

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA -LEON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA**



Resistencia a los herbicidas Glifosato, Glufosinato de Amonio e Imazapir en poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa*), sobrevivientes a las aplicaciones de campo, en las localidades de Sébaco y Malacatoya, 2005-2006.

Presentado por:

Br. Ramiro A. Pérez M.
Bra. Natalia M. Rodríguez C.
Br. Marvin A. Vega I.

Trabajo presentado como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical

Tutor: MSc. Carmen M. Rizo
Asesor: Dr. Bernal Valverde
Asesor Estadístico: MSc. Rolando Martínez

León, noviembre de 2008

ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	ii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1 Aspectos generales del arroz rojo.....	5
4.1.1 Origen y descripción del arroz rojo.....	5
4.2 Taxonomía del arroz rojo.....	6
4.3 Morfología de la planta de arroz rojo (<i>Oriza sativa</i>).....	7
4.4 Anatomía del grano de arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>).....	8
4.5 Germinación, desarrollo y crecimiento de la planta arroz maleza.....	8
4.5.1 Emergencia del arroz rojo.....	9
4.5.2 Floración.....	9
4.5.3 Desgranado.....	10
4.6 Habilidad competitiva del arroz maleza.....	10
4.7 Control y prevención de la maleza arroz rojo	11
4.7.1 Control cultural.....	12
4.7.2 Control mecánico.....	12
4.7.3 Control químico.....	12
4.7.4 Factores que condicionan la eficiencia de la aplicación de herbicidas....	13
4.8 Tolerancia y Resistencia.....	15
4.8.1 Resistencia cruzada	16
4.8.2 Resistencia múltiple.....	16
4.8.3 Resistencia cruzada negativa.....	17
4.8.4 Cultivos resistentes a herbicidas por modificación genética.....	17
4.8.5 Evolución de la resistencia.....	17

4.8.6	Diseminación de la resistencia.....	19
4.8.7	Mecanismo de resistencia.....	20
4.9	Característica Moleculares de los herbicidas utilizados en el ensayo.....	20
4.9.1	Glufosinato de Amonio.....	20
4.9.2	Glifosato N-Fosfometil-glicina	22
4.9.3	Imazapir.....	23
V.	MATERIALES Y METODOS.....	24
5.1	Ubicación del ensayo.....	24
5.2	Material Biológico.....	24
5.3	Descripción del Bioanálisis.....	24
5.4	Bioanálisis preliminar.....	25
5.5	Calibración de la bomba de presión.....	25
5.6	Bioanálisis.....	25
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
6.1	Resultados del ensayo con el herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Sébaco.....	27
6.2	Resultados del ensayo con el herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Malacatoya.....	31
6.3	Resultados del ensayo con el herbicida Glufosinato de amonio en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Sébaco	35
6.3	Resultados del ensayo con el herbicida Glufosinato de amonio en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Malacatoya.....	38
6.3	Resultados del ensayo con el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Sébaco	41
6.3	Resultados del ensayo con el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz maleza (<i>Oriza sativa</i>), de la localidad de Malacatoya.....	45
VII.	CONCLUSIONES.....	48
VIII.	RECOMENDACIONES.....	50
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	51
X.	ANEXOS	54

AGRADECIMIENTO

A Dios. Por crearnos y darnos la vida y la fortaleza para lograr una de nuestras metas, culminar nuestra carrera, aportando a la sociedad nuestros conocimientos, destrezas y habilidades.

Lic. MSc. Carmen Marina Rizo. Por su empeño y dedicación de orientarnos en la realización de nuestra tesis y transmitirnos su conocimiento.

Dr. Bernal Valverde. Por darnos la oportunidad de realizar este trabajo con éxito a través del proyecto Arroz Maleza KVL en convenio con la UNAN – León y brindarnos información para la realización de nuestra tesis.

Ing. Erlíng Torres. Por su aporte cada día en la realización de nuestro trabajo de tesis y brindarnos su amistad sincera.

A nuestros profesores: Por darnos el pan de la enseñanza y brindarnos una educación integral, para ser buenos profesionales para el desarrollo de nuestro país.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y Fuerzas para continuar ante las dificultades presentadas en el transcurso de la Carrera.

A mis Padres, Sra. Santos Martínez Espinoza y Sr. Héctor Ramiro Pérez S. por sus sacrificios, apoyo incondicional y motivación.

A mi Esposa, Karina A. Escoto Benedith por su apoyo, comprensión y sobre todo por brindarme su amor.

A mi hijo, Diogo Alex Pérez Escoto por ser la fuente que alimenta mi inspiración.

A mis Hermanas, por su apoyo e inspiración.

Ramiro Antonio Pérez Martínez.

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme con el don de la vida y la sabiduría, permitiéndome culminar mi carrera universitaria.

A mis padres: María Mercedes Cadena y Vicente Rodríguez, por haberme apoyado económica y moralmente en el transcurso de mi formación profesional.

A mis hijos: Itzayanna Rubí y Vicente Rubí, por motivarme cada día a culminar mis estudios universitarios, que es mi mayor sueño.

A mi esposo: Ronaldo Antonio Rubí, por ayudarme económicamente y motivarme a desenvolverme en esta sociedad como madre y profesional de la Agroecología.

A mis hermanos: por su apoyo incondicional.

Natalia Mercedes Rodríguez Cadena.

DEDICATORIA

A Dios nuestro padre eterno por haberme dado la vida e iluminarme, guiarme por el buen camino y darme fuerza necesarias para llevar hasta el final mis estudios.

A mi madre: Sra. María Elena Izaguirre por haberme brindado todo su cariño y apoyo económico para poder hacer realidad mi sueño.

A mis hermanos: Byron, Deyling y Jorge por brindarme su apoyo incondicional.

A mi hijo: Kevin Antonio Vega por ser mi fuente de inspiración.

A mis profesores: que fueron los que se encargaron de transmitir todos los conocimientos de la mejor manera posible y por haberme dado las herramientas para un futuro mejor.

Marvin Antonio Vega Izaguirre.

RESUMEN

El cultivo del arroz es de gran importancia en el país, no solamente por el área que actualmente se siembra, sino también por la cantidad de empleos que brinda este rubro. Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de arroz es la competencia de malezas. La principal maleza llamada arroz rojo (*Oryza sativa*), disminuye los rendimientos del cultivo desde un 20% hasta 100%, ya que su manejo ha sido deficiente y basado en el uso de herbicidas. Dado esto se estableció un ensayo para determinar las poblaciones de arroz maleza, (*Oryza sativa*), naturalmente resistentes a los herbicidas químicos no selectivos, Glifosato, Glufosinato de Amonio, e Imazapir, utilizados para el control de arroz maleza en las zonas de mayor producción de arroz de Nicaragua, Sébaco y Malacatoya. Para iniciar el estudio se realizó un bioanálisis preliminar usando las plantas sobrevivientes a una aplicación de los herbicidas en el campo de ambas localidades; se aplicaron tres dosis por cada herbicida, la dosis comercial, una dosis doble, y un testigo sin tratar, luego se realizó el análisis. Los bioanálisis definitivos constaron de ocho dosis más 1 testigo sin tratar. Las aplicaciones se calibraron a razón de 200 l/ha. Cada bioanálisis consistía de ocho dosis, incluyendo el testigo y cuatro repeticiones, para un total de 160 plantas por bioanálisis. En cada dosis se tomaron cuatro maceteras con cinco plantas cada una. Las dosis evaluadas fueron dentro de un rango creciente de 0.031 a 4 l/ha. A los 10 días después de la aplicación aproximadamente (según el desarrollo de los síntomas), se realizó una evaluación visual de daño y se procedió a cosechar las plantas cortándolas al ras del suelo (cuello) para obtener el peso fresco (por maceta, anotando el número de plantas presentes en cada una). Según los resultados obtenidos, Glifosato presenta valores de ED₅₀ que van desde 0.0080 l/g. a 0.48 l/g.n para la localidad de Sébaco y de 0.036 l/g a 1.16 l/g. para la localidad de Malacatoya. Glufosinato de Amonio en la localidad de Sébaco presenta ED₅₀ de 2.26 l/g a 17.61 l/g y para la localidad de Malacatoya los valores van de 0.85 l/g a 619.33 l/g, Siendo este el mayor valor obtenido. Los resultados de la ED₅₀ obtenidos por el herbicida Imazapir fueron de 52.03 l/g a 403.08 l/g. En la localidad de Sébaco y 52.40 l/g hasta 178.18 l/g para la localidad de Malacatoya. El índice de resistencia, IR, de las plantas de arroz maleza de la localidad de Sébaco y Malacatoya tratadas con el herbicida Glifosato fueron todos mayores a 2 lo que indica un posible desarrollo de resistencia parcial en esas poblaciones. Y las tratadas con el herbicida Glufosinato de Amonio en la localidad de Malacatoya presentan valores mayores a 2 en un 43% de las plantas. En la localidad de Sébaco el 50 % de las plantas presentaron un índice mayor que 2, sin embargo la muestra fue pequeña por lo que los datos no son conclusivos. Las plantas de arroz maleza de la localidad de Malacatoya tratadas con el herbicida Imazapir todas presentan IR arriba de 2. En la localidad de Sébaco hay plantas se presentó la misma situación, valores diferentes de IR mostrando el 50 % de las plantas un índice menor que 2 lo cual correspondería a una población susceptible y el otro 50 % con valores mayores que 2, indicando una posible resistencia.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los principales cultivos en el mundo, pues alimenta a un tercio de la población mundial, a la que le proporciona casi las dos terceras partes de sus requerimientos alimenticios. Provee al ser humano el 25% de energía calórica y el 13% de las proteínas necesarias. En Nicaragua, al igual que el maíz, ocupa el primer lugar de los cereales que conforman la dieta de los nicaragüenses. En el ámbito mundial el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo en cuanto a la superficie que se cultiva.

En Nicaragua se cultiva en todo el territorio nacional siendo los lugares de mayor área cultivada el Valle de Jalapa, Malacatoya, Chontales y Valle de Sébaco, todos de riego, localizados en las mejores zonas agroecológicas. La producción de secano está en manos de pequeños productores, los que contratan la mayor parte de los servicios agrícolas y el proceso industrial (INTA, 2000).

Una de las mayores dificultades que actualmente enfrentan los productores de arroz es la competencia de maleza; la principal maleza que ataca este cultivo es el arroz rojo (*Oryza sativa*) la cual ocasiona pérdidas de un 20% a 100%; dado que el manejo no ha sido eficiente. El principal problema es que este compite con el cultivo de arroz, por agua nutriente, luz y espacio reduciendo el rendimiento en granza; además, baja la calidad molinera del arroz, afectando el porcentaje de grano entero y el valor comercial del grano. La contaminación con la maleza arroz rojo en los cultivos de arroz es debido principalmente a que los productores han usado semilla no certificada para sus siembras obtenidos en los molinos o de reventa de los intermediarios o de los mismos productores (Ferrero, 2004).

Los agricultores tradicionalmente usan herbicidas para el control del arroz rojo. Sin embargo, no pueden usarse herbicidas selectivos porque el arroz y el arroz rojo son de la misma familia. El arroz rojo por lo tanto, generalmente, lo controlan haciendo quemas con herbicidas, por lo que el agricultor termina realizando un uso excesivo de herbicidas. Cabe

señalar además que no se han desarrollado programas de manejo de la resistencia a los herbicidas, tendientes a reducir la presión de selección por el uso continuo del mismo herbicida.

Actualmente el arroz maleza ha desarrollado resistencia a diferentes tipos de herbicidas, debido a aplicaciones continuas de un mismo producto en varios ciclos agrícolas, los cuales tienen el mismo modo de acción o pertenecen al mismo grupo químico; así como el uso y abuso de estos productos. El asunto es más serio cuando se analiza la posibilidad de cruces de los organismos genéticamente modificados (OGM) en sus regiones de origen y se traspase este nuevo gen a las especies silvestres. O el caso de malezas de alta afinidad genética con el cultivo, como el arroz rojo, produciéndose el pase del gen y generándose las supermalezas (Valverde, 2006).

Este estudio pretende identificar si se está desarrollando resistencia a tres de los herbicidas usados en las poblaciones de arroz maleza, en las principales regiones de Nicaragua, donde se siembra intensiva y extensivamente el arroz el cual se maneja de manera convencional.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar las poblaciones de arroz maleza, (*Oryza sativa*), naturalmente resistentes a los herbicidas en dos localidades, Sébaco y Malacatoya.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar la dosis respuesta (DE_{50}) de poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa*), colectadas después de la aplicación de los herbicidas Glifosato, Glufosinato e Imazapir.
- Determinar el índice de resistencia en las poblaciones de arroz rojo de cada localidad, para cada herbicida aplicado.
- Comparar los resultados de dosis respuesta obtenidos en las plantas de arroz maleza sometidas a cada herbicida, en ambas localidades.

III. HIPOTESIS

Ho: Las poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa*), colectadas en la localidad de Sébaco y Malacatoya son susceptibles a los herbicidas Glifosato, Glufosinato de amonio e Imazapir.

Ha: Las poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa*), colectadas en la localidad de Sébaco y Malacatoya han desarrollado resistencia a los herbicidas Glifosato, Glufosinato de amonio e Imazapir.

IV. MARCO TEORICO

4.1 Aspectos generales del arroz rojo

El término arroz maleza generalmente incluye todas las especies del género *Oryza* que se comportan como el arroz y que crecen como malezas de ese cultivo (Parker y Deán, 1976; Ferrero y Finassi, 1995, citado por Ferrero, 2004). El arroz maleza pertenece a diferentes especies y subespecies, todas comparten la capacidad de diseminar sus granos antes de la cosecha del arroz. El arroz maleza también puede adaptarse a un amplio rango de condiciones ambientales. Los granos del arroz maleza frecuentemente presentan el pericarpio rojo y por esta razón el término *arroz rojo*. Este término, sin embargo, no es completamente apropiado ya que también existen granos rojos en algunas variedades cultivadas de arroz, por otro lado, el color rojo puede estar ausente en varias formas de arroz maleza (FAO, 1999, citado por Ferrero, 2004). En Nicaragua es conocido por los productores arroceros como, arroz negro, macho, barbudo, colorado, mechudo o arrocillo.

En la mayoría de las zonas arroceras la difusión del arroz maleza comenzó a ser significativa después del cambio del transplante del arroz a la siembra directa y se ha convertido en un problema serio en los últimos 15 años, especialmente en los países europeos después de la siembra de variedades de tallo débil, semi-enanas, de tipo *indica* (Tarditi y Vercesi, 1993, citado por Ferrero, 2004). La difusión ha sido favorecida por la siembra de semillas comerciales de arroz que contienen semillas del arroz maleza. (Ferrero, 2004).

4.1.1 Origen y descripción del arroz rojo

El origen filogénico de las formas de arroz maleza está estrechamente relacionado con el del arroz cultivado. Muchas plantas comparten la mayoría de las características de las dos especies cultivadas, *Oryza sativa* y *O. glaberrima*. *Oryza sativa*, que también es conocida como arroz asiático, comprende los grupos varietales *indica*, *japónica* y *javánica* y se cultiva en todo el mundo. El género *Oryza* incluye más de 20 especies salvajes, la mayoría de las cuales son diploides. En base a sus características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas y sus interrelaciones en los cruzamientos, se han identificado ocho tipos

diferentes de genomas dentro del género *Oryza*. Las especies salvajes como *Oryza perennis*, *O. nivara*, *O. rufipogon* y *O. longistaminata* comparten el mismo genomio y pueden ser fácilmente cruzadas con las especies cultivadas de *O. sativa*. La especie salvaje *O. barthii* (= *O. breviligulata*) es considerada como el progenitor de la mutación del arroz africano. *O. glumaepatula* es una especie salvaje endémica en América Central y América del Sur, que es convencionalmente considerada como un subtipo de *O. rufipogon*; sin embargo, de acuerdo con recientes análisis genéticos se ha determinado que está más cercana a las formas de arroz africano.

