WI, SSSA Special Publication no.32, pp 73-114
 61. SIENKO, M.J.; PLANE, R.A. 1972. Química teórica y descriptiva. 1^a edición-1^a reimpresión. España, Aguilar s a de ediciones. 710 pp
 62. SILVERTOWN, J. W. AND LOVETT DUST J. 1993. . Introduction to Plant Population Biology. 3a. Oxford. Bckwell Scientific Publications. 210 p.
 63. SMITH, R. Jr. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. Sativa*). Weed Science. Volume 29: 663-666.
 64. SUDO, M.; KUNIMATSU, T.; OKUBO, T. 2002. Concentration and loading of pesticide residues in Lake Biwabasin (Japan). Water Research 36 (2002): pp 315-329.
 65. TAKAHASHI, N. 1995. Physiology of seed germination and dormancy. In Matuso, T.; Kumazawa, K.; Ishii, R.; Ishihara, K.; Hirata, H. ed. Science of the rice plant. Vol. II. Physiology. Tokyo (Japan): Food and Agriculture Policy Research Center. 35-65.
 66. TAMANAHA, M.D.S; RESGALLA JR., C; RÖRIG, L.; CHACÓN, P.Z.; NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; BEAUMORD, A.C. 2003. Avaliação da toxicidade de seis agroquímicos utilizados na cultura de arroz irrigado em teste de inibição de crescimento algal. In Reuniao da Cultura do arroz Irrigado. (25^a, 2003, Camboriú, Santa Catarina) Anais. EPAGRI. pp 683-685.
 67. TIEBAS, A. 1999. Control de arroz salvaje o arroz Silvestre (*Oryza sativa* L.) en campos de arroz en Navarra. In Congreso 1999 de la Sociedad Española de

- Malherbología. (1ª, 1999, Logroño). Actas. Logroño. Comunidad autonoma de La Rioja. pp 189-193.
68. TORSTENSSON, L. 1980. Role of microorganisms in decomposition. . In Interaction between herbicides and the soil. R.J. Hance ed. . London. Academic Press . pp 159-178
69. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA. 1988. Decreto N° 321/188, del 13 de abril de 1988, sobre las bases de comercialización, tolerancia de recibo, bonificaciones, deducciones y demás especificaciones relativas a la comercialización del arroz cáscara.
70. VIDOTTO, F., FERRERO, A. 2000. Germination behaviour of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. INRA, EDP Science 2000. Agronomie 20: 375-382.
71. WALKER, A. 1987. Herbicide persistence in soil. In Reviews of weed science 3. C.L. Foy ed. Blacksburg, Virginia, Weed Science Society of America. pp1-18
72. WANG, Q.; LIU, W. 1999. Corelation of imazapyr adsorption and desorption soil properties. Soil Science. 164, (6) pp 411-416
73. WEBER, J.B. 1991. Fate and behaviour of herbicides in soils. Applied Plant Science. 5 (1) pp 28-41
74. _____.1994. Properties and behaviour of pesticides in soil. In Mechanisms of pesticide movement into ground water. Richard C. Honeycutt and Daniel J. Schabacker ed. Boca Raton, Florida, Lewis Publishers. pp15-41.
75. _____.; WILKERSON, G.G.; REINHARDT, C.F. 2004. Calculating pesticide sorption coefficients (Kd) using selected soil properties. Chemosphere 55, pp157-166
76. WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 2002. Herbicide handbook. Eight Edition
77. WEHTJE, G.R.; GILIAM, C.H.; HAJEK, B.F. 1993. Adsorption, Desorption, and leaching of oxadiazón in container media and soil. HortScience. 28, (2) pp126-128
78. YING, G.G.; WILLIAMS, B.1999. The degradation of oxadiazón and oxyfluorfen by photolysis. J. Environ. Sci. Health, B34(4) pp 549-567
79. _____.; WILLIAMS, B. 2000a. Disipation of herbicides in soil and grapes in a South Australian vineyard. Agriculture, Ecosystems and Environment 78, pp 283-289

80. _____; WILLIAMS, B. 2000b. Laboratory study on the interaction between herbicides and sediments in water systems. *Environmental Pollution* 107, pp399-405
81. _____; WILLIAMS, B. 2000c. Mobility and persistence of four herbicides in soil of a South Australian vineyard. *Pest Management. Science.* 56, pp277-283
82. ZORRILLA DE SAN MARTIN, G. 1992. Arroz rojo conózcalo y combátalo. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación N° 20. p 17.
83. _____, ACEVEDO, A. AND OXLEY, M. 2002. Seed longevity in the soil of japonica and indica rice cultivars and red rice. In *Proceedings of the Second Temperate Rice Conference.* Hill J. E. and Hardy B., ed. 2002. Los Baños (Filipinas): International Rice Research Institute. 714 p.