Además de las especies citadas, también causan problemas como malezas *Oryza latifolia*, *O. punctata*, *O. officinalis* (perenne) y *Zizianopsis miliaceae* (perenne); estas especies pueden aparecer en los cultivos de arroz, en el borde de los estanques o en los canales impidiendo el flujo del agua. *O. latifolia* es una especie de arroz-maleza difundida en América Central donde se lo conoce como «arrozón» o «arroz pato» (Castro E., 1999, citado por Ferrero, 2004) mide hasta 2 m de alto y tiene semillas con pericarpio blanco.

De acuerdo a estudios realizados por (Ghesquière, 1999, citado por Ferrero, 2004), el origen primario del arroz rojo puede provenir de cruzamientos distantes entre variedades *indica* y *japónica*. Las semillas de la mayoría de los biotipos de *Oryza sativa*, presentan un pericarpio pigmentado causado por la presencia de un contenido variable de diferentes antocianinas, catequinas y taninos catecólicos.

Los biotipos del arroz maleza de *Oryza sativa* han sido diferenciados en tipos *indica* o *japónica* en base a caracteres morfológicos y fisiológicos, isoenzimas, y marcadores RFPL (polimorfismo de la longitud de fragmentos de restricción), RAPD (polimorfismo amplificado al azar del DNA) y AFPL (polimorfismo de la longitud de fragmentos amplificado), (Ferrero, 2004).

4.2 Taxonomía del arroz rojo

EL arroz *Oryza sativa*, es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia Gramíneae (Poaceae) y al género *Oryza*. Este género comprende varias especies, las

variedades de nuestro país son de la raza indica. La Clasificación Taxonómica completa se menciona a continuación (Persons, 1982).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Oryza*

Especie: *sativa*

4.3 Morfología de la planta de arroz rojo (*Oryza sativa*)

Las plantas de arroz maleza presentan una gran variedad de características anatómicas, biológicas y fisiológicas (Craigmiles, 1978; Kwon *et al.*, 1992; Tang *et al.*, 1997; Vaughan *et al.*, 2001, citados por Ferrero, 2004). Según estudios llevados a cabo en 26 muestras de arroz maleza reveló dos grupos principales. Un grupo incluyó plantas con glumas negras, ápice púrpura y arista larga, mostrando caracteres salvajes evidentes, mientras que el otro grupo tenía paja, glumas y ápice y no tenía aristas, simulando variedades cultivadas (Federici *et al.*, 2001, citado por Ferrero, 2004).

A pesar de sus características particulares, es difícil distinguir entre plantas de arroz rojo y arroz comercial, sobre todo en estado de plántulas. El arroz rojo en sus primeras etapas crece más rápido que algunas variedades comerciales (González 1985, citado por Persons, 1982). Los tallos son más altos, numerosos y finos, presentan mayor longevidad, que los cultivares comerciales, hojas de tricomas cortos y rígidos, híspidas en ambas superficie, tienen una longevidad mayor, panícula floja, más abierta y presentan granos de color café-rojizo que se desprenden con facilidad de éstas, en comparación al arroz comercial. La lemma puede presentar o no, una arista larga o corta, que a su vez puede tener diferentes colores, principalmente marrón, beige y rosado. En el país, los arroces rojos más frecuentes son el negro, pajizo y marrón, aristados y sin arista.

Algunos tipos de arroz rojo presentan al pie de la plántula un color rojo o rojo oscuro sucio. En las etapas de macollamiento, floración y madurez se hace más fácil distinguir la maleza del cultivo, en esta etapa se dan algunas diferencias muy obvias que permiten lo anterior, estas diferencias están marcadas por presentar hojas verde claro, mucho más clara que el cultivo, macollamiento profuso, panícula más delgadas, abiertas, largas y con pocos granos, son aristados dependiendo del tipo de arroz rojo (Persons, 1982).

4.4 Anatomía del grano de arroz rojo (*Oriza sativa*)

El fruto de arroz es una carióspside en la cual la semilla esta fusionada con la pared o pericarpio del ovario maduro. Dependiendo de la variedad la carióspside es diferente en forma y tamaño. La semilla del arroz rojo es angosta, liviana y presenta bajo índice de cosecha, tiene 2 glumas que pueden presentar diferentes colores, entre los cuales figuran: pajizo (parecido al arroz cultivado), negro, marrón, dorado, y con otras degradaciones de color. Así mismo, las semillas de la mayoría de los biotipos de *Oryza sativa*, presentan un pericarpio pigmentado causado por la presencia de un contenido variable de diferentes antocianinas, catequinas y taninos catecólicos. La pigmentación roja es un carácter dominante y es controlada por más de un gen. La capa roja de los granos de arroz-maleza podría ser eliminada con un trabajo adicional en el molino pero esta operación da lugar a la rotura de los granos y a una disminución del valor comercial.

4.5 Germinación, desarrollo y crecimiento de la planta de arroz maleza

Las plantas del arroz rojo, por lo general, son más altas que las variedades de arroz, las hojas son de color verde pálido y muestran pubescencia, poseen un alto desgrane y sus semillas exhiben tricomas y diferentes grados de latencia, por lo cual se mantiene por muchos años en el banco de semilla del suelo, por más de doce años (Smith, 1981, citado por Ferrero, 2004) complicando aún más el control de esta maleza nociva.

En la etapa de plántula las plantas de arroz maleza son difíciles de distinguir de las plantas del cultivo, mientras que la identificación del arroz maleza es posible después de la labranza, gracias a múltiples diferencias morfológicas evidentes con las variedades cultivadas: tallos más largos, numerosos y finos, hojas a menudo hispidas en ambas

superficies, plantas altas, pigmentación en varias partes de la planta, semillas que se dispersan fácilmente después de su formación.

4.5.1 Emergencia del arroz rojo

La emergencia del arroz-maleza es fuertemente influenciada por la textura del suelo, la presencia de agua en el campo y la profundidad a que está enterrada la semilla, la que está directamente relacionada con el tipo de labranza que se ha adoptado para la preparación de la cama de semillas.

Las plántulas que emergen antes de la siembra del arroz son en su mayoría las que nacen del banco de semillas del suelo. Casi todas las plantas que crecen libremente en un suelo sin laborear son capaces de emerger de mediados de abril a mediados de marzo después de haber acumulado 200 grados/día de crecimiento. La temperatura mínima para la germinación del arroz maleza se considera alrededor de 10 °C, la misma que para las variedades cultivadas.

Si se hacen trabajos de aradas y rastreos, la emergencia de las plántulas del arroz rojo en relación con el banco de semillas a la profundidad de 0-10 cm es particularmente influenciada por el tipo de labranza. Los porcentajes de emergencia, en promedio, en parcelas aradas y rastreadas son de 7.2 y 2.5 por ciento, respectivamente. Estos valores diferentes de la emergencia son probablemente debido al movimiento del suelo causado por la arada, de las semillas de arroz rojo. La inversión de la capa superior del suelo entierra las últimas semillas que han caído y favorece su latencia. Al mismo tiempo, la arada trae a la superficie las semillas enterradas de la estación anterior cerca de la superficie del suelo, si bien muchas de ellas han perdido la capacidad germinativa.

4.5.2 Floración

En las variedades cultivadas y en las variedades salvajes, la floración comienza en las florecillas superiores de la panícula y continúa hacia las florecillas inferiores. En el arroz maleza las florecillas comienzan a abrirse entre las 08:00 y las 09:00 de la mañana y continúa por al menos una hora más que en las variedades cultivadas. Por esta razón, si bien

todas las plantas de todas las especies de arroz son auto fecundadas, la polinización cruzada es mayor en el arroz maleza que en las variedades cultivadas. Existe la probabilidad de que ocurran cruzamientos entre las plantas de arroz maleza de pericarpio rojo con las variedades cultivadas. Variedades híbridas se le atribuye la prolongada duración de la apertura de la florecilla. Debido a la heterosis, los híbridos son generalmente más altos y más vigorosos y comienzan a florecer 20-30 días más tarde que las formas parentales de arroces maleza.

4.5.3 Desgranado

El desgranado precoz es una característica específica del arroz maleza. Este comportamiento es controlado por el gen *Sh* que presenta el carácter de desgranado en condiciones dominantes de homocigosis (*SSL*) o heterocigosis (*Shsh*). La semilla cae como resultado de la formación de una capa de abscisión formada por tres capas de células ubicadas entre la espiguilla y el pedicelo. Esta capa de células no está completamente formada en las variedades cultivadas y algunas bandas de tejido lignificado mantienen la unión de las espiguillas al pedicelo (Ferrero, 2004).

4.6 Habilidad competitiva del arroz maleza

El arroz maleza puede causar severas pérdidas de rendimiento al arroz cultivado en relación con la densidad, tipo de plantas de arroz maleza y variedades cultivadas. Las variedades bajas son por lo general más susceptibles a la competencia de los arroces maleza que las variedades altas. Se han llevado a cabo varios estudios para evaluar los efectos de diferentes densidades de malezas. Con 11 plantas/m² de arroz maleza, Abud, 1989, citado por Ferrero, 2004) observó una pérdida de rendimiento de 43 por ciento. En estudios llevados a cabo en Arkansas, Estados Unidos de América, el rendimiento del cultivar semienano 'Lemont' fue afectado por una densidad del arroz maleza tan baja como dos plantas/m². Cinco y 20 plantas/m² de arroz maleza causaron una pérdida de rendimiento de 40 y 60 por ciento, respectivamente, en el cultivar 'Oryzica 1'. Algunos estudios indicaron que los efectos de la competencia también están estrechamente relacionados con la duración de la interferencia (Ferrero, 2004).

Combinando los efectos de la densidad del arroz maleza y la duración del período de competencia, Fisher y Ramírez (1993), citado por Ferrero, 2004) observaron una reducción del rendimiento de 50 por ciento cuando 24 plantas/m² de arroz-maleza compitieron con el cultivo durante los primeros 40 días después de la emergencia. Con la misma densidad inicial, la pérdida de rendimiento alcanzó un 75 por ciento en el caso de competencia durante toda la estación.

4.7 Control y prevención de la maleza arroz rojo

La prevención es el medio fundamental para reducir la infestación de malezas y puede ser realizada principalmente sembrando semilla de arroz libre de semillas de arroz maleza. Esta medida, sin embargo, no es tan fácil de aplicar ya que las semillas vestidas de arroz maleza son similares a las semillas de las variedades cultivadas, sin considerar el color del pericarpio. Las semillas blancas y las pigmentadas de rojo son difíciles de reconocer ya que el color del pericarpio es visible solo después que a la semilla se le han quitado las glumas. Otro elemento importante de la prevención es el de asegurar una perfecta limpieza del equipo que se usa durante la cosecha del arroz a fin de evitar la difusión del arroz maleza a los campos no infestados.

Los métodos de control del arroz maleza que pueden ser aplicados en el cultivo del arroz son costosos, llevan más tiempo y por lo general no logran un completo control de la infestación de malezas. El control incompleto de las malezas en un año determinado puede llevar a anular los resultados de varios años de buenos controles. El arroz maleza aún con cinco por ciento de germinación en el campo puede producir suficientes semillas como para restaurar la población original del banco de semillas en el suelo (Goss y Brown, 1939; Rao y Harger, 1981, citado por Ferrero, 2004).

El control de las plantas de arroz maleza es mucho más difícil que el control de otras malezas en razón de su gran variabilidad morfológica, el comportamiento particular de su crecimiento y la gran afinidad biológica con las variedades cultivadas. El control químico de las malezas en el arroz con herbicidas selectivos no es, por lo general, tan efectivo en el arroz maleza, con la sola excepción de las variedades transgénicas que han sido apropiadamente transformadas para tolerar los herbicidas selectivos para el arroz cultivado

con un gran espectro de actividad. Por esta razón, el control químico de las malezas no puede ser aplicado al arroz cultivado durante su crecimiento excepto cuando los herbicidas son aplicados con el sistema de guantes o sogas impregnados en combinación con variedades bajas. El control también es más complicado en función de la germinación espaciada durante un largo período de crecimiento del arroz. La gran elasticidad del proceso de germinación puede favorecer la actividad competitiva de las plantas de arroz maleza que son capaces de germinar antes que las plantas cultivadas o permitir el escape de tratamientos de control llevados a cabo en la pre siembra del arroz (Ferrero y Vidotto, 1997, citado por Ferrero, 2004). El control del arroz maleza puede ser manejado aplicando Manejo integrado de plagas mediante el uso de prácticas preventivas, culturales y como última instancia químicas (Ferrero, 2004).

4.7.1 Control cultural

El método de control menos costoso y probablemente más útil es el uso de mejores técnicas de producción, de modo que el cultivo resulte favorecido y las malezas perjudicadas. Dentro de las prácticas culturales que reducen las infestaciones de malezas en cultivos de arroz de riego, se puede mencionar el uso de semilla certificada (Alemán, 1997).

4.7.2. Control mecánico

El control mecánico se refiere a la labor específica en contra de las malezas post emergente, chapea de diques canales y terraplenes y quema de malezas. El arranque de las malezas, por cualquier medio ofrece la ventaja de su alta selectividad aunque tiene algunas desventajas como la dificultad de extraer las malezas en el momento de la competencia, por el peligro de daños a las plantas de arroz. Además, en siembra al voleo en grandes áreas es difícil y costoso aplicar el control mecánico (CIAT, 1998).

4.7.3 Control químico

En la actualidad, el mercado mundial ofrece alrededor de 250 productos agroquímicos que son utilizados, para controlar prácticamente la mayoría de las malezas en los cultivos principales y secundarios. La comprobada eficacia de los herbicidas modernos les permite a los agricultores producir sus cultivos en forma reiterada y rentable y optimizar sus ingresos.

Sin embargo, una de la desventaja del uso de estos productos es la evolución de malezas resistentes a estos productos. La estrecha similitud anatómica y fisiológica del arroz cultivado y del arroz maleza hace que el control con herbicidas selectivos de post emergencia sea sumamente difícil. Las técnicas más exitosas de manejo se basan en la aplicación de herbicidas antes de la siembra del cultivo, antes y después de la emergencia de las malezas.

El método de control químico se basa en el utilización de sustancias herbicidas capaces de destruir la vegetación ya sea en forma total o parcial, eliminando la maleza o retardando su crecimiento. Herbicidas post-emergentes de amplio espectro como el glifosato y el glufosinato de amonio resultan útiles en los sistemas de producción, con el objetivo de eliminar poblaciones de arceses y otras malezas que se hayan establecido previo a la siembra, esta es una práctica conocida como quema química y ha resultado muy efectiva en lotes con altas infestaciones de arceses. La aplicación la realizan cuando las plantas tienen una altura aproximada de 10 a 15 cm. El uso de estos productos se ve seriamente limitado en épocas del año caracterizadas por fuertes ráfagas de viento, la deriva podría depositar cantidades significativas en cultivos vecinos, sobre todo con aplicaciones aéreas.

4.7.4. Factores que condicionan la eficiencia de la aplicación de herbicidas

El uso de productos químicos en el control de las malezas es un concepto nuevo, si lo comparamos al control de plagas y enfermedades. Los herbicidas difieren de los insecticidas y fungicidas en que se deben aplicar de manera más uniforme. Los aspersores deben estar en buenas condiciones mecánicas a nivel general y particular, un equipo deficiente constituye un factor importante que puede hacer fracasar el efecto del herbicida, una buena aplicación depende una parte del buen estado y correcto funcionamiento de los equipos. Otro aspecto es la calibración, existen diferentes formas de calibrar los equipos de aplicación, todos ellos rinden resultados satisfactorios siempre y cuando la aplicación sea de forma precisa.

La velocidad de aspersión durante la aplicación debe mantenerse constante, esta debe ser graduada teniendo en cuenta la presión, la topografía del terreno, tamaño del aguilón y la

forma de aplicar. Aplicaciones a una velocidad menor de la requerida ocasionará mayor cantidad de solución es decir sobredosis; por el contrario alta velocidad significaría menor descarga de la solución con el herbicida.

La presión está relacionada con la descarga del equipo en general para aplicaciones terrestres se emplea una presión entre 20 y 40 lbs./pulg², presiones menores ocasionan mala distribución, debido a gotas gruesas que no cubren uniformemente el suelo o el follaje, como consecuencia el abanico de aspersion se adelgaza. Presiones mayores de 40lbs dan problemas de sobre dosis, toxicidad al cultivo, desperdicio del producto y gotas llevadas por el viento, susceptibles a volatilizarse, debido a las finas gotas que se presentan. Se debe mantener una agitación constante dentro del tanque, el objetivo es evitar la sedimentación que pueda obstruir las boquillas y originar aplicaciones no uniformes.

El aguilón o barra porta boquilla debe mantenerse en posición horizontal durante la aplicación del herbicida, aplicaciones con aguilón inclinado ocasionan una distribución no uniforme del producto aplicado. Otro aspecto es la altura, es de suma importancia que el aguilón se coloque a la altura recomendada del suelo o de la vegetación. La cantidad de herbicida que cae al suelo varía de acuerdo a la altura de la boquilla, es decir a mayor altura hay mayores franjas de terrenos cubiertas pero es menor la cantidad de herbicida que recibe por unidad de superficie, además el producto es más susceptibles al acarreo por el viento, en cambio alturas menores pueden provocar una sobredosis y pueden quedar franjas sin aplicación del producto, debido a obstáculos del terreno.

Las boquillas constituyen el último componente que controla la aspersion, su función consiste en convertir el flujo del líquido en gotas de aspersion y distribuir estas en el campo bajo un patrón de aspersion determinado. La selección de ellas es un aspecto muy importante para la distribución y forma de los productos. Existen diversos tipos de boquillas. Las boquillas más apropiadas para aplicar herbicidas son la descarga en forma de abanico, debido a que proporcionan una cobertura uniforme y mayor fuerza de descarga.

La selección y manejo adecuado de los herbicidas es parte de una tecnología de control que implica aplicación de la dosis adecuada, ya que las sobredosis imponen mayor presión de selección y aceleran la evolución de resistencia. Entretanto las dosis bajas resultan en menor mortalidad, por lo que los individuos con resistencia intermedia logran sobrevivir y evolucionan más rápidamente hacia poblaciones resistentes.

4.8 Tolerancia y Resistencia

Aunque existen un número de herbicidas generales o totales que resultan activos frente a cualquier tipo de plantas, no cabe duda que, hoy día, los más importantes tanto cualitativa como cuantitativamente, son los herbicidas específicos o productos capaces de controlar un amplio espectro de malas hierbas sin afectar a los cultivos a los que se aplican. La selectividad puede deberse a causas físicas o, más frecuentemente, bioquímicas (Jäger, 1983, citado por Del Prado y Cruz, sf), siendo en este último caso consecuencia de las diferencias genéticas existentes entre distintas especies vegetales.

Tal acción selectiva supone que determinadas especies de plantas cultivadas, y también de malas hierbas, son capaces de vivir y crecer a las dosis recomendadas de aplicación agrícola del herbicida, aunque puedan ser controladas a dosis varias veces superiores. Este tipo de respuesta se conoce generalmente como **tolerancia natural** y ha sido definida por la HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) como la *habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después de un tratamiento*, pudiendo considerarse como una característica a nivel de especie. Sin embargo, la variabilidad genética también se da intraespecíficamente (Del Prado y Cruz, sf; Valverde, 2000).

Debido a este hecho y como consecuencia de la presión selectiva, impuesta por la aplicación continuada de herbicidas que caracteriza a los modernos sistemas de producción agrícola, es posible el desarrollo de biotipos de malas hierbas que dejan de ser controlados por un determinado producto al que originalmente eran susceptibles. Tal respuesta se conoce generalmente como **resistencia**, siendo una característica adquirida por una población (biotipo) de una especie que carecía de ella y ha sido definida por la HRAC la *habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después del tratamiento de un herbicida a dosis normalmente letales para la misma especie susceptible*.

En una planta, la resistencia puede ocurrir de una forma natural o puede ser inducida por técnicas como la ingeniería genética o selección de variantes resistentes obtenidas por cultivos de tejidos o mutagénesis. Esta definición, bastante completa en sí, presenta el problema de que se asume que la resistencia está asociada únicamente a factores de tipo fisiológico y/o morfológico. En este sentido, una definición del concepto de resistencia a herbicidas podría contemplar un punto de vista más funcional, incluyendo cambios fenológicos tales como el letargo (Maxwell y Mortimer, 1994, citado por Del Prado y Cruz H., sf). A diferencia de las plantas tolerantes, las resistentes suelen sobrevivir no sólo a las dosis de aplicación agrícola del herbicida sino a otras bastante superiores (De Prado y Cruz H., sf; Valverde, 2000).

El término de **tolerancia** se usa frecuentemente no sólo para referirse a variaciones entre especies, sino también en relación con la variabilidad dentro de una especie (LeBaron y Gressel, 1982, citado por De Prado y Cruz H, sf). En este caso, tolerancia y resistencia son expresiones que denotan diferencias en intensidad de un mismo fenómeno, considerándose la resistencia como un caso extremo y menos frecuente de resistencia o considerando la tolerancia un mecanismo poligénico y la resistencia uno monogénico (Gressel, 1985, citado por De Prado y Cruz H., sf).

El término **resistencia** suele ir adjetivado con diversos modificadores que hacen alusión a la posible pluralidad existente tanto en los mecanismos de resistencia que posee un individuo como en los herbicidas a los que éste es resistente. Surgen así los conceptos de **resistencia cruzada** y **resistencia múltiple**. Dependiendo de los autores consultados, estas definiciones se asociarán a mecanismos de resistencia (Jutsum y Graham, 1995, citado por Del Prado y Cruz. H, sf)

4.8.1 Resistencia cruzada

Es la resistencia de un biotipo de una maleza a uno o más herbicidas, debido a la presencia de un solo mecanismo individual de resistencia (Valverde, 2000).

4.8.2 Resistencia múltiple

Describe aquellas situaciones en que los biotipos resistentes tienen dos o más mecanismos distintos de resistencia a uno o más herbicidas (Valverde, 2000)

4.8.3 Resistencia cruzada negativa

Se refiere a aquellos casos en que un biotipo resistente a un herbicida exhibe un aumento en la susceptibilidad a otros herbicidas con distintos modos de acción o de degradación (Valverde, 2000).

4.8.4 Cultivos resistentes a herbicidas por modificación genética

Son cultivos que poseen genes insertos que le confieren resistencia a cierto herbicida al que habían sido previamente susceptibles (Valverde, 2000).

4.8.5 Evolución de la Resistencia

Comparadas con los insectos y patógenos las malezas tienen ciclos de reproducción relativamente largos lo que ha contribuido a la aparentemente lenta evolución de la resistencia a herbicidas.

Las características de las malezas y del herbicida influyen en la tasa de evolución de la resistencia. Por tanto, en el caso de la maleza, las características más importantes son la frecuencia de genes, el tamaño y viabilidad del banco de semillas del suelo y la adaptabilidad al medio. En el herbicida se deben considerar factores como eficacia, dosis, frecuencia de aplicación y persistencia en el suelo. La importancia relativa de estos factores se ha tratado de determinar mediante el uso de modelos (Gressel y Segel, 1990 citado por Valverde, 2000). Dichos modelos y la experiencia práctica indican que el factor principal en la evolución de la resistencia es la presión de selección, impuesta por el herbicida. La presión de selección depende de la dosis de herbicida utilizada, su eficacia y la frecuencia de aplicación. Los herbicidas persistentes imponen una mayor presión de selección que los no persistentes. La disminución de la dosis de herbicidas puede agravar en vez de disminuir los problemas de resistencia, porque puede propiciar la selección de resistencia poligénica, es decir, la resistencia que depende de más de un gen y se manifiesta

como un incremento progresivo en el grado de resistencia de la planta de una generación a la siguiente (Cousens y Mortimer 1995, citado por Valverde, 2000).

Cada especie tiene una constitución genética particular y se considera que los genes de resistencia están presentes en las poblaciones silvestres, aunque en una proporción muy baja. Esta proporción se incrementa, conforme la presión de selección aumenta, por el uso continuo del mismo herbicida o de compuestos que pertenecen a la misma familia química o que comparte el mismo modo de acción, o de herbicidas que son metabolizados de manera similar en la planta. A medida que aumenta la tasa de mortalidad obtenida con el herbicida aumenta también la presión de selección.

La evolución de la resistencia está íntimamente relacionada con la heredabilidad de los genes responsables de esa resistencia y con las características reproductivas y de polinización de cada especie de maleza, así como, con la adaptabilidad al medio de las poblaciones resistentes. En algunos casos los individuos resistentes están menos adaptados al medio en ausencia del herbicida que las plantas normales o susceptibles. Esta pérdida de adaptabilidad puede percibirse como un descenso en la eficiencia fisiológica de un proceso como la fotosíntesis, menor producción de semillas o disminución de la habilidad competitiva. La mayoría de las malezas resistentes no son menos aptas que las normales, lo que dificulta aún más el manejo de la resistencia.

También es importante considerar el reservorio o banco de semillas en el suelo en la evolución de la resistencia. Dado que históricamente el banco de semillas se ha enriquecido con las semillas producidas por los individuos susceptibles, que son los predominantes, el reservorio cumple la función de retrasar la evolución de la resistencia en el campo.

Por otro lado cabe destacar que en cualquier cultivo convencional, el uso de agroquímicos necesariamente va a generar resistencia en las poblaciones biológicas que se quiere controlar, sean estas de insectos o de "malezas". La duda que queda solamente es qué tan rápido se va a desarrollar esta resistencia, y es por eso que los agricultores han tenido que cambiar de un químico a otro, cada vez más fuerte.

Ríos, 2005, menciona que el herbicida glifosato se introdujo al mercado en el año 1974 y el primer caso de ocurrencia de resistencia fue reportado en 1996, habían transcurrido 22 años, no obstante en otros herbicidas la detección de la resistencia fue con significativamente menos años de uso. Asimismo es el herbicida que tiene menores reportes de resistencia y sin embargo, es el herbicida de mayor venta a nivel mundial, con un uso intensivo determinado por aplicaciones sucesivas por año y durante años. Luego del primer caso de resistencia de *Lolium rigidum* reportado en Australia en 1996, más recientemente se sumaron *Eleusine indica* en Malasia, *Conisa canadiensis* en USA, *Conisa bonariensis* y *Plantago lanceolata* en Sudáfrica y *Lolium multiflorum* en Chile y Brasil. El glifosato sería el herbicida con el cual se estaría ejerciendo la mayor presión de selección a nivel mundial determinada por las mayores áreas de aplicación, la frecuencia de uso y la eficiencia del producto, sin embargo como se señaló son seis las malezas en seis países, a diferencia de otros herbicidas que presentan infinidad de referencias de ocurrencia de resistencia. Esta situación marcadamente diferencial estaría denotando que el glifosato ejerce menor presión de selección comparativamente con otros herbicidas y serían algunas de sus características bioquímicas, químicas y biológicas las que explicarían este comportamiento.

Cabe destacar sin embargo, que Cotero, M. 2007, señala que en 1982, se determinó que en la región de Chapingo, México, la maleza *Ipomoea purpurea* L. es altamente tolerante al herbicida glifosato. El problema de la resistencia de malezas a los herbicidas está creciendo de manera alarmante en los países con uso intensivo de estos agroquímicos. Si bien en 1970 los casos de resistencia adquirida de las malezas a los herbicidas eran raros, ya hoy se conoce un buen número de especies que muestran una alta resistencia a los más variados herbicidas. Esta situación ha creado serios problemas de infestaciones de especies resistentes y de pérdidas de cosecha, con el consiguiente daño económico al agricultor

4.8.6 Diseminación de la resistencia

Las poblaciones de maleza resistente se pueden diseminar a través de sus semillas, los que actúan como contaminantes de las semillas del cultivo o del equipo agrícola, como las cosechadoras. En numerosos casos de resistencia debidamente documentada, aparentemente las poblaciones resistentes coevolucionan en forma simultánea en sitios

diferentes, en base a la experiencia se podría pensar que la amplia evolución de la resistencia a herbicidas debió originarse en forma independiente y no por la diseminación de semillas de plantas resistentes entre regiones productoras de arroz o entre países.

4.8.7. Mecanismo de Resistencia

La mayoría de las malezas se tornan resistentes a los herbicidas debido a los cambios en su sitio de acción. El segundo mecanismo en orden de importancia es el que se base en el metabolismo acelerado o la rápida degradación del herbicida en la planta. Con mayor frecuencia la resistencia puede atribuirse a la absorción y transporte limitado o al secuestro del herbicida. En algunos casos es posible que intervengan más de un mecanismo, pero el resultado final en la planta es el mismo, el herbicida no está disponible en el sitio de acción en la maleza. (Alemán, 1997)

La resistencia se debe a un incremento en la actividad de la enzima Aril Acilamidasa (AAA) protegiendo al cultivo del daño (Fear y Still 1968, citado por Valverde, 2000). Los biotipos resistentes y susceptibles absorben cantidades similares de herbicidas cuando se aplica sobre las hojas. Las plantas adultas adsorben más productos que las plántulas. (Leah *et al.* 1995, citado por Valverde, 2000). La resistencia se mantiene e incluso se incrementa en las plantas adultas a pesar AAA, y el metabolismo del herbicida disminuye con la edad de la planta. Posiblemente en las plantas más desarrolladas existen otros mecanismos adicionales a la actividad de AAA, que contribuyen a incrementar la resistencia. (Valverde, 2000.)

4.9 Características de los herbicidas utilizados en el ensayo

4.9.1 Glufosinato de Amonio: Acido 2 – amino – 4 – (hidroximetilfosfinil) butanoico.

No pertenece a ninguna familia química de aceptación general (amino ácido fosforilado o derivado de amino ácidos. (Ver anexo 2).

Es un herbicida no selectivo soluble en agua para ser aplicado al follaje de un amplio espectro de malezas; se mueve poco en la planta por lo que una buena cobertura del follaje aplicado es importante. Debe evitarse el contacto de este herbicida con partes verdes de

vegetación que no se desea destruir. No provee control residual ni controla estructuras subterráneas o plántulas antes de emerger del suelo. Aplicación sobre vegetación bajo déficit hídrico suelen resultar un pobre control.

Los síntomas que produce son clorosis y marchites, generalmente ocurren entre tres y cinco días después de la aplicación, seguido de necrosis en una a dos semanas. El grado de desarrollo de los síntomas aumenta con la alta intensidad de luz, alta humedad y suelo húmedo. Las plántulas no son dañadas si el producto se aplica antes que broten del suelo. Es un herbicida de contacto que actúa sobre tejido verde con el que entra en contacto. El transporte es mínimo y varía entre especie de malezas, se requiere de un período de 6 horas sin lluvia, luego de la aplicación, para máxima eficacia.

Después de la absorción el ingrediente activo actúa en la hoja. No se ha detectado actividades desde la raíz en plantas ya emergidas, ni se causa daño a plántulas antes de la emergencia. Bajo condiciones normales el amoníaco (NH_3), producido durante varios procesos metabólicos como la reducción del nitrato, fotorespiración y metabolismo de aminoácidos, se unen al ácido glutámico para formar glutamina, proceso catalizado por la enzima glutamina sintetasa. El glufosinato inhibe la actividad de ésta enzima. Como resultado, poco después de la aplicación del producto, se acumula el amoníaco en las células y las destruye, ya que es una fuerte fitotoxina. Al mismo tiempo se inhibe severamente la fotosíntesis. Como el amoníaco es producido sobre todo durante la reacción ligada al transporte electrónico de la fotosíntesis, su acumulación es mayor en plantas superiores tratadas con el herbicida y expuestas a la luz, que en aquellas mantenidas en la oscuridad o sombra.