9. ANEXOS

Anexo N° 1 Emergencia de plantas de arroz del EP 144 para las fechas analizadas

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 9 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	63.16666667	31.58333333	2.40	0.1141
Forma aplicación	1	0.69444444	0.69444444	0.05	0.8204
Dosis oxadiazon	2	1.50000000	0.75000000	0.06	0.9447
Epoca aplicación	1	26.69444444	26.69444444	2.03	0.1684
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	25.38888889	12.69444444	0.96	0.3966
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	19.05555556	9.52777778	0.72	0.4960
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	6.25000000	6.25000000	2.03	0.1684
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	36.50000000	18.25000000	1.39	0.2709
Error	22	289.50000000	13.1590909		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 11 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	24630.72222	12315.36111	6.07	0.0080
Forma aplicación	1	7685.44444	7685.44444	3.79	0.0645
Dosis oxadiazon	2	4688.72222	2344.36111	1.16	0.3334
Epoca aplicación	1	2773.77778	2773.77778	1.37	0.2549
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	437.38889	218.69444	0.11	0.8983
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	2809.72222	1404.86111	0.69	0.5110
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	2085.44444	2085.44444	1.03	0.3217
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	3344.38889	1672.19444	0.82	0.4517
Error	22	44643.27778	2029.23990		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 13 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Covariable Penetrometro	1	9438.51676	9438.51676	3.69	0.0686
Bloque	2	16167.49909	8083.74954	3.16	0.0633
Forma aplicación	1	10034.02230	10034.02230	3.92	0.0610
Dosis oxadiazon	2	5861.74413	2930.87206	1.14	0.3374
Epoca aplicación	1	16343.57757	16343.57757	6.38	0.0196
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	250.06887	125.0344	0.05	0.9525
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	1259.03603	629.51801	0.25	0.7843
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	1127.60594	1127.60594	0.44	0.5142
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	1493.62311	746.81156	0.29	0.7500
Error	21	53774.1499	2560.6738		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 15 días después de la siembra de la variedad EP 144

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	880.66667	440.33333	0.18	0.8374
Forma aplicación	1	21170.25000	21170.25000	8.60	0.0077
Dosis oxadiazon	2	25200.50000	12600.25000	5.12	0.0149
Epoca aplicación	1	10712.25000	10712.25000	4.35	0.0488
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	1236.16667	618.08333	0.25	0.7801
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	3663.16667	1831.58333	0.74	0.4867
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	4830.25000	4830.25000	1.96	0.1752
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	8590.16667	4295.08333	1.75	0.1979
error	22	54147.3333	2461.2424		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 18 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	6291.05556	3145.52778	1.26	0.3029
Forma aplicación	1	22550.02778	22550.02778	9.04	0.0065
Dosis oxadiazon	2	30998.72222	15499.36111	6.22	0.0072
Epoca aplicación	1	5852.25000	5852.25000	2.35	0.1398
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	6632.05556	3316.02778	1.33	0.2849
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	9458.16667	4729.08333	1.90	0.1738
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	21073.36111	21073.36111	8.45	0.0082
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	10624.38889	5312.19444	2.13	0.1426
Error	22	54854.2778	2493.3763		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 22 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	9518.00000	4759.00000	1.66	0.2133
Forma aplicación	1	15458.77778	15458.77778	5.39	0.0299
Dosis oxadiazon	2	22686.00000	11343.00000	3.95	0.0341
Epoca aplicación	1	2635.11111	2635.11111	0.92	0.3483
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	6497.55556	3248.77778	1.13	0.3403
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	15444.22222	7722.11111	2.69	0.0900
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	23002.77778	23002.77778	8.02	0.0097
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	11934.88889	5967.44444	2.08	0.1488
Error	22	63116.6667	2868.9394		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 27 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3588.50000	1794.25000	0.79	0.4655
Forma aplicación	1	17117.36111	17117.36111	7.55	0.0117
Dosis oxadiazon	2	17541.50000	8770.75000	3.87	0.0363
Epoca aplicación	1	261.36111	261.36111	0.12	0.7373
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	5071.72222	2535.86111	1.12	0.3444
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	7477.38889	3738.69444	1.65	0.2149
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	21170.25000	21170.25000	9.34	0.0058
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	8733.16667	4366.58333	1.93	0.1693
Error	22	49845.5000	2265.7045		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 34 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1632.66667	816.33333	0.34	0.7136
Forma aplicación	1	17956.0000	17956.0000	7.54	0.0118
Dosis oxadiazon	2	17011.16667	8505.58333	3.57	0.0454
Epoca aplicación	1	87.11111	87.11111	0.04	0.8501
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	3753.16667	1876.58333	0.79	0.4673
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	7861.72222	3930.86111	1.65	0.2149
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	12693.77778	12693.77778	5.33	0.0308
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	13655.05556	6827.52778	2.87	0.0783
Error	22	52405.333	2382.0606		

Anexo N° 2 Prueba de jar test para la mezcla de los herbicidas oxadiazon y glifosato mostrando lo ocurrido con esta mezcla instantes después.

Anexo N° 3 Cuadro resumen con la significancia ($Pr > F$) detectadas por el ANAVA para las relaciones entre los factores desde los 18 DDS hasta los 34 DDS

Modelos	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34DDS
Lineal	0.0477	0.0534	0.0864	0.0747
Cuadrático	0.0096	0.660	0.450	0.0355
Ep*Dos lineal	0.8319	0.5470	0.3684	0.9538
Ep*Dos cuadrático	0.4928	0.5934	0.2685	0.7730
Ep*Dos lineal	0.3776	0.6796	0.3764	0.3270
Ep*Dos cuadrático	0.6802	0.6301	0.5000	0.4523
Ep*Dos*fa lineal	0.0713	0.1336	0.2658	0.4229
Ep*Dos*fa cuadrático	0.1207	0.3158	0.3158	0.0664

Anexo N° 4 Cuadro resumen con la significancia del ajuste de los modelos de regresión para la dosis de oxadiazon conjuntamente con el R^2 de estos entre los 18 DDS y los 34 DDS

	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34DDS
Modelo	0.0348	0.0945	0.0929	0.0933
R^2	0.184150	0.133217	0.134102	0.133887

Anexo N° 5 ANAVAS para la variable altura de planta de EP 144 entre los 13 y 32 DDS en el experimento de Selectividad