Tiene un alto potencial de lixiviación en el suelo, de ahí que su adsorción es débil, sin embargo, estudios de campo han mostrado que no se mueve más allá de quince centímetros de profundidad en el perfil del suelo, probablemente debido a su rápida degradación por microorganismos. La vida media en el suelo es de siete días.

4.9.2 Glifosato. N-Fosfometil-glicina

El glifosato no pertenece a ninguna familia química de aceptación general. Es un herbicida de amplio espectro útil para el control de maleza en cultivos, áreas no agrícolas y malezas acuáticas no es selectivo y es muy eficaz contra especies perennes de raíz profunda y contra malezas anuales y bianuales gramíneas, ciperáceas y de hoja ancha. Debe aplicarse antes de la siembra o de la emergencia de los cultivos, si no estos resultarían dañados. Se han desarrollado algunas técnicas para aplicarlo de manera dirigida y así evitar contacto con cultivos ya establecidos.

El principal sitio de acción del glifosato es la ruta metabólica, el ácido shikímico, donde inhibe la actividad de la enzima EPSP (5-enolpiruvilshikímato-3-fosfato), sintetasa, involucrada en la síntesis de los aminoácidos aromáticos Triptófano, Tiroxina, fenilalanina. Los síntomas en las plantas es inhibir el crecimiento poco después de su aplicación, seguido por clorosis y necrosis foliar generalizadas, cuatro a siete días después en gramíneas muy susceptibles y diez a veinte días después en especies menos susceptibles. La clorosis se puede desarrollar primero y ser más pronunciadas en hojas inmaduras y puntos de crecimiento. En algunas especies el follaje a veces se torna rojizo violeta. El rebrote en especies perennes y leñosas a menudo sale deforme, con estriaciones o marcas blanquecinas en los nudos se pueden desarrollar brotes conocidos como escoba de bruja.

La absorción y transporte. Es moderadamente absorbido a través de la cutícula, cuando se aplica en post emergencia. La sal isopropilamina del glifosato se absorbe con mayor facilidad que el ácido. Surfactantes y el sulfato de amonio aumenta la absorción de sal isopropilamina. El transporte del glifosato a través de la plasmalema es más lento que para la mayoría de herbicidas (especialmente que los no polares), es probable que ello se deba a su carga negativa a valores de pH fisiológico, un transportador de fosfato podría contribuir en el movimiento del glifosato a través de la plasmalema. Se transporta sobre todo por el simplasto, con acumulación en tejidos subterráneos, hojas inmaduras y meristemas.

Es de rápida y fuerte absorción por lo que se lixivian poco, con una vida media inferior a los sesenta días (60). Las pérdidas desde el suelo por foto descomposición o volatilización son despreciables. En general se acepta que el glifosato no tiene actividad pre emergente en el

suelo; con inhibición de germinación de semilla. Agüero, 1995 señala que no hay casos de resistencia en malezas conocidos, que hayan resultado del uso de glifosato en el campo.

4.9.3 Imazapir

Es un herbicida selectivo de aplicación en postemergencia temprana o en pre siembra. Es una imidazolinona que tienen baja presión de vapor, lo que impide que se volatilicen del suelo en condiciones normales. La hidrólisis química tampoco parece ser un mecanismo de degradación importante en el suelo. Con respecto a la foto descomposición si no se encuentran en solución acuosa son muy estables a la luz ultravioleta, pero en solución se degradan rápidamente. El tipo de arcilla, la existencia de hidróxidos de Fe y Al, el pH y el contenido de humedad juegan un papel importante en la inmovilización de las imidazolinonas por adsorción.

Con respecto a su modo de acción, las plantas absorben el producto por las raíces y el follaje y se trasloca por el xilema y floema a las regiones meristemáticas que son el primer tejido afectado, cesando el crecimiento. También puede observarse decoloración. Su mecanismo de acción consiste en inhibir la síntesis del ácido acetoláctico: a consecuencia de esta inhibición enzimática, decrecen los niveles de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina. La muerte de las malezas puede ocurrir varias semanas después del tratamiento: la acción de las imidazolinonas es muy lenta. Presenta una acción sistémica residual.

Controla malezas de hoja ancha inclusive chinchilla y abrojillo, y gramíneas como sorgo *de* Alepo de rizoma y cebollín, destacándose sobre ésta última maleza. En condiciones óptimas controla sorgo de Alepo de semilla y parcialmente a sorgo de Alepo de rizomas. Es menos persistente en el suelo que imazaquín. (Agüero, 1995)

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en el Campus Agropecuario de la UNAN – LEON, ubicado a 1.5 kilómetros carretera a La Ceiba en el período de febrero a septiembre del año 2006. La zona presenta topografía relativamente plana, las condiciones edafoclimáticas son: precipitación promedio anual de 1249mm, temperatura promedio de 28.6°C, humedad relativa 75%, y una altura de 96 msnm. La textura del suelo es franco arenoso, rico en materia orgánica, con vientos predominantes del noreste a suroeste con velocidad de 1.8m/s.

5.2 Material Biológico

Se utilizaron semillas de plantas colectadas en Sébaco y Malacatoya, respectivamente, que sobrevivieron a la aplicación en el campo de Glifosato, Glufosinato de amonio e Imazapir, respectivamente. Cada planta sobreviviente de cada parcela donde se había aplicado cada herbicida, fue extraída para transportarla hasta el Campus Agropecuario, en donde se sembró en maceteras. A cada planta se le asignó un número, y se registró según el herbicida y localidad de donde provenía. De cada planta se obtuvo una cantidad de semillas que representa la segunda generación, (F2), las cuales fueron colocadas en envases plásticos y rotulada con la información de la localidad, herbicida y número de planta. Estas semillas fueron usadas para los bioanálisis.

5.3 Descripción del Bioanálisis

Las semillas fueron colocadas en platos petri sobre papel filtro humedecido con una solución de nitrato de potasio al 0.02%, para estimular la germinación, durante 24 horas. Posteriormente se lavaron las semillas cambiando el agua diariamente hasta que germinaron y estuvieron listas para el transplante (a los 5 días después de colocadas en los platos). Los platos petri conteniendo las semillas se sellaron con parafilm y se colocaron a temperatura ambiente.

Cuando las plántulas desarrollaron su primera hoja se trasplantaron cinco de ellas por macetera plástica de 15 cm. de diámetro, a la cual se le adicionó previamente suelo y 2 gramos de fertilizante completo 15-15-15. Las plántulas se trasplantaron en horas de la tarde para prevenir su desecación. Estas plantas fueron usadas para el bioanálisis cuando emitieron el primer hijo (20 – 25 días después del trasplante) aplicando el herbicida correspondiente a cada bioanálisis.

5.4 Bioanálisis preliminar

Para iniciar el estudio de resistencia se aplicaron por separado tres dosis de herbicida: 1) testigo sin tratar; 2) la dosis comercial del herbicida y 3) el doble de la dosis comercial. El experimento se realizó con las plantas que sobrevivieron a la aplicación de campo de cada herbicida, las tres dosis del herbicida indicadas y cuatro repeticiones. Los herbicidas evaluados fueron: Imazapir, Glifosato y Glufosinato de amonio. Se usó una bomba para aplicación con capacidad de 5 litros. El equipo se calibró para que descargara exactamente 200 lt/ha.

5.5 Calibración de la bomba de presión

Se procedió a llenar el tanque con agua y se asperjó para medir el ancho de la rociadura, luego se chequeó la velocidad con que se caminaba mientras se asperjaba y se midió el tiempo y la distancia recorrida. Luego se multiplicó el ancho de la rociadura por la distancia caminada. Se calculó cuántos litros por minutos de caldo tiene que salir de la boquilla para poder aplicar los 200 lts/ ha que se había calculado rociar. Se recogió el caldo en un beacker para verificar la cantidad descargada en 60 segundos, bombeando con la misma frecuencia como si estuviéramos asperjando las plantas (Ciba Geigy, sf).

5.6 Bioanálisis

Con base en las pruebas preliminares se seleccionaron plantas que en apariencia fueron resistentes al herbicida en la prueba preliminar. Los bioanálisis definitivos consistieron de 8 dosis más 1 testigo sin tratar. El ámbito de dosis para cada herbicida está indicado en el Cuadro 1, todas aplicadas a razón de 200Lt/ ha. Cada bioanálisis consistía de ocho dosis, incluyendo el testigo y cuatro repeticiones, para un total de 160 plantas por bioanálisis

. En cada dosis se tomaron cuatro maceteras con cinco plantas cada una. Las dosis evaluadas fueron dentro de un rango creciente de 0.031 a 4 l/ha.

A los 10 días después de la aplicación aproximadamente (según el desarrollo de los síntomas), se realizó una evaluación visual de daño y se procedió a cosechar las plantas cortándolas al ras del suelo (base del tallo) para obtener el respectivo peso fresco (por macetera, anotando el número de plantas presentes.) Los resultados fueron analizados usando un análisis de regresión, usando el programa BIOASSAY97, versión 2.51 disponible en línea (Onofri, 2005). Se determinó la curva de respuesta para estimar la RC₅₀, a dosis crecientes de los herbicidas.

El índice de resistencia se determinó usando la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{\text{La dosis ED}_{50} \text{ de la población en estudio}}{\text{Valor de la dosis ED}_{50} \text{ una población susceptible}}$$

Debido a la falta de una población susceptible, los resultados de IR fueron calculadas en base al valor de la ED₅₀ más bajo (considerada la más susceptible) en cada grupo de la población estudiada para cada herbicida (Valverde, comunicación personal).

Cuadro 1. Ámbito de dosis para determinar la respuesta a dosis creciente de herbicida.

Dosis No.	Glifosato lts/Ha	(g i.a/ha)	Glufosinato lts/Ha	(g i.a/ha)	Imazapir gr/Ha	(g i.a/ha)
0	0	0	0	0	0	0
1	0,03125	11	0,0218	3	1,11	0.001
2	0,0625	22	0,04375	7	2,23	0.01
3	0,125	45	0,0875	13	4,46	0.03
4	0,25	89	0,175	26	8,93	0.05
5	0,5	178	0,35	53	17,87	0.10
6	1	356	0,7	105	35,65	0.20
7	2	712	1,4	210	71,5	0.43
8	4	1424	2,8	420	143	0.82

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados del ensayo con el herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz maleza (*Oriza sativa*), de la localidad de Sébaco.

Los daños visibles del herbicida Glifosato en las plantas susceptibles se observaron cerca de los tres y cinco días después de la aplicación. Inicialmente las plantas presentaban clorosis y marchites generalizada, seguido de la necrosis de los tejidos y la muerte eventual de las plantas en las dosis más altas de 2 y 4 lts/ha (Tabla 1) para las plantas susceptibles.

Las plantas 26, 33, 36 y 44B (Tabla 1, Gráfica 1), no mostraron ningún síntoma de clorosis o necrosis, solamente presentaban los tallos rojizos – violeta, cerca de los diez días después de la aplicación en las dosis más altas. Estas plantas registraron una pronta recuperación, sin embargo, se observó que los rebrotes fueron deformes, con estriaciones o marcas blanquecinas para las plantas más afectadas, en cambio las menos afectadas no presentaron estos síntomas. Agüero, 1995 señala que estos síntomas son característicos de la acción del herbicida.

El análisis de la variación de los pesos secos de las plantas indicó que respondieron diferente a las dosis del herbicida. Los valores observados y los valores predichos que se muestran en la Gráfica 1 y 2 demostraron que el modelo logístico no proporcionó en todos los casos, un buen ajuste de los datos, debido a que no todas las plantas mostraron el efecto esperado, o sea, a mayor dosis menor peso y a menor dosis mayor peso; sin embargo, se observa que la respuesta de las plantas fue diferente. Esto probablemente causado por la variabilidad genética de las plantas o por factores ambientales como viento en el momento de la aplicación.

La dosis ED_{50} calculada demostró que las plantas 39, 20 y 38 de la localidad de Sébaco presentaron la ED_{50} más baja de 0.080, 0.21y 0.25 lts/ha respectivamente, por lo que se le consideran las plantas más susceptibles de esta localidad. Mientras que, las plantas 44B, 36, 33 y 26, fueron las que obtuvieron la ED_{50} más alta de 0.41, 0.44, 0.44 y 0.48,

respectivamente, por lo que se le consideran como las plantas que presentaron una mayor tolerancia al herbicida (Tabla 1). El incremento de la ED₅₀ más baja y la más alta es del orden del 2.09, lo que muestra una diferencia en la respuesta (susceptibilidad) de las plantas de arroz maleza al Glifosato.

Las plantas 44B, 33, 44A obtuvieron un peso de 3.09, 1.84 y 1.38g respectivamente, éstos son mayores que el peso obtenido por el resto de las plantas tratadas con la dosis de 2 lts/ha. Las plantas 33, 44A y 19 en la dosis de 4lts/ha presentaron los pesos más altos que el resto de las plantas de 1.24, 0.77 y 1.23g, respectivamente; los valores mínimos del peso seco en la dosis de 2 lts lo mostraron las plantas 39, 20, y 34 los pesos fueron 0.52, 0.61, 0.62g, respectivamente, y en la dosis de 4lts/ha las plantas 38, 20, 39 y 26 obtuvieron el menor peso de 0.21, 0.31, 0.33 y 0.35g, respectivamente, cuando se comparan con el resto de las plantas. Puesto que estas plantas nunca alcanzaron un peso con valor cero en la dosis más alta aplicada se puede afirmar que el arroz maleza de Sébaco presenta diferentes grados de tolerancia al herbicida Glifosato.

Solo la planta 20 alcanzó valores de pesos menores y más próximos a cero de 0.61 y 0.31g en dosis 2 y 4lts/ha, respectivamente. Por lo antes mencionado podemos decir que esta planta es la más susceptible al herbicida Glifosato en esta localidad. Sin embargo, la planta 44B presentó un peso de 3.09g más alto que el resto de las plantas expuestas a la dosis de 2lts/ha, de igual manera la planta 33 presentó un peso de 1.24g mayor al resto de plantas aplicadas en la dosis de 4lts/ha. Esto podría ser un indicativo del desarrollo de biotipos resistentes debido a la presión de selección del glifosato en esta localidad.

Los parámetros calculados en el análisis log-logístico para las plantas probadas se muestran en la Tabla 1, los límites, la pendiente y la dosis efectiva cincuenta (ED₅₀), presentan diversos valores para cada planta. Los valores de las pendientes de las plantas 38 y 36 las cuales obtuvieron valores de 1.45 y 1.40 respectivamente, siendo los más altos de dicha localidad, lo que nos indica que en estas plantas la respuesta a una mayor dosis del herbicida presenta un menor peso, lo que muestra un mayor efecto del herbicida en estas plantas. Por otro lado, las plantas 39 y 44A presentaron pendientes con valores menores

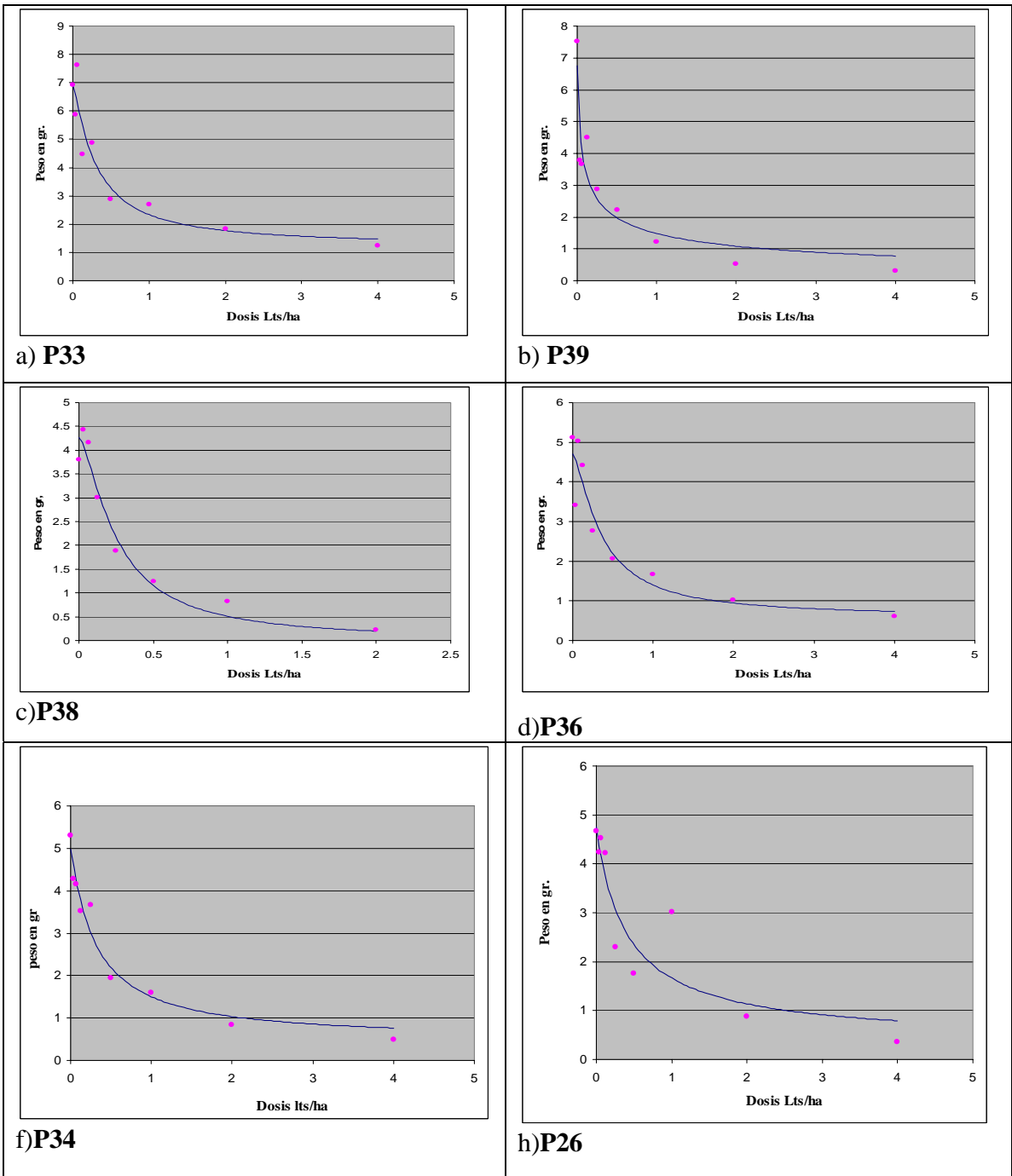
que las anteriores de 0.54 y 0.78, respectivamente, lo que sugiere que en estas plantas a un incremento en la dosis del herbicida la respuesta es menor que en las otras plantas.

Ávila, et al, 2004 usaron los valores de los límites fiduciales (intervalos de confianza del 95%) como un criterio para determinar que una planta es susceptible, tolerante o resistente, comparándolos con una población susceptible, tolerante y resistente, respectivamente. Se observa (Tabla 1) que existe un traslape de los límites fiduciales entre las plantas 39, 20, 38 y 34, esto nos indica que son plantas que respondieron de forma similar a las aplicaciones de Glifosato, el resto de plantas presentaron límites superiores e inferiores distantes entre ellas, lo que nos hace suponer que existen diferentes grados de tolerancia al herbicida por tanto, podemos decir, que tienen diferentes grados de susceptibilidad o resistencia.

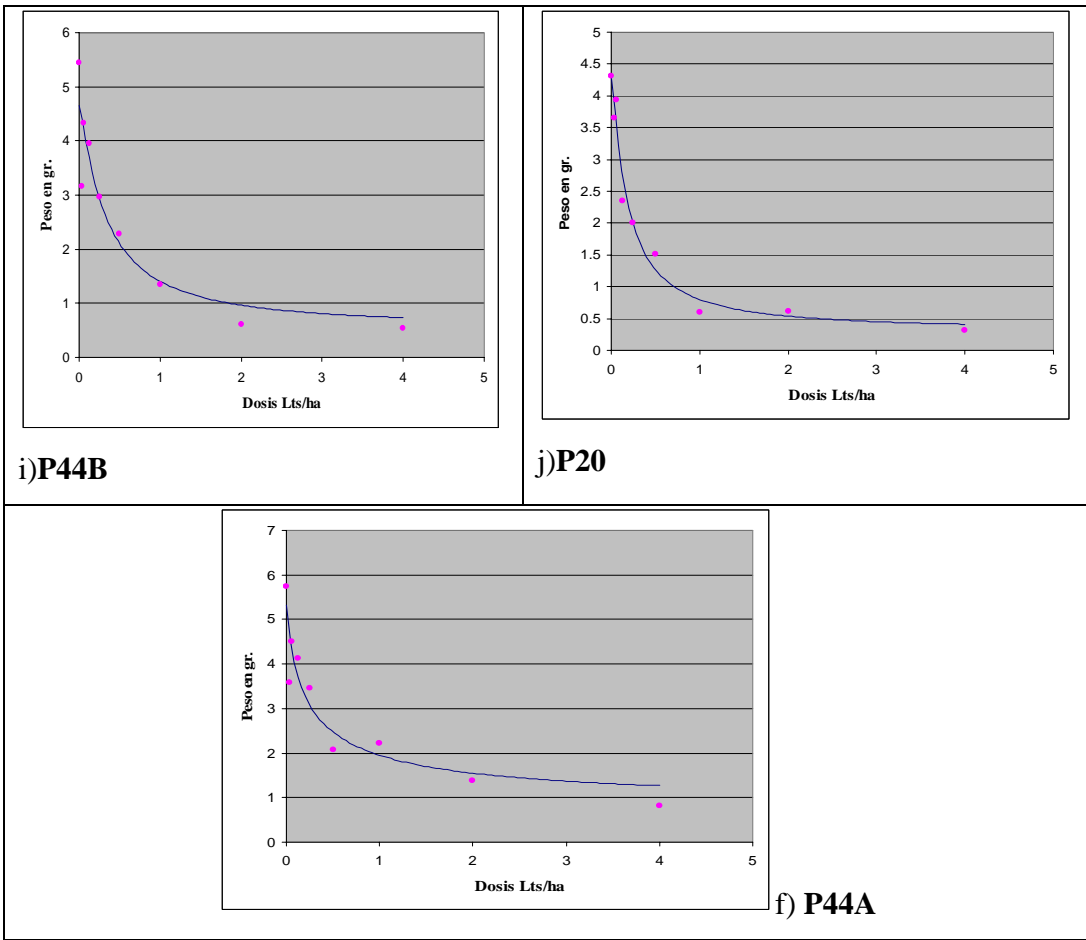
Tabla 1. Valores obtenidos de la Dosis Efectiva Cincuenta (ED₅₀), límites y pendiente de la curva respuesta para cada planta al herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) e índice de resistencia en la localidad de Sébaco. 2006.

No. planta	Dosis ED₅₀ Lts/ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
39	0.080	0.18	-0.023	0.54	1.0
20	0.21	0.32	0.09	1.16	2.62
38	0.25	0.38	0.12	1.45	3.12
44A	0.38	0.85	-0.080	0.78	4.75
34	0.38	0.62	0.14	1.06	4.75
44B	0.41	0.83	-0.008	1.19	5.12
36	0.44	0.83	0.06	1.40	5.50
33	0.44	0.85	0.029	1.20	5.50
26	0.48	1.11	-0.15	0.96	6.0

Con respecto al Índice de Resistencia que se presenta en la Tabla 1, se nota una variación con respecto a la planta 39 que fue usada como la planta susceptible dentro de este grupo, Moss, S., 1999 señala que índices de resistencia entre 2 y 3 se encuentran en poblaciones normales susceptibles, por lo que las plantas 44A y 34, 44B, 36, 33 y 26 podrían indicar el desarrollo de una resistencia parcial al herbicida Glifosato en esta localidad.



Gráfica 1. Valores ajustados (__) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas 33, 39, 38, 36,34 y 26 en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glifosato, en poblaciones de arroz maleza *Oryza sativa* de Sébaco. 2006



Gráfica 2. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glifosato, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Sébaco. 2006.

6.2 Resultados del ensayo con el herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz maleza (*Oriza sativa*), de la localidad de Malacatoya.

Las plantas de la localidad de Malacatoya presentaron una respuesta similar a las plantas de la localidad de Sébaco aplicadas con el herbicida Glifosato cerca de los tres y cinco días después de la aplicación en dosis de 2lts/ha y 4lts/ha.

En la localidad de Malacatoya las plantas 36 y 32 presentan la ED₅₀ más alta con 1.16 y 0.91, respectivamente. En la localidad de Sébaco las ED₅₀ más alta la obtuvieron las plantas 44B y 36 con valores de 0.41 y 0.44, respectivamente. Es notoria la diferencia del valor de la ED₅₀ de la localidad de Malacatoya con respecto a la comunidad de Sébaco,

esto podría significar que las plantas de la localidad de Malacatoya son más tolerantes al herbicida Glifosato que las plantas de la localidad de Sébaco.

La respuesta de las plantas de la localidad de Malacatoya a la dosis alta de 4lts/ha, se observa que las plantas 37, 22 y 27 obtuvieron pesos más altos con 1.78, 1.11, y 0.96 g, respectivamente. En Sébaco las plantas 44B, 36 y 34 con 0.77, 0.61 y 0.52g respectivamente, son las que presentaron los pesos más altos de esta localidad y en esta misma dosis. Como podemos observar los pesos de la localidad de Malacatoya son mayores que los obtenidos por la localidad de Sébaco lo que coincide con lo descrito anteriormente.

Cuando Glifosato se aplicó en dosis de 2lts/ha las plantas 22, 37 y 33 presentaron pesos de 2.07, 1.69 y 1.62g respectivamente, los pesos obtenidos por las plantas de Sébaco aplicadas con esta misma dosis fueron 44B, 33 y 44 con pesos de 3.09, 1.84 y 1.38g, respectivamente. En estas dosis ambas localidades presentan pesos similares sin mucha diferencia entre ellos esto significa que el efecto fue igual.

En la Tabla 2 podemos observar los valores de la pendiente de las plantas 27 y 36 presentaron un valor de 1.64 y 4.40 respectivamente. En la localidad de Sébaco las plantas con mayor valor fueron la 38 y 36 con 1.45 y 1.40 respectivamente. Se observa que la localidad de Malacatoya presenta los valores más altos al compararlos con las plantas de Sébaco. Una pendiente más alta indica un cambio en la respuesta, o sea a un incremento en la dosis del herbicida el peso disminuye más rápido que en una pendiente menor.

En la misma Tabla 2 se observa un traslape de los límites fiduciales entre las plantas 30, 24, 32 y 27. Siendo estas las plantas que respondieron similar a las aplicaciones de Glifosato, el resto de plantas la respuesta fue diferente entre ellas, por lo que podemos decir que también en esta localidad se presentan diferentes grados de tolerancia a Glifosato.

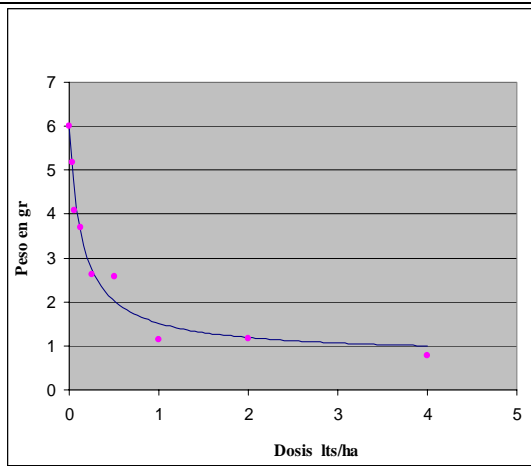
Al comparar el IR obtenida en estas plantas observamos en la Tabla 1 que los valores son mayores que 3, a excepción de la planta 44 y la planta 33 que se consideró la planta susceptible de esta localidad. El incremento del IR con respecto a las plantas de la localidad de Sébaco es un indicativo de que en esta zona hay mayor presión de selección a

desarrollar una posible resistencia, pues como se ve hay un incremento de hasta 32 veces en la planta 36 que se puede interpretar como un alto nivel de resistencia y las plantas 37 y 30 muestran una resistencia parcial con valores de IR de 5.5.

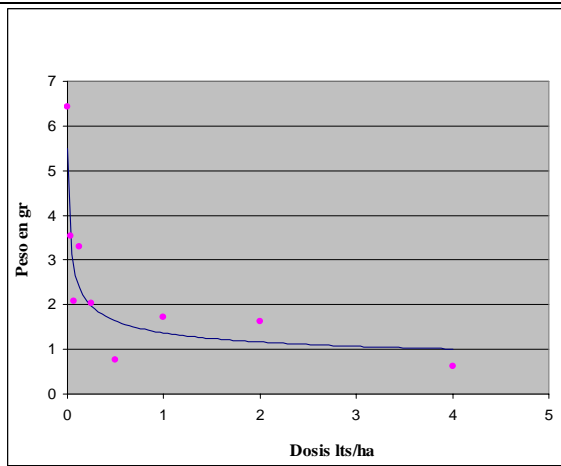
Tabla 2. Valores obtenidos de la dosis Efectiva Cincuenta (ED_{50}), Límites y Pendiente de la curva respuesta para cada planta en el herbicida Glifosato en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) en la localidad de Malacatoya. 2006

Nº. planta	Dosis ED_{50} Its/ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
33	0.036	0.10	-0.03	0.51	1.0
44	0.08	0.28	-0.10	0.49	2.22
37	0.20	0.54	-0.13	0.76	5.5
30	0.20	0.30	0.10	0.94	5.50
24	0.36	0.68	0.04	1.03	10.0
32	0.37	0.52	0.21	0.98	10.27
27	0.39	0.61	0.17	1.64	10.8
22	0.91	2.12	-0.28	0.98	25.27
36	1.16	3.07	-0.73	4.40	32.22

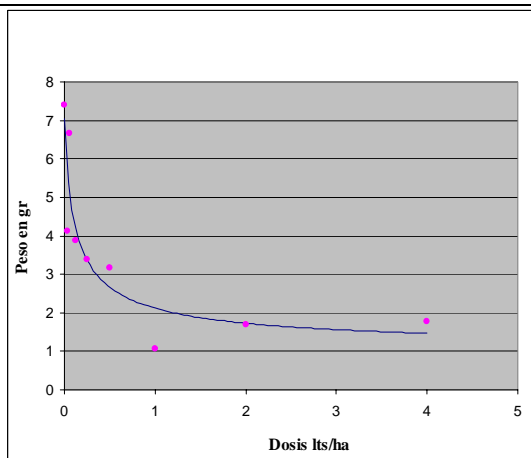
Se observa en la Gráfica 3 y 4 los valores observados y calculados para la curva respuesta a dosis crecientes del herbicida Glifosato en las plantas de Malacatoya, respectivamente. En ambas grupos se observa una disminución del peso de las plantas a medida que se incrementa la dosis del herbicida. Ninguna de las dosis aplicadas causó la muerte de las plantas, o sea no se logró obtener el valor cero en biomasa. Es notoria también que la curva de respuesta logística varía en cada planta mostrando diferentes grados de tolerancia al herbicida, tal como se discutió anteriormente.