Cuadro de ANAVA para la variable Altura a los 13 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.15636285	0.07818142	0.49	0.6185
Epoca aplicación	1	1.01673611	1.01673611	6.39	0.0192
Forma aplicación	1	0.00085069	0.00085069	0.01	0.9424
Dosis oxadiazon	2	0.73631073	0.36815538	2.31	0.1226
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	0.29340278	0.29340278	1.84	0.1884
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	0.02724826	0.01362413	0.09	0.9183
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.04068576	0.02034288	0.13	0.8807
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	0.15776910	0.07888455	0.50	0.6159
Error	22	3.50259549	0.15920889		

Cuadro de ANAVA para la variable Altura a los 15 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	13.59924479	6.79962240	15.94	<0.0001
Epoca aplicación	1	0.20626736	0.20626736	0.48	0.4941
Forma aplicación	1	0.44444444	0.44444444	1.04	0.3185
Dosis oxadiazon	2	1.19455729	0.59727865	1.40	0.2676
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	0.00918403	0.00918403	0.02	0.8847
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	0.48349826	0.24174913	0.57	0.5754
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	1.35000868	0.67500434	1.58	0.2280
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	0.79068576	0.39534288	0.93	0.4107
Error	22	9.38367187	0.42653054		

Cuadro de ANAVA para la variable Altura a los 18 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	9.31808160	4.65904080	23.21	<0.0001
Epoca aplicación	1	2.22506944	2.22506944	11.09	0.0030
Forma aplicación	1	0.01460069	0.01460069	0.07	0.7899
Dosis oxadiazon	2	1.68370660	0.8485330	4.19	0.0286
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	1.11126736	1.11126736	5.54	0.0280
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	1.33516493	0.66758247	3.33	0.0547
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.84089410	0.42044705	2.09	0.1470
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	0.60381076	0.30190538	1.50	0.2442
Error	22	4.41535590	0.20069800		

Cuadro de ANAVA para la variable Altura a los 22 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Covariable Penetrometro	1	2.03586456	2.03586456	3.75	0.0664
Bloque	2	5.00766087	2.50383044	4.61	0.0219
Epoca aplicación	1	1.65897514	1.65897514	3.06	0.0951
Forma aplicación	1	0.48474749	0.48474749	0.89	0.3555
Dosis oxadiazon	2	1.34621218	0.67310609	1.24	0.3098
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	0.20906314	0.20906314	0.39	0.5416
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	0.07308759	0.03654379	0.07	0.9351
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.29294594	0.14647297	0.27	0.7662
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	1.20686060	0.60343030	1.11	0.3477
Error	21	11.40306773	0.54300323		

Cuadro de ANAVA para la variable Altura a los 32 días después de la siembra de la variedad EP 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Covariable Rugosimetro	1	1.83327966	1.83327966	2.99	0.0982
Bloque	2	11.78141421	5.89070711	9.62	0.0011
Epoca aplicación	1	4.89536659	4.89536659	7.99	0.0101
Forma aplicación	1	0.07053320	0.07053320	0.12	0.7377
Dosis oxadiazon	2	1.54478677	0.77239339	1.26	0.3039
Forma aplicación * Epoca aplicación	1	0.060075561	0.060075561	0.98	0.3332
Dosis oxadiazon * Epoca aplicación	2	0.61101674	0.30550837	0.50	0.6142
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	2.49796004	1.24898002	2.04	0.1550
Forma aplicación * Epoca aplicación * Epoca aplicación	2	0.26786380	0.13393190	0.22	0.8053
Error	21	12.85872555	0.61232026		

Anexo N° 6 Resultado de los ANAVAS para la variable Panojas de arroz de la Variedad EP 144 en el experimento de selectividad.

Cuadro de ANAVA para la variable Panojas/ m2 de la variedad El Paso 144.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	242.55556	121.02778	0.04	0.9593
Epoca aplicación	1	11999.25000	11999.25000	4.12	0.0546
Forma aplicación	1	7140.25000	7140.25000	2.45	0.1314
Dosis oxadiazon	2	9682.72222	4841.36111	1.66	0.2123
Epoca aplicación*Forma aplicación	1	434.02778	434.02778	0.15	0.7030
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	8568.50000	4284.25000	1.47	0.2510
Epoca aplicación*Dosis oxadiazon	2	12304.50000	6152.25000	2.12	0.1445
Epoca aplicación*Forma aplicación *Dosis oxadiazon	2	1718.05556	859.02778	2.93	0.0747
error	22	63991.2768	2908.6944		

Anexo N°7 ANANAS para la variable panojas de la Variedad El Paso 144, para ambas formas de aplicación incluyendo a los testigos en los análisis.

Cuadro de ANAVA para la variable Panojas/ m2 de la variedad El Paso 144 según mezcla.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	7492.3333	3746.16667	1.24	0.3193
Epoca aplicación	1	1837.50000	1837.50000	0.61	0.4485
Dosis oxadiazon	3	23161.50000	7720.50000	2.56	0.0971
Epoca aplicación*Dosis oxadiazon	3	24624.83333	8208.27778	2.72	0.0844
error	14	42301.66667	3021.54762		

Cuadro de ANAVA para la variable Panojas/ m2 de la variedad El Paso 144 en secuencia.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	5398.08333	2699.04167	0.92	0.4214
Epoca aplicación	1	301.04167	301.04167	0.10	0.7535
Dosis oxadiazon	3	14853.12500	4951.04167	1.69	0.2153
Epoca aplicación*Dosis oxadiazon	3	25903.79167	8634.59722	2.49	0.0696
error	14	41083.91667	2934.56548		

Anexo N° 8 Separaciones de medias por Tukey (P=0.05) para la variedad EP 144 para ambas épocas de aplicación según forma de aplicación.

Secuencia de aplicación.