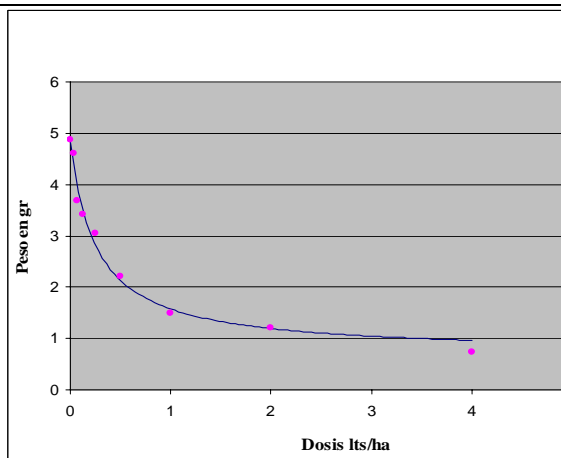
a)P30



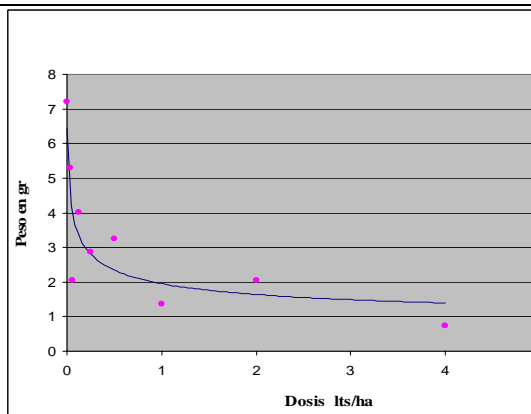
b)P33



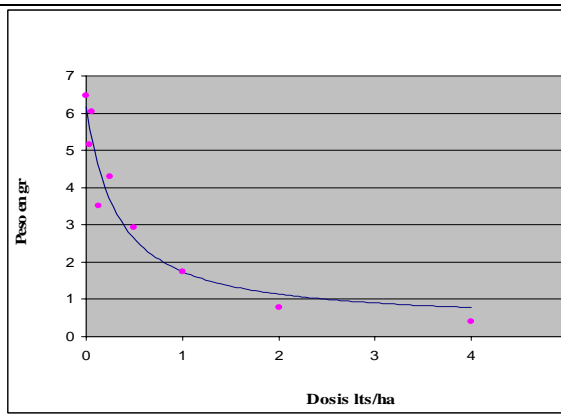
c)P37



d)P32

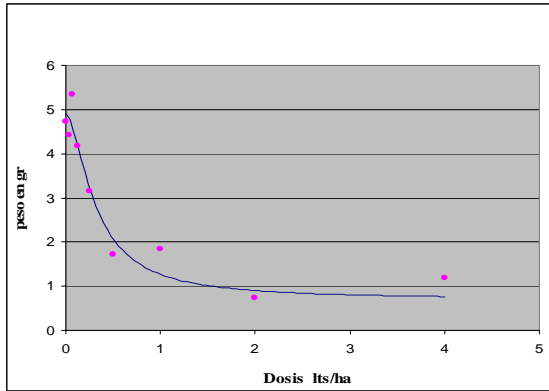


a)P44

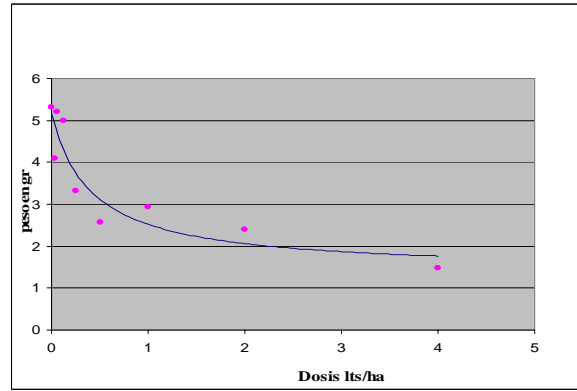


b)P24

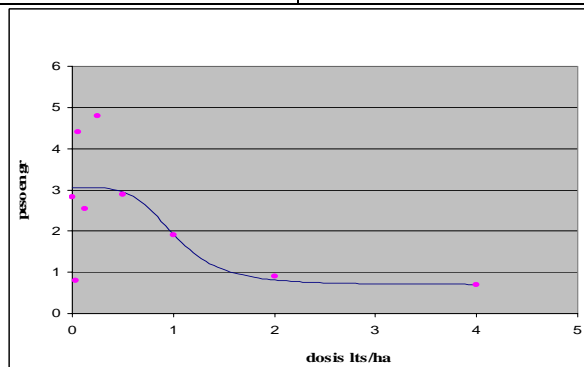
Gráfica 3. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glifosato, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Malacatoya. 2006.



c)P27



d)P22



f)P36

Gráfica 4. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glifosato, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Malacatoya. 2006.

6.3 Resultados del ensayo con el herbicida Glufosinato de amonio en poblaciones de Arroz maleza (*Oryza sativa*), de la localidad de Sébaco.

Los efectos producidos por la acción del herbicida Glufosinato de Amonio en las plantas de arroz maleza de la localidad de Sébaco son similares a los provocados por los herbicidas Glifosato e Imazapir. La diferencia es que los daños se presentan a los cuatro días después de la aplicación, en dosis de 1.4lts/ha y 2.8lts/ha, para las plantas más susceptibles.

Al observar la ED₅₀ de las plantas sometidas a la aplicación del herbicida en esta localidad, se observó que la planta 9 obtuvo una ED₅₀ de 17.61, por lo que se la considera la planta con posible resistencia o mayor tolerancia al herbicida Glufosinato de Amonio. Este

herbicida es utilizado para controlar todo tipo de gramíneas incluyendo esta maleza y ha tenido buenos resultados.

Cuando las plantas de arroz maleza de la localidad de Sébaco fueron aplicadas con el herbicida Glufosinato de Amonio en dosis más altas, de 1.4lts/ha y 2.8l/ha, la planta 9 obtuvo el mayor peso con 5.31g y 4.34g en ambas dosis. La planta 35 presentó el menor peso con 4.88g y 3.75g, en ambas dosis. Debido a que los valores fueron mayores que cero, indica cierto grado de tolerancia de las plantas al herbicida Glufosinato de Amonio.

Al igual que en los pesos, la planta 9, presenta el valor de la pendiente más alto con 1.14 siendo el mayor de esta localidad, seguido por la planta 35 con 0.62 estos resultados nos indican que la biomasa de la planta disminuye al aumentar la dosis del herbicida. En la Tabla 3 se muestran los límites fiduciales de las plantas de arroz rojo de Sébaco aplicadas con el herbicida Glufosinato de Amonio y podemos observar que no existe ningún traslape entre ambas plantas ya que sus límites están distantes entre sí. Esto nos indica que estas plantas son diferentes y muy tolerante a este herbicida.

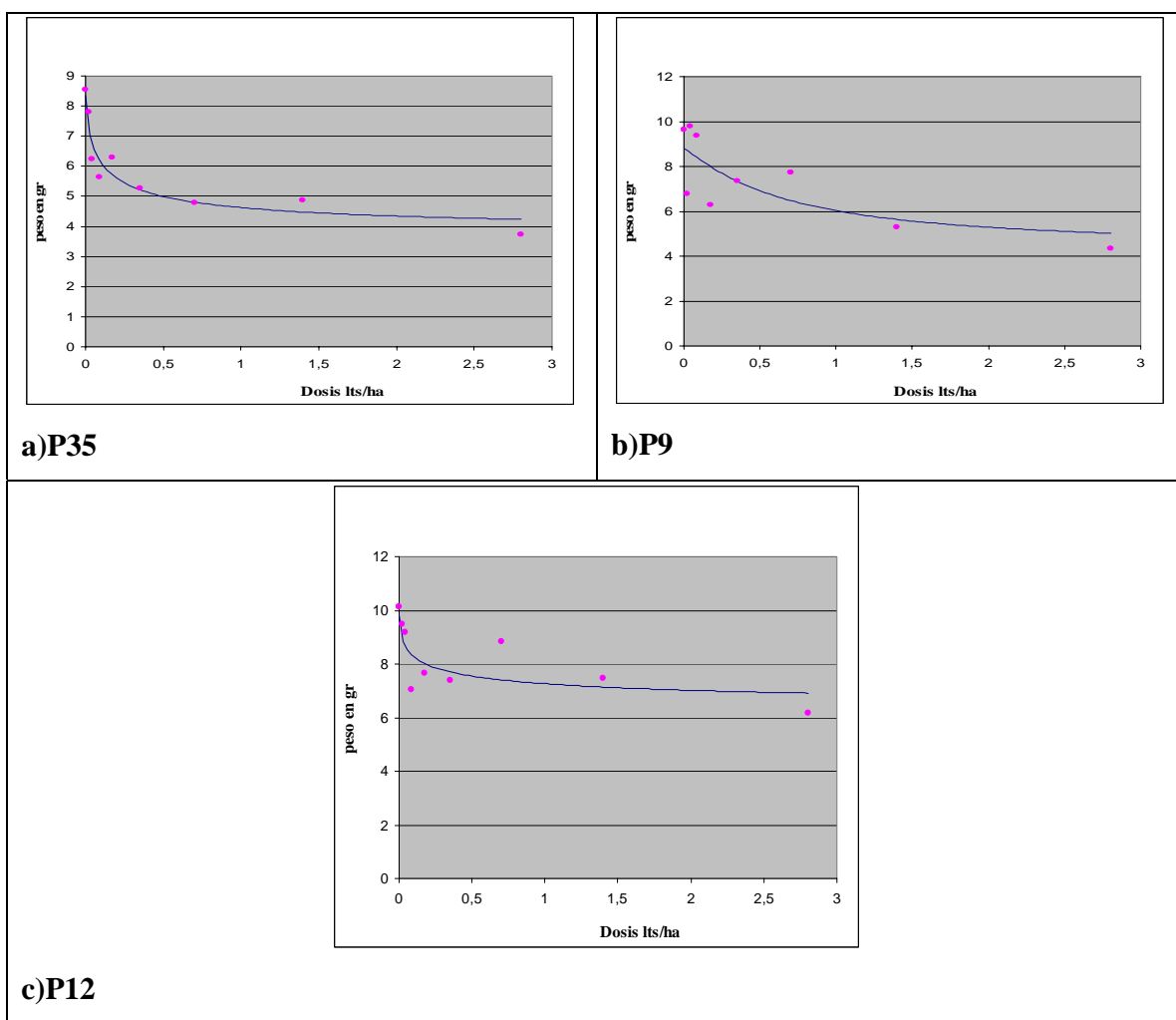
Tabla 3. Valores obtenidos de la Dosis Efectiva Cincuenta (ED₅₀) límites y la pendiente de la curva para cada planta en el herbicida Glufosinato de Amonio en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) e Índice de Resistencia de las plantas en la localidad de Sébaco. 2006

No. planta	Dosis ED₅₀ Lts/ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
35	2.26	7.87	-3.34	0.62	1.0
9	17.61	176.76	-141.54	1.14	7.79
12	*				

* Planta que no fue posible calcular la ED₅₀ debido a una alta heterogeneidad de los datos.

El índice de resistencia obtenido en estas plantas muestra que la planta 9 tiene un valor de IR de 7.79, lo que nos indica un valor de resistencia parcial. Por otro lado, en la planta 12 no fue posible calcular la ED₅₀, según Moss, S., 1999 con poblaciones con alta resistencia se puede dificultar detectar un valor ED₅₀ el índice de resistencia no puede ser detectado. Por ello sería recomendable establecer futuros estudios para detectar con certeza un posible desarrollo de resistencia de las plantas de Malacatoya al Glufosinato de Amonio.

Se observa en la Gráfica 5 la curva respuesta a dosis crecientes del herbicida Glufosinato de Amonio en las plantas de Sébaco. En este grupo se observa una disminución del peso de las plantas a medida que se incrementa la dosis del herbicida. Ninguna de las dosis aplicadas causó la muerte de las plantas, o sea no se logró obtener el valor cero en biomasa. Es notoria también que la curva de respuesta logística varía en cada planta mostrando diferentes grados de tolerancia al herbicida, tal como se discutió anteriormente.



Gráfica 5. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glufosinato de Amonio, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Sébaco. 2006.

6.4 Resultados del ensayo con el herbicida Glufosinato de Amonio en poblaciones de Arroz maleza (*Oriza sativa*), de la localidad de Malacatoya.

Al aplicarse Glufosinato de Amonio a las plantas de arroz maleza de la localidad de Malacatoya se observaron los daños a los cuatro días después de la aplicación en dosis de 1.4lts/ha y 2.8lts/ha (Cuadro1) para las plantas susceptibles igual que en la localidad de Sébaco.

Las plantas 27, 21 de la localidad de Malacatoya presentaron la ED₅₀ más alta que el resto de las plantas con 619.33 y 10.56, respectivamente. En la localidad de Sébaco las plantas 35 y 9 aplicadas con el mismo herbicida y las mismas dosis presentaron una ED₅₀ de 2.26 y 17.61 respectivamente. Al comparar las ED₅₀ obtenidas por ambas localidades claramente se observa que la localidad de Malacatoya presenta ED₅₀ más alta que la otra. Por lo que podemos decir que las plantas de la localidad de Malacatoya son más resistentes al herbicida Glufosinato de Amonio que las plantas de la localidad de Sébaco.

Cuando las plantas Malacatoya fueron aplicadas en dosis más altas 1.4lts/ha la planta 21 obtuvo el mayor peso con 6.26g y en la localidad de Sébaco la planta 9 es la que presenta el peso más alto con 5.31g. al igual que en la dosis baja en la dosis alta la localidad de Malacatoya obtuvo el mayor peso en comparación con la localidad de Sébaco, siendo la planta 18 de la localidad de Malacatoya con 5.16 y la planta 9 de la localidad de Sébaco con 4.34gr. Según los resultados obtenidos podemos decir que las plantas de la localidad de Malacatoya es más tolerante al herbicida.

En la Tabla 4, se observan las pendientes obtenidas en el análisis logit, en cada una de las plantas de la localidad de Malacatoya y la más alta la presenta la planta 18(22.4), en la localidad de Sébaco la más alta fue la planta 9(6.15). Al comparar las pendientes de la curva respuesta de las plantas de ambas localidades se observa que son mayores en Malacatoya.

También observamos que los límites fiduciales obtenidos por las plantas de arroz rojo de Malacatoya, y estas al igual que las plantas de Sébaco no se traslapan entre sí, ya que sus

límites están muy separados por lo que estas plantas presentan diferentes grados de tolerancia o resistencia a este herbicida Glufosinato de Amonio.

Tabla 4. Valores obtenidos de la Dosis Efectiva Cincuenta (ED_{50}), límites y la pendiente de la curva para cada planta en el herbicida Glufosinato de Amonio en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) y valores de Índice de Resistencia (IR) en la localidad de Malacatoya, 2006

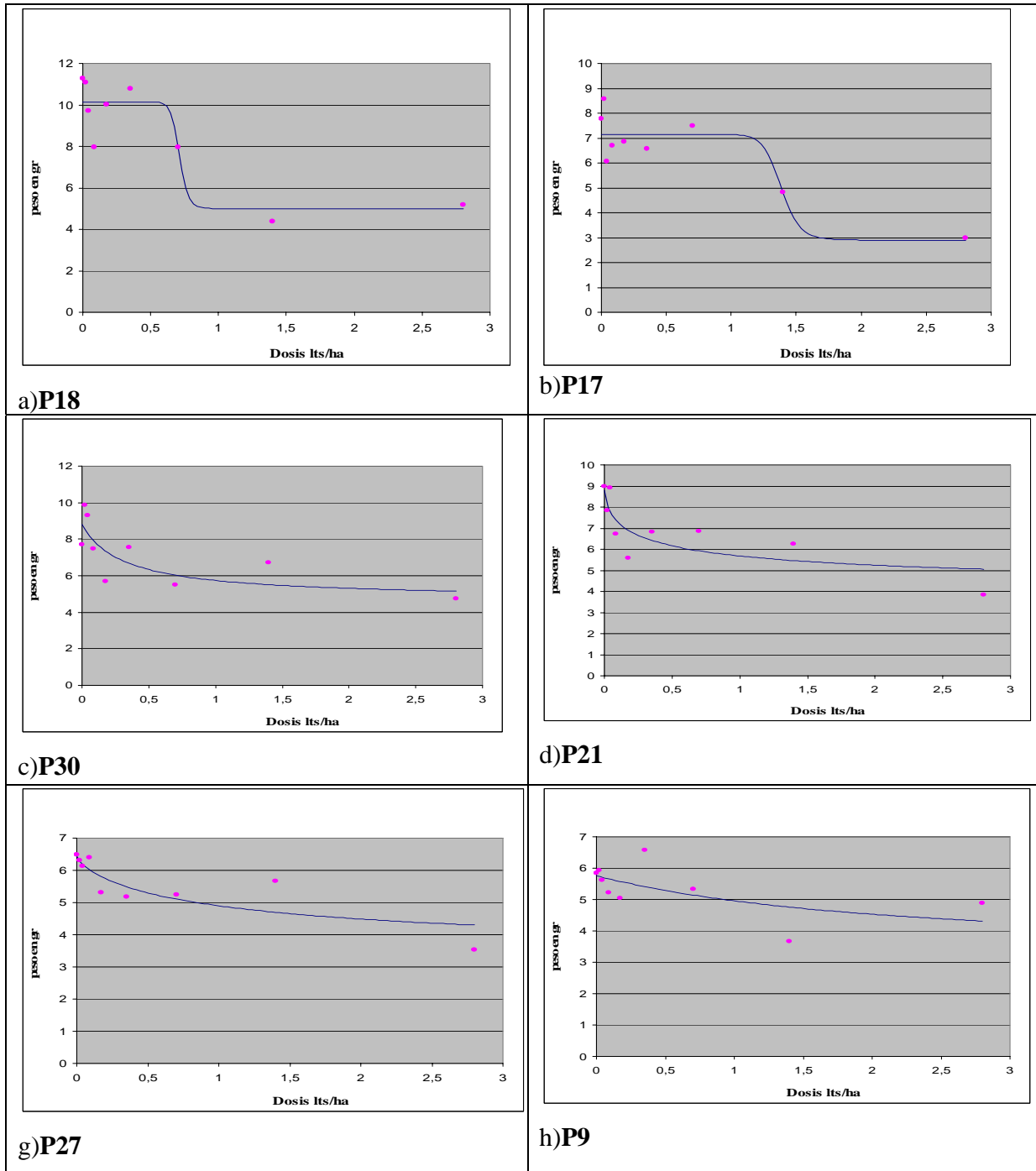
No. Planta	Dosis ED_{50} lts/ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
18	0.85	14274.96	-14273.25	22.4	1.0
6	1.36	6.48	-3.75	0.70	1.60
49	1.49	1043.01	-1040.02	19.20	1.75
17	1.50	2271.29	-2268.27	19.50	1.76
8	4.39	19.09	-10.29	0.68	5.16
21	10.56	61.90	-40.77	0.55	12.42
27	619.33	14222.07	-12983.41	0.7	728.62
30	*				
39	*				
9	*				
40	*				

* Plantas que no fue posible calcular la ED_{50} debido a una alta heterogeneidad de los datos.

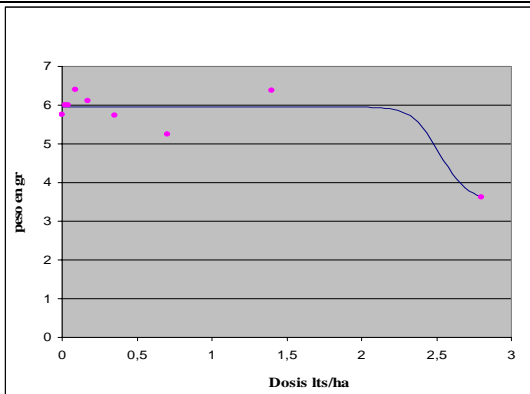
En las plantas de esta localidad, es notorio que hay plantas susceptibles y plantas con un alto grado de resistencia, la planta 27 es la que presenta un IR alto indicando un alto nivel de resistencia al herbicida Glufosinato de amonio, y las plantas 21 y 8 los valores de IR indican una resistencia parcial, mientras que las plantas 18, 6, 49 y 17 serían plantas susceptibles, como se observa en la Tabla 4.

Se observa en la Gráfica 6 y 7 la curva respuesta a dosis crecientes del herbicida Glufosinato de Amonio en las plantas de Malacatoya, respectivamente. En este grupo se observa una disminución del peso de las plantas a medida que se incrementa la dosis del herbicida. Ninguna de las dosis aplicadas causó la muerte de las plantas, o sea no se logró obtener el valor cero en biomasa. Es notoria también que la curva de respuesta logística

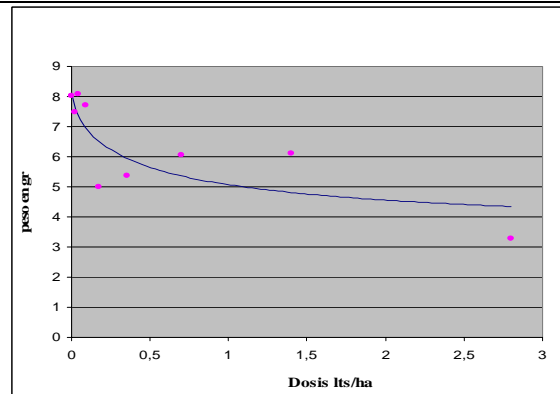
varía en cada planta mostrando diferentes grados de tolerancia al herbicida, tal como se discutió anteriormente.



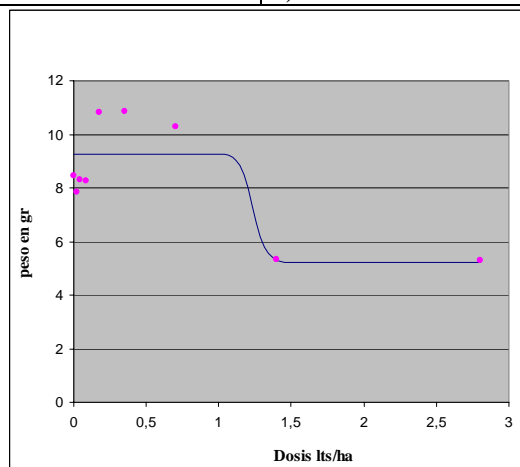
Gráfica 6. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glufosinato de Amonio, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Malacatoya. 2006



e) P39



f) P8



k) P40

Graficas 7. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Glufosinato de Amonio, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Malacatoya, 2006

6.5 Resultados del ensayo con el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz maleza (*Oriza sativa*), de la localidad de Sébaco.

Al aplicarse el herbicida Imazapir en las plantas de la localidad de Sébaco el daño producido por este se observó a los tres y cinco días después de la aplicación en las plantas más susceptibles en dosis más altas de 71.5g/ha y 143g/ha. Los síntomas que se manifestaron fueron clorosis y necrosis en menor grado, además presentaron marchitez generalizada, sin provocar la muerte de la planta. Estos datos coinciden con los encontrados con Ávila *et al*, 2004 que encontraron los mismos síntomas en plantas de arroz maleza con resistencia al herbicida Imazethapyr, que es un herbicida similar a Imazapir.

Después de aplicar Imazapir en las plantas de la localidad de Sébaco se observó que las plantas 13 y 21 presentan la ED₅₀ más alta con 119.027 y 403.08, respectivamente, la ED₅₀ más baja la obtuvieron las plantas 17 y 9 con 52.03 y 65.01 respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos en estas plantas, tanto en las dosis bajas como las altas, podría indicar que son altamente resistentes a Imazapir. En ambas localidades aplicadas con Imazapir la ED₅₀ muy alta esto se debe a gran parte a que Imazapir no es usado para controlar esta maleza. Según (Agüero, 1995) este tiene un mejor efecto en malezas de hoja ancha; en el caso de sorgo Alepo de rizomas, que es una gramínea igual que el arroz rojo, tiene un efecto parcial cuando las condiciones son óptimas.

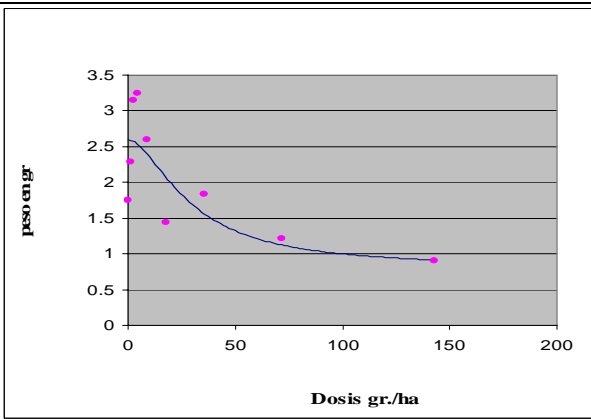
Diez días después de la aplicación con el herbicida Imazapir en las plantas procedentes de Sébaco, se procedió a pesar la biomasa de cada una, obteniendo los siguientes resultados: en la dosis alta de 143g/ha las plantas 9 y 21 presentan los pesos más altos con 1.02 y 1.28 respectivamente, y en dosis más baja fue de 71.5g /ha. Las plantas 33 y 21 con pesos de 1.39gr y 1.28grs respectivamente. Debido a que todas las plantas presentaron pesos altos podemos decir que el arroz rojo de Sébaco aplicado con el herbicida Imazapir presenta diferentes grados de resistencia a este.

En la tabla 5, se muestran los valores obtenidos en el análisis logit en las plantas de la localidad de Sébaco, podemos observar que la pendiente más alta la presenta la planta 9 con 6.15 y la pendiente más baja la obtuvo la planta 21 con 1.43. Los límites fiduciales alcanzados por las plantas de arroz rojo de la localidad de Sébaco aplicadas con Imazapir, muestran que no existe traslape de sus límites. Por lo tanto podemos decir que estas plantas presentan diferentes grados de resistentes a Imazapir. Sin embargo al analizar los valores obtenidos de IR, nos indica que las plantas no son resistentes al herbicida, solamente la planta 21 muestra un valor de 7.71, al compararla con la planta 17 que obtuvo el menor valor. Obviamente al no disponer de una planta de una población susceptible, los índices de resistencia obtenidos son bajos, lo que nos hace recomendar que se realicen más pruebas para estimar mejor el desarrollo de la resistencia a este herbicida.

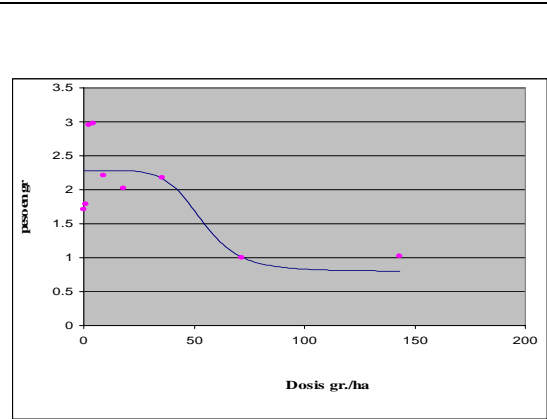
Tabla 5. Valores obtenidos de la Dosis Efectiva Cincuenta (ED_{50}), límites y la pendiente de la curva para cada planta en el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) en la localidad de Sébaco.2006

No. planta	Dosis ED_{50} grs. /ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
17	52.03	144.28	-40.21	1.71	1.0
9	65.01	133.33	-3.310	6.15	1.24
14	87.30	196.20	-29.60	2.25	1.67
33	111.85	513.02	-289.31	2.67	2.14
13	119.027	368.70	-130.64	3.28	2.28
21	403.08	3978.82	-3172.66	1.43	7.74

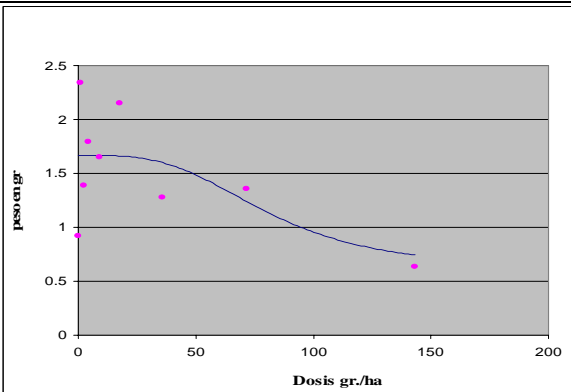
Se observa en la Gráfica 8 y 9 la curva respuesta a dosis crecientes del herbicida Imazapir en las plantas de Sébaco, respectivamente. En este grupo se observa una disminución del peso de las plantas a medida que se incrementa la dosis del herbicida. Ninguna de las dosis aplicadas causó la muerte de las plantas, o sea no se logró obtener el valor cero en biomasa. Es notoria también que la curva de respuesta logística varía en cada planta mostrando diferentes grados de tolerancia al herbicida, tal como se discutió anteriormente.



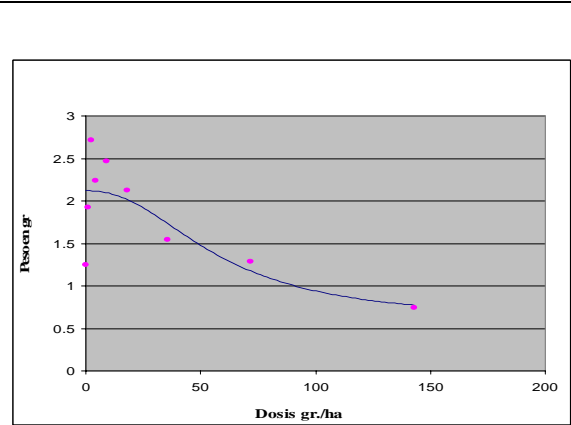
a)P17



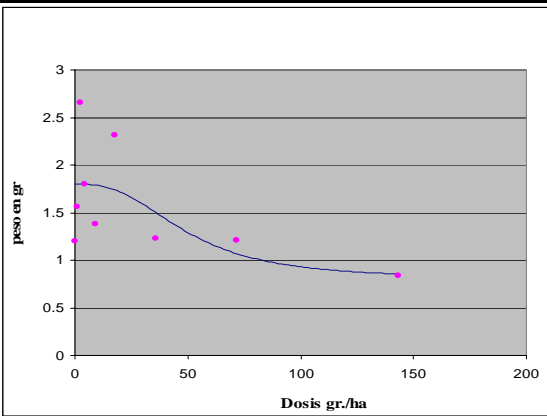
b)P9



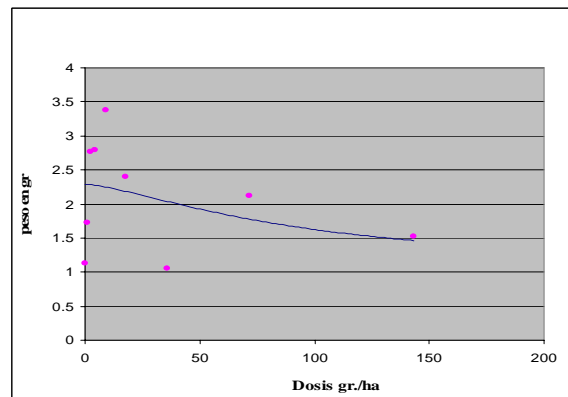
c)P13



d)P14



e)P33



)P21

Graficas 10. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Imazapir, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Sébaco. 2006.

6.6 Resultados del ensayo con el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz maleza (*Oriza sativa*), de la localidad de Malacatoya.

Las plantas de arroz maleza de la localidad de Malacatoya al igual que las de Sébaco fueron aplicadas con el herbicida Imazapir en dosis altas de 71.5g/ha, y 143g/h. e igualmente los daños visibles se presentaron a los tres y cinco días después de la aplicación en las plantas más susceptibles.