Kg ia/ha	15 DDS	1 DDS
0	523 ^a	584 ^a
0.6	645 ^a	529 ^a
0.95	605 ^a	619 ^a
1.3	546 ^a	560 ^a
Tukey*	156	

*valores seguidos por la misma letra dentro de cada fila y columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)

Mezcla de Tanque.

Kg ia/ha	15 DDS	1 DDS
0	523 ^a	584 ^a
0.6	599 ^a	568 ^a
0.95	623 ^a	637 ^a
1.3	680 ^a	566 ^a
Tukey*	158	

*valores seguidos por la misma letra dentro de cada fila y columna no difieren significativamente entre sí (P=0.05)

Anexo N° 9 Análisis de varianza para la variable emergencia de plantas de INIA Tacuarí dentro del experimento de selectividad

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 11 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Covariable Penetrometro	1	527.2723885	527.2723885	4.50	0.0628
Bloque	2	858.3928759	429.1964380	3.67	0.0684
Forma aplicación	1	71.7564507	71.7564507	0.61	0.4538
Dosis oxadiazon	2	385.4076627	192.7038314	1.65	0.2459
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	827.8704932	413.9352466	3.54	0.0736
Error	9	1053.616500	117.068500		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 13 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	10803.11111	5401.55556	11.85	0.0023
Forma aplicación	1	213.55556	213.55556	0.47	0.5092
Dosis oxadiazon	1	27.44444	13.72222	0.03	0.9704
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	3048.11111	1524.05556	3.34	0.0773
error	10	4558.22222	455.82222		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 15 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	15938.11111	7969.05556	2.87	0.1034
Forma aplicación	1	5202.00000	5202.00000	1.88	0.2009
Dosis oxadiazon	2	9034.77778	4517.38889	1.63	0.2443
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	14466.33333	7233.16667	2.61	0.1227
error	10	27743.88889	2774.38889		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 18 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	6076.00000	3038.00000	0.76	0.4933
Forma aplicación	1	2005.55556	2005.55556	0.50	0.4952
Dosis oxadiazon	2	20431.00000	10215.50000	2.55	0.1272
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	7678.11111	3839.05556	0.96	0.4158
error	10	40021.33333	4002.13333		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 22 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	14175.44444	7087.72222	2.10	0.1735
Forma aplicación	1	1386.88889	1386.88889	0.41	0.5361
Dosis oxadiazon	2	18388.11111	9194.05556	2.72	0.1139
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	15476.77778	7738.38889	2.29	0.1517
error	10	33787.88889	3378.78889		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 27 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	15114.77778	7557.38889	3.16	0.0864
Forma aplicación	1	1386.88889	1386.88889	0.58	0.4640
Dosis oxadiazon	2	13467.11111	6733.55556	2.81	0.1072
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	12267.11111	6133.55556	2.56	0.1262
error	10	23922.55556	2392.25556		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 32 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	15885.77778	7942.88889	3.49	0.0710
Forma aplicación	1	5236.05556	5236.05556	2.30	0.1605
Dosis oxadiazon	2	12528.77778	6264.38889	2.75	0.1118
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	14175.44444	7087.72222	3.11	0.0890
error	10	22784.88889	2278.48889		

Cuadro de ANAVA para la variable emergencia a los 39 días después de la siembra de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	16790.77778	8395.38889	4.17	0.0481
Forma aplicación	1	3146.88889	3146.88889	1.56	0.2395
Dosis oxadiazon	2	7224.11111	3612.05556	1.80	0.2157
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	12964.77778	6482.38889	3.22	0.0832
error	10	20119.22222	2011.92222		

Anexo N° 10 Nivel de significancia de las relaciones detectadas por el ANAVA desde los 18 hasta los 34 DDS para la variable emergencia y probabilidades de los modelos ajustados

Modelos	18 DDS	22 DDS	27 DDS	32 DDS	39 DDS
Lineal	0.3049	0.3968	0.3968	0.5209	0.5711
Cuadrático	0.0754	0.0607	0.0523	0.0483	0.1017
fa*Dos lineal	0.8662	0.8740	0.9969	0.4937	0.5865
fa*Dos cuadrático	0.4628	0.3897	0.4070	0.7511	0.8194

	18 DDS	22 DDS	27 DDS	32 DDS	39 DDS
Modelo	0.0963	0.1537	0.1814	0.2311	0.3837
R ²	0.26081	0.220971	0.203558	0.177434	0.119911

	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34DDS
Modelo	0.0348	0.0945	0.0929	0.0933
R ²	0.184150	0.133217	0.134102	0.133887

Anexo N° 11 ANAVAS de la variable altura de planta de la variedad INIA Tacuarí.

3

Cuadro de ANAVA para la variable Altura de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	9.114000	4.557000	4.01	0.0233
Forma aplicación	1	0.641778	0.641778	0.56	0.4553
Dosis oxadiazon	2	4.588667	2.294333	2.02	0.1419
Fecha	4	3164.386000	791.096500	696.41	<0.0001
Forma aplicación*Fecha	4	0.121556	0.030389	0.03	0.9986
Fecha*Dosis oxadiazon	8	4.314667	0.539333	0.47	0.8690
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	1.710889	0.855444	0.75	0.4755
Forma aplicación * Dosis oxadiazon* Fecha	8	1.412444	0.176556	0.16	0.9956
Error	58	65.886000	1.135966		

Cuadro de ANAVA para la fecha de conteo 15 DDS de la variable Altura en variedad INIA Tacuarí .

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.0877778	0.0438889	0.48	0.6337
Forma aplicación	1	0.0800000	0.0800000	0.87	0.3728
Dosis oxadiazon	2	0.1244444	0.0622222	0.68	0.5299
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.0933333	0.0466667	0.51	0.6165
Error	10	0.9188889	0.0918889		

Cuadro de ANAVA para la fecha de conteo 18 DDS de la variable Altura en variedad INIA Tacuarí .

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.9700000	0.4850000	0.64	0.5475
Forma aplicación	1	0.2688889	0.2688889	0.35	0.5646
Dosis oxadiazon	2	0.5833333	0.2916667	0.38	0.6901
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.14111	0.0705556	0.009	0.9119
Error	10	7.5766667	0.7576667		

Cuadro de ANAVA para la fecha de conteo 22 DDS de la variable Altura en variedad INIA Tacuarí .

Fuente de Var.	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3.82333333	1.91166667	1.73	0.2267
Forma aplicación	1	0.16055556	0.16055556	0.15	0.7112
Dosis oxadiazon	2	1.24633333	0.62166667	0.56	0.5871
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.27444444	0.13722222	0.12	0.8847
Error	10	1.06333333	1.10633333		

Cuadro de ANAVA para la fecha de conteo 32 DDS de la variable Altura en variedad INIA Tacuarí .

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3.61444444	1.80722222	0.92	0.4295
Forma aplicación	1	0.00888889	0.00888889	0.00	0.9477
Dosis oxadiazon	2	2.13777778	1.06888889	0.54	0.5963
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	0.72444444	0.36222222	0.18	0.8342
Error	10	19.62555556	1.96555556		

Cuadro de ANAVA para la fecha de conteo 39 DDS de la variable Altura en variedad INIA Tacuarí .

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3.97444444	1.98722222	0.85	0.4556
Forma aplicación	1	0.24500000	0.24500000	0.10	0.7526
Dosis oxadiazon	2	4.81444444	2.40722222	1.03	0.3916
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	1.89000000	0.94500000	0.40	0.6776
Error	10	23.34555556	2.33455556		

Anexo N° 12 ANAVA de la variable panojas de arroz de la variedad INIA Tacuarí.

Cuadro de ANAVA para la variable Panojas/ m2 de la variedad INIA Tacuarí.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	718.77777	359.38888	0.12	0.889
Forma aplicación	1	1963.5555	1963.5555	0.65	0.4395
Dosis oxadiazon	2	537.4444	268.72222	0.09	0.9158
Forma aplicación * Dosis oxadiazon	2	8885.4444	4442.7222	1.47	0.2764
error	10	30293.2222	3029.3222		

Anexo N° 13 Análisis comparativo para las dos variedades de la variable emergencia según Mezcla de aplicación.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 9 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.00000000	0.00000000	2.41	0.2933
Variedad	1	1.50000000	1.50000000	1.57	<.0001
Dosis oxadiazon	3	0.43333333	0.14444444	0.22	0.8829
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.43333333	0.14444444	0.22	0.8829
Error*	2	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
Error	12	8.00000000	0.66666667		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 11 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	570.44583	285.22292	3.12	0.2430
Variedad	1	22755.04167	22755.04167	248.56	0.0040
Dosis oxadiazon	3	3997.74583	1332.58194	1.95	0.1757
Variedad*Dosis oxadiazon	3	2516.81250	838.93750	1.23	0.3426
Error*	2	183.09583	91.54792	0.13	0.8760
Error	12	8206.10417	683.84201		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 13 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	4404.20000	2202.10000	0.38	0.7249
Variedad	1	29470.04167	29470.04167	5.08	0.1529
Dosis oxadiazon	3	4551.91250	1517.30417	1.27	0.3298
Variedad*Dosis oxadiazon	3	3898.04583	1299.34861	1.08	0.3927
Error*	2	11603.03333	1197.85590	4.84	0.0287
Error	12	29470.04167	29470.04167		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 15 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	7641.05000	3820.52500	0.39	0.7170
Variedad	1	77976.00000	77976.00000	8.06	0.1049
Dosis oxadiazon	3	22597.85000	7532.61667	1.83	0.1962
Variedad*Dosis oxadiazon	3	2294.15000	764.71667	0.19	0.9043
Error*	2	19357.05000	9678.52500	2.35	0.1381
Error	12	49519.9167	4126.6597		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 18 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3955.59583	1977.79792	0.43	0.7001
Variedad	1	38080.66667	38080.66667	8.25	0.1029
Dosis oxadiazon	3	28756.83750	9585.61250	3.26	0.0593
Variedad*Dosis oxadiazon	3	854.70417	284.90139	0.10	0.9602
Error*	2	9233.34583	4616.67292	1.57	0.2475
Error	12	35242.9375	2936.9115		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 22 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3165.09583	1582.54792	0.50	0.6656
Variedad	1	22387.04167	22387.04167	7.11	0.1166
Dosis oxadiazon	3	21940.14583	7313.38194	1.60	0.2403
Variedad*Dosis oxadiazon	3	976.41250	325.47083	0.07	0.9742
Error*	2	6299.84583	3149.92292	0.69	0.5201
Error	12	54733.7708	4561.1476		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 27 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1644.320833	822.160417	0.19	0.8431
Variedad	1	9087.041667	9087.041667	2.06	0.2879
Dosis oxadiazon	3	16813.14167	5604.38056	1.82	0.1968
Variedad*Dosis oxadiazon	3	1089.54167	363.18056	0.12	0.9478
Error*	2	8834.72083	4417.36042	1.44	0.2760
Error	12	36915.08333	3076.25694		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 34 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2491.633333	1245.816667	0.54	0.6502
Variedad	1	3105.375000	3105.375000	1.34	0.3665
Dosis oxadiazon	3	21984.16250	7328.05417	2.17	0.1444
Variedad*Dosis oxadiazon	3	3056.22917	1018.74306	0.30	0.8235
Error*	2	4632.20000	2316.10000	0.69	0.5222
Error	12	40499.93750	3374.99479		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Anexo N° 14 Análisis comparativo para las dos variedades de la variable emergencia según Secuencia de aplicación.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 9 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	5.58333333	2.79166667	1.00	0.5000
Variedad	1	5.04166667	5.04166667	1.81	0.3112
Dosis oxadiazon	3	4.45833333	1.48611111	0.66	0.5896
Variedad*Dosis oxadiazon	3	4.45833333	1.48611111	0.66	0.5896
Error*	2	5.58333333	2.79166667	1.25	0.3217
Error	12	26.83333333	2.23611111		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 11 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1119.083333	559.541667	0.49	0.6717
Variedad	1	5046.000000	5046.000000	4.41	0.1706
Dosis oxadiazon	3	4959.666667	1653.222222	2.02	0.1649
Variedad*Dosis oxadiazon	3	693.666667	231.222222	0.28	0.8371
Error*	2	2289.250000	1144.625000	1.40	0.2845
Error	12	9821.666667	818.472222		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 13 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	6095.583333	3047.791667	1.03	0.4935
Variedad	1	10375.04167	10375.04167	3.49	0.2025
Dosis oxadiazon	3	8051.12500	2683.70833	2.06	0.1585
Variedad*Dosis oxadiazon	3	3098.12500	1032.70833	0.79	0.5202
Error*	2	5939.08333	2969.54167	2.28	0.1443
Error	12	15598.00000	1299.83333		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 15 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	4798.08333	2399.04167	0.43	0.7010
Variedad	1	85562.04167	85562.04167	15.21	0.0599
Dosis oxadiazon	3	12001.45833	4000.48611	1.52	0.2608
Variedad*Dosis oxadiazon	3	7575.45833	2525.15278	0.96	0.4445
Error*	2	11249.08333	5624.54167	2.13	0.1615
Error	12	31676.8333	2639.7361		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 18 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	26050.58333	13025.29167	12.79	0.0725
Variedad	1	55488.16667	55488.16667	54.46	0.0179
Dosis oxadiazon	3	22204.33333	7401.44444	4.13	0.0315
Variedad*Dosis oxadiazon	3	6694.83333	2231.61111	1.25	0.3363
Error*	2	2037.58333	1018.79167	0.57	0.5806
Error	12	21485.8333	1790.4861		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 22 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	39418.58333	19709.29167	25.13	0.0383
Variedad	1	40920.04167	40920.04167	52.17	0.0186
Dosis oxadiazon	3	20412.12500	6804.04167	3.39	0.0540
Variedad*Dosis oxadiazon	3	11807.79167	3935.93056	1.96	0.1739
Error*	2	1568.58333	784.29167	0.39	0.6850
Error	12	24100.8333	2008.4028		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 27 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	29355.08333	14677.54167	732.35	0.0014
Variedad	1	17388.16667	17388.16667	867.60	0.0012
Dosis oxadiazon	3	11032.33333	3677.44444	2.57	0.1032
Variedad*Dosis oxadiazon	3	12141.50000	4047.16667	2.83	0.0836
Error*	2	40.08333	20.04167	0.01	0.9861
Error	12	17186.16667	1432.18056		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 34 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	32357.58333	16178.79167	80.88	0.0122
Variedad	1	10880.04167	10880.04167	54.39	0.0179
Dosis oxadiazon	3	9408.45833	3136.15278	3.02	0.0714
Variedad*Dosis oxadiazon	3	17001.79167	5667.26389	5.47	0.0133
Error*	2	400.08333	200.04167	0.19	0.8271
Error	12	12443.00000	1036.91667		

* Término de error usado como cuadrado medio para el cálculo del F en los factores Bloque y Variedad

Anexo N° 15 Resultados del procedimiento Slice y resultados de las relaciones detectadas por el ANAVA de los 9 DDS a los 34 DDS para la variable emergencia en el análisis comparativo

Cuadro resumen con la significancia de los Slice para la interacción Variedad Dosis de oxadiazon cuando se fija por Variedad, en la variable emergencia durante todas las fechas de conteo para el análisis conjunto en la mezcla de aplicación.

Variedad	9	11	13	15	18	22	27	34
EP 144	1.000	0.5896	0.7977	0.5837	0.2564	0.5681	0.4607	0.4390
Tacuarí	0.6893	0.0875	0.1530	0.3111	0.2039	0.4493	0.4256	0.2732

Cuadro resumen con la significancia del procedimiento Slice para la interacción Variedad Dosis de oxadiazon cuando se fija por Dosis de oxadiazon, en la variable emergencia durante todas las fechas de conteo para el análisis conjunto en la mezcla de aplicación.

kg ia/ha	9DDS	11DDS	13DDS	15DDS	18DDS	22DDS	27DDS	34DDS
0	0.3370	0.0952	0.0639	0.0304	0.0710	0.2567	0.6875	0.8527
0.6	0.3644	0.0365	0.0628	0.0272	0.0623	0.1894	0.2922	0.2837
0.95	1.000	0.0011	0.0023	0.1098	0.1757	0.4067	0.4957	0.7431
1.3	0.3370	0.0198	0.1321	0.1072	0.1559	0.4107	0.2881	0.5843

Cuadro resumen con las significancias para las relaciones detectadas por el ANAVA para cada fecha de conteo .

Modelos	9 DDS	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34 DDS
Lineal	0.8103	0.4797	0.2631	0.2655	0.5735	0.5976	0.7911	0.8804
Cuadrático	0.7273	0.1751	0.2681	0.0935	0.0314	0.1135	0.0758	0.0453
Cúbico	0.5117	0.1137	0.3659	0.4497	0.1045	0.2627	0.2598	0.2809
Var*Dos Lineal	0.8103	0.2839	0.8226	0.5537	0.6833	0.7642	0.2598	0.6750
Var*Dos Cuadrático	0.7273	0.3747	0.3162	0.7697	0.8330	0.7983	0.6832	0.5332
Var*Dos Cúbico	0.5117	0.2294	0.1816	0.7258	0.7704	0.8012	0.8415	0.5886

Cuadro con la significancia del modelo cuadrático ajustado y R^2 .

	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34 DDS
Modelo	0.5473	0.2150	0.2529	0.1714	0.4639
R^2	0.016	0.1361	0.1227	0.1546	0.1569

Cuadro resumen con la significancia del procedimiento Slice para la interacción Variedad Dosis de oxadiazon cuando se fija por Variedad, en la variable emergencia durante todas las fechas de conteo para el análisis conjunto en la secuencia de aplicación.

Variedad	9	11	13	15	18	22	27	34
EP 144	0.3108	0.2863	0.6311	0.5507	0.4394	0.4359	0.5573	0.3342
Tacuari	1.0000	0.4758	0.1331	0.2127	0.0261	0.0268	0.0220	0.0050

Cuadro resumen con la significancia del procedimiento Slice para la interacción Variedad Dosis de oxadiazon cuando se fija por Dosis de oxadiazon, en la variable emergencia durante todas las fechas de conteo para el análisis conjunto en la secuencia de aplicación..

kg ia/ha	9DDS	11DDS	13DDS	15DDS	18DDS	22DDS	27DDS	34DDS
0	0.5951	0.1238	0.0738	0.0098	0.0261	0.0979	0.5570	0.7380
0.6	0.0802	0.3719	0.1468	0.0629	0.0751	0.2258	0.4966	0.7195
0.95	1.0000	0.1099	0.0655	0.0014	0.0008	0.0010	0.0012	0.0003
1.3	0.5951	0.5239	0.9117	0.0546	0.0457	0.1108	0.1681	0.1541

Cuadro resumen con las significancias para cada fecha de conteo de los modelos matemáticos.

Modelos	9 DDS	11 DDS	13 DDS	15 DDS	18 DDS	22 DDS	27 DDS	34 DDS
Lineal	0.7730	0.0342	0.0287	0.0733	0.3113	0.3497	0.8047	0.7357
Cuadrático	0.5271	0.8854	0.9408	0.5636	0.0360	0.0366	0.0656	0.1694
Cúbico	0.2468	0.5742	0.9227	0.5698	0.0342	0.0766	0.0846	0.0228
Var*Dos Lineal	0.7730	0.6205	0.3079	0.8531	0.7358	0.5279	0.1853	0.0359
Var*Dos Cuadrático	0.5271	0.9051	0.4484	0.7935	0.6408	0.5781	0.3988	0.2149
Var*Dos Cúbico	0.2468	0.4632	0.4408	0.1224	0.0904	0.0428	0.0338	0.0107

Anexo N° 16 Análisis comparativo de la variable Altura según Mezcla de tanque para las dos variedades.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 15 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1.18375521	0.59187760	2.10	0.3225
Variedad	1	8.31315104	8.31315104	29.51	0.0323
Dosis oxadiazon	3	0.86415430	0.28805143	3.68	0.0435
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.15091471	0.05030490	0.64	0.6023
Error*	2	0.56336458	0.28168229	3.60	0.0597
Error	12	0.93965169	0.07830431		

* Término de error usado como cuadrado medio para el cálculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 18 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	3.68328646	1.84164323	19.14	0.0496
Variedad	1	6.01250651	6.01250651	62.50	0.0156
Dosis oxadiazon	3	1.55775456	0.51925152	1.35	0.3048
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.12403581	0.04134527	0.11	0.9541
Error*	2	0.19239583	0.09619792	0.25	0.7827
Error	12	4.61707357	0.38475613		

* Término de error usado como cuadrado medio para el cálculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 22 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2.56362500	1.28181250	0.62	0.6185
Variedad	1	0.55510417	0.55510417	0.27	0.6567
Dosis oxadiazon	3	4.16626562	1.38875521	1.44	0.2791
Variedad*Dosis oxadiazon	3	1.88318750	0.62772917	0.65	0.5967
Error*	2	4.15627083	2.07813542	2.16	0.1581
Error	12	11.54894531	0.96241211		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 32 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2.98977083	1.49488542	0.24	0.8071
Variedad	1	59.81094401	59.81094401	9.56	0.0906
Dosis oxadiazon	3	4.22084570	1.40694857	0.94	0.4506
Variedad*Dosis oxadiazon	3	1.35341862	0.45113954	0.30	0.8232
Error*	2	12.51048958	6.25524479	4.19	0.0417
Error	12	17.9129590	1.4927466		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro con la significancia del procedimiento slice para la interacción variedad * dosis de oxadiazon con la dosis como factor fijo para la variable altura.

Kg ia/ha	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
0	0.0198	0.0295	0.2125	0.0054
0.6	0.0086	0.0125	0.0375	0.0075
0.95	0.0694	0.0086	0.0375	0.0101
1.3	0.0167	0.0022	0.3694	0.0030

Cuadro resumen con la significancia de los modelos matemáticos para cada fecha de conteo para la variable altura en la mezcla de aplicación.

Modelos	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
Lineal	0.1663	0.05511	0.1123	0.4087
Cuadrático	0.4793	0.7576	0.7024	0.1544
Cúbico	0.4395	0.9598	0.8366	0.9047
Dosis*variedad Lineal	0.8683	0.3218	0.6770	0.8903
Dosis*variedad Cuadrático	0.9837	0.8123	0.7552	0.6913
Dosis*variedad Cúbico	0.4345	0.8746	0.3660	0.8162

Anexo N° 17 Análisis comparativo de la variable Altura según Secuencia de aplicación para las dos variedades

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 15 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2.85145833	1.42572917	0.77	0.5636
Variedad	1	7.42593750	7.42593750	4.03	0.1824
Dosis oxadiazon	3	0.88544271	0.29514757	1.11	0.3815
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.18078125	0.06026042	0.23	0.8754
Error*	2	3.68265625	1.84132813	6.95	0.0099
Error	12	3.17713542	0.26476128		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 18 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	4.15005208	2.07502604	2.60	0.2777
Variedad	1	12.07710937	12.07710937	2.54	0.0602
Dosis oxadiazon	3	1.50380208	0.50126736	1.60	0.2414
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.32096354	0.10698785	0.34	0.7961
Error*	2	1.59578125	0.79789063	2.54	0.1199
Error	12	3.76312500	0.31359375		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 22 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2.33660156	1.16830078	1.70	0.3699
Variedad	1	6.93375000	6.93375000	10.11	0.0863
Dosis oxadiazon	3	2.05575521	0.68525174	1.04	0.4082
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.76526042	0.25508681	0.39	0.7631
Error*	2	1.37160156	0.68580078	1.05	0.3814
Error	12	7.87054688	0.65587891		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable emergencia en la fecha 32 DDS.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2.96376302	1.48188151	0.90	0.5251
Variedad	1	43.30235026	43.30235026	26.43	0.0358
Dosis oxadiazon	3	2.96793620	0.98931207	1.02	0.4182
Variedad*Dosis oxadiazon	3	0.23460286	0.07820095	0.08	0.9693
Error*	2	3.27641927	1.63820964	1.69	0.2259
Error	12	11.64429688	0.97035807		

* Término de error usado como cuadrado medio para el calculo del F en los factores Bloque y Variedad

Cuadro con la significancia del procedimiento slice para la interacción variedad * dosis de oxadiazon con la dosis como factor fijo para la variable altura.

Kg ia/ha	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
0	0.0198	0.0295	0.0796	0.0054
0.6	0.0086	0.0125	0.2125	0.0075
0.95	0.0694	0.0086	0.0375	0.0101
1.3	0.0167	0.0022	0.3694	0.0030

Cuadro resumen con la significancia de los modelos matemáticos para cada fecha de conteo para la variable altura en la secuencia de aplicación.

Modelos	15 DDS	18 DDS	22 DDS	32 DDS
Lineal	0.1663	0.0511	0.1123	0.4087
Cuadrático	0.4793	0.7576	0.7024	0.1544
Cúbico	0.4395	0.9598	0.8366	0.9047
Variedad*Dosis Lieal	0.8683	0.3518	0.6770	0.8903
Variedad*Dosis Cuadrático	0.9837	0.8123	0.7552	0.6913
Variedad*Dosis Cúbico	0.4345	0.8746	0.3660	0.8162

Anexo N° 18 Análisis comparativo de la variable Panojas/m² según Mezcla de aplicación para las dos variedades.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable Panojas/m².

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	4566.38333	2283.19167	1.72	0.3677
Variedad	1	26334.37500	26334.37500	19.84	0.0469
Dosis oxadiazon	3	8020.47500	2673.49167	0.63	0.6085
Variedad*Dosis oxadiazon	3	2397.60833	799.20278	0.19	0.9020
Error*	2	2655.05000	1327.52500	0.31	0.7366
Error	12	50786.08333	4232.17361		

* Término de error usado como cuadrado medio para el cálculo del F en los factores Bloque y Variedad

Anexo N° 19 Análisis comparativo de la variable Panojas/m² según Secuencia de aplicación para las dos variedades.

Cuadro de significancia para el análisis conjunto de la variable Panojas/m².

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1580.08333	790.04167	0.40	0.7122
Variedad	1	26136.00000	26136.00000	13.37	0.0673
Dosis oxadiazon	3	3994.83333	1331.61111	0.55	0.6559
Variedad*Dosis oxadiazon	3	16134.33333	5378.11111	2.23	0.1369
Error*	2	3909.25000	1954.62500	0.81	0.4671
Error	12	28903.33333	2408.61111		

* Término de error usado como cuadrado medio para el cálculo del F en los factores Bloque y Variedad

Anexo N° 20 Análisis para la variable panojas de arroz en el análisis comparativo de ambas variedades.

Cuadro de ANAVA para la variable Panojas/ m² de la variedad El Paso 144 en secuencia.

Fuente de Var.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	914.59003	457.29501	0.13	0.8801
Variedad	1	45867.36111	45867.36111	12.89	0.0018
Forma de aplicación	1	3990.02778	3990.02778	1.12	0.3023
Dosis de oxadiazon	2	9734.0079	4867.0040	1.37	0.2775
Variedad*Forma de aplicación	1	0.25000	0.25000	0.00	0.9934
Variedad*Dosis de oxadiazon	2	11466.18968	5733.09484	1.61	0.2245
Forma de aplicación*Dosis de oxadiazon	2	2646.66746	1323.33376	0.37	0.6941
Variedad*Forma de aplicación*Dosis de oxadiazon	2	4141.07857	2070.53929	0.58	0.5680
Error*	2	1696.56225	848.28113	0.24	0.7901
Error	20	71170.1825	3558.5091		