Al observar la ED₅₀ más alta en la dosis de 143g/ha. las plantas 40 y 11 eran las más sobresalientes con 211.96 y 178.18grs respectivamente. Estas fueron bajas comparadas con la ED₅₀ obtenidas por las plantas de la localidad de Sébaco que fueron la 13 y 21 con 109.027 y 403.08g respectivamente. Y en la dosis más baja de 71.5g/ha. En la localidad de Malacatoya la única planta que se evaluó fue la planta 42 con una ED₅₀ de 56.40 y en la localidad de Sébaco la planta 17 con 52.03. En vista de que la ED₅₀ es similar en ambas localidades y dosis podemos decir que las dos son resistentes al herbicida Imazapir.

Las plantas de Malacatoya que presentaron los pesos más altos en la dosis de 143g/ha fueron la 3 y la 40 con 1.41 y 0.77g, respectivamente. En la localidad de Sébaco las plantas con mayor peso aplicadas con esta misma dosis son la 9 y la 21 con 1.02 y 1.28g respectivamente. Con respecto a la dosis más baja de 71.5g/ha. La localidad de Malacatoya solo presenta a la planta 42 con 0.47g. Y la otra localidad tiene a la planta 33 con 1.39g. De acuerdo a los resultados obtenidos por podemos decir que la localidad de Sébaco es más tolerante al herbicida Imazapir que la localidad de Malacatoya.

Al comparar las pendientes (Tabla 6) obtenidas por ambas localidades observamos que la planta 42 tiene una pendiente de 1.99 mientras que la planta 9 de la localidad de Sébaco tiene 6.15 la cual es más alta que la anterior, esto nos indica que la respuesta al herbicida fue más efectiva en la localidad de Sébaco.

En la Tabla 6 tenemos los límites fiduciales de cada planta de arroz rojo de la localidad de Malacatoya aplicadas con Imazapir y observamos que existe un traslape entre las plantas 3

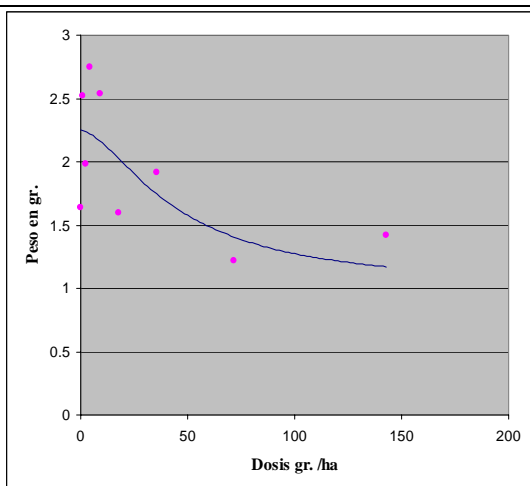
y 40, lo que nos indica que son plantas similares, pero sus límites están muy abiertos por lo que creemos que tienen diferentes grados de tolerancia a Imazapir.

Los valores de IR, según Moss, S. 1999 mostrarían una resistencia parcial, pero al igual que las plantas de la localidad de Sébaco, es necesario tener una muestra de plantas más grande para poder afirmar esto.

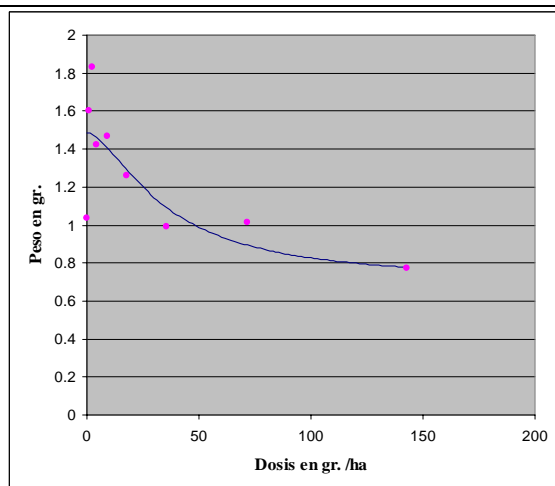
Tabla 6. Valores obtenidos de la Dosis Efectiva Cincuenta (ED_{50}), límites y la pendiente de la curva para cada planta en el herbicida Imazapir en poblaciones de Arroz rojo (*Oriza sativa*) en la localidad de Malacatoya. 2006

No. planta	Dosis ED_{50} grs./ha.	Limite Sup.	Limite Inf.	Pendiente	IR
42	56.40	109.28	3.52	1.99	1.0
3	178.18	785.97	-429.597	1.61	3.15
40	211.96	1013.09	-589.17	1.59	3.75

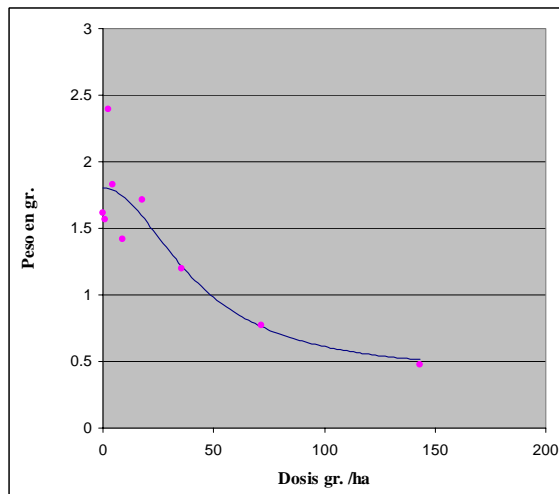
Se observa en la Gráfica 11 la curva respuesta a dosis crecientes del herbicida Imazapir en las plantas de Sébaco, respectivamente. En este grupo se observa una disminución del peso de las plantas a medida que se incrementa la dosis del herbicida. Ninguna de las dosis aplicadas causó la muerte de las plantas, o sea no se logró obtener el valor cero en biomasa. Es notoria también que la curva de respuesta logística varía en cada planta mostrando diferentes grados de tolerancia al herbicida, tal como se discutió anteriormente.



a)P3



b)P40



c)P42

Graficas 11. Valores ajustados (—) y observados (·) de la reducción del crecimiento (peso) de las plantas en respuesta a dosis crecientes del herbicida Imazapir, en poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa*, provenientes de Malacatoya. 2006

VII. CONCLUSIONES

Las plantas de la localidad de Sébaco aplicadas con el herbicida Glifosato obtuvieron una ED₅₀ que va desde 0.0080 l/g a 0.48 l/g. Estos valores de ED₅₀ son menores que los encontrados en la localidad de Malacatoya que oscilan entre 0.036 y 1.16 l/g.

La ED₅₀ determinada en las plantas de Sébaco aplicadas con el herbicida Glufosinato de Amonio fue de 2.26 l/g y 17.61 l/g. En la localidad de Malacatoya fue de 0.85 l/g hasta 619.33 l/g, siendo esta mayor que la antes mencionada.

Aparentemente la respuesta de las plantas en ambas localidades con respecto a los valores de ED₅₀ obtenidos para todos los herbicidas es diferente. Indicando un posible desarrollo de una resistencia parcial mayor en las plantas de Malacatoya que en las plantas de Sébaco.

La dosis respuesta ED₅₀ obtenida por las plantas de arroz maleza de la localidad de Sébaco aplicadas con el herbicida Imazapir oscila entre 52.03 l/g y 403.08 l/g y en la localidad de Malacatoya fue de 52.40 l/g y 178.18 l/g.

Las plantas de las localidades de Malacatoya y Sébaco aplicadas con el herbicida Glifosato obtuvieron IR mayores a 2 ó 3. Esto nos indica una posible resistencia parcial en diferentes grados de ambas localidades al herbicida Glifosato.

Con respecto a el herbicida Glufosinato de amonio, al comparar los valores de IR de la localidad de Malacatoya las plantas presentaron un IR diferente, un 43% de las plantas evaluadas presentaron un índice mayores a 2. Por lo antes mencionado todo hace indicar que estas presentan diferentes grados de resistencia en desarrollo al herbicida Glufosinato de Amonio.

- La localidad de Sébaco también presentó IR mayores que 2 en el 50% de la población evaluada; sin embargo, debido a que eran pocas muestras este dato no es conclusivo.

Después de aplicarse el herbicida Imazapir a las plantas de arroz maleza de la localidad de Malacatoya todas las plantas obtuvieron un IR mayor a 2, por lo que podemos decir que presentan diferentes grados de resistencia al herbicida Imazapir. Sin embargo, al analizar los resultados estos valores pueden más bien ser un indicativo de que este herbicida no actúa en gramíneas, sino en malezas de hoja ancha.

En la localidad de Sébaco hay plantas se presentó la misma situación, valores diferentes de IR mostrando el 50 % de las plantas un índice menor que 2 lo cual correspondería a una población susceptible y el otro 50 % con valores mayores que 2, indicando una posible resistencia.

VIII. RECOMENDACIONES

- Continuar investigaciones para confirmar la posible resistencia del arroz maleza a estos herbicidas, para detectarla lo más temprano posible y poder implementar estrategias de manejo.
- Asegurar la cantidad necesaria de plantas, para tener una buena población para el estudio y poder realizar una mejor comparación entre los herbicidas y localidades.
- Establecer un programa de manejo Integrado de Malezas (manejo de resistencia) para tratar de prevenir el desarrollo más rápido de la resistencia de las poblaciones de arroz maleza a estos herbicidas.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. AGÜERO. R. 1995. Pasado y presente en el control de malezas de asocio común con el Arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. PLITS. Alemania. 140 p.
2. AVILA A. L, *et al* 2004. Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to imazethapyr in red rice ecotypes (*Oryza* spp) and imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties. (En línea). Revista Pest Management Science, in press. Consultado 17 abril 2007. Disponible en:
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=15619733&query_hl=2&itool=pubmed_docsum
3. ALEMÁN, F. 1997. Manejo de Malezas en el Trópico. Managua, Nicaragua. 160 p.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1998. Manejo y control de Malezas en el Trópico. Colombia. 15 p.
5. COTERO G, M. 1997. Situación de la Resistencia de las Malezas a los Herbicidas en México. Informe presentado en la Reunión Regional sobre resistencia a herbicidas.FAO. Brasil. (en línea). Consultado en octubre 2007. Disponible en:
www.fao.org/ag/AGP/AGPP/IPM/Weeds/Download/ihrcla.pdf
6. CIBA- GEIGY. Manual de la aplicación terrestre. 82p
7. DE PRADO Y CRUZ H. sf. Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas (en línea) consultado en mayo 2008. (En línea). Disponible en
www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/deprador_afaef.pdf
8. FERRERO, A. 2004. Arroz – Maleza, características biológicas y control *In* Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendun 1. Labrada. R. Ed. FAO, Departamento de Agricultura Roma. (En línea). Revisado en diciembre, 2005. Disponible en

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5031s/y5031s09.htm

9. INTA, 2000. Cultivo del Arroz. Guía Tecnológica 2. Nicaragua. 6 p.
10. MOSS, S. 1999. Detecting Herbicide Resistance. Herbicide Resistance Action Committee. (En línea). Consultado el mayo 2007. Disponible en <http://www.hracglobal.com/Publications/DetectingHerbicideResistance/tabid/229/Default.aspx>
11. ONOFRI, A. Bioassay97: A New EXCEL® VBA Macro to perform statistical. Revista Italiana di Agrometeorologia 40-45 (3) 2005. (en línea). Consultado en diciembre 2006. Disponible en www.agrometeorologia.it/documenti/rivista10_3/onofri.pdf
12. Persons. D. B, 1982. Manual para la educación Agropecuaria, área producción vegetal Arroz. México, Trillas. 25 p.
13. Ríos, A., 2005. Resistencia de malezas a herbicidas. INIA, La estanzuela. AUSID y CALMER. Uruguay. (En línea). Consultado en marzo de 2008. Disponible en www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2005/ad_407.pdf
14. Rivero Landeiro L. E. *et al* 2000. Control de Malezas y Arroz rojo con Glufosinato de Amonio (Finale LS 15), en Arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. La Habana.
15. Valverde, B *et al*. 2000. Prevención y Manejo de malezas Resistentes a herbicidas en arroz: experiencia en América Central con *Echinochloa colona* San José Costa Rica.
16. VALVERDE B. E. 2004. Manejo de la resistencia a los herbicidas en los países en desarrollo. *In* Manejo de malezas en los países en desarrollo. Adendum 1.

Lambrada, R. Ed. FAO. (en línea) consultado en agosto 2008. Disponible en www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0h.htm

X. ANEXOS

ANEXO 1

HOJA DE MUESTREO

Ensayo: _____ Localidad: _____

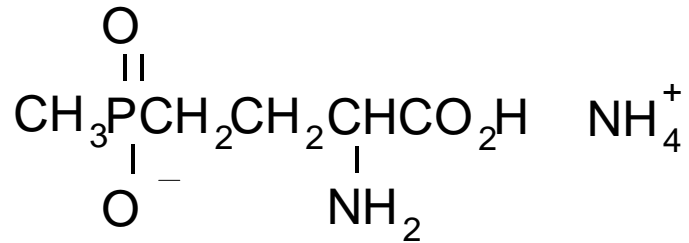
Fecha de aplicación: _____ Tratamiento: _____

Repetición: _____ No. Plantas/ Macetera: _____

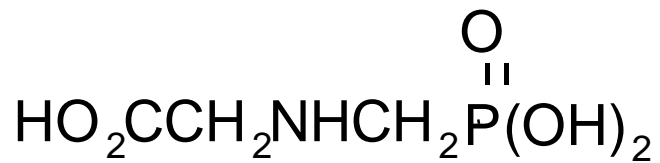
No. planta	5DDA	10DDA		Apariencia.
	Toxicidad (%)	Toxicidad (%)	Peso fresco	

ANEXO 2

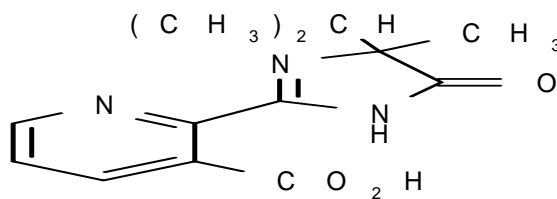
Estructura Química del Glufosinato de Amonio



Estructura química del glifosato



Estructura química de Imazapir:



ANEXO 3

Calibración de la bomba de presión

Se usaron las fórmulas siguientes:

$$\text{Salida de caldo por boquilla} = \frac{200\text{ lts/ha} * 38.12 \text{ m}^2/\text{min}}{10000\text{ m}^2/\text{ha}} = 0.76 \text{ lts/ min.}$$

$$\text{Volumen de caldo /ha} = \frac{0.76 \text{ lts/ min.} * 10000\text{ m}^2/\text{ha}}{38.12 \text{ m}^2/\text{min.}} = 199.4 \text{ lts /ha}$$

ANEXO 4
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 7. Índice de resistencia en los herbicidas: Glifosato, Glufosinato de Amonio e Imazapir en poblaciones de arroz maleza *Oriza sativa* de las localidades de Sébaco. 2006

No. Plantas	Localidad	Producto	Índice de Resistencia
20	Sébaco	Glifosato	2.62
38	Sébaco	Glifosato	3.12
44A	Sébaco	Glifosato	4.75
34	Sébaco	Glifosato	4.75
44B	Sébaco	Glifosato	5.12
33	Sébaco	Glifosato	5.50
36	Sébaco	Glifosato	5.50
26	Sébaco	Glifosato	6.0
9	Sébaco	Glufosinato de A.	7.79
9	Sébaco	Imazapir	1.24
14	Sébaco	Imazapir	1.67
33	Sébaco	Imazapir	2.14
13	Sébaco	Imazapir	2.28
21	Sébaco	Imazapir	7.74

Tabla 8. Índice de resistencia de el arroz maleza a los herbicidas Glifosato, Glufosinato de Amonio e Imazapir en poblaciones de Arroz maleza *Oriza sativa* de las localidades de Malacatoya. 2006

No. Plantas	Localidad	Producto	Índice de Resistencia
44	Malacatoya	Glifosato	2.22
30	Malacatoya	Glifosato	5.50
37	Malacatoya	Glifosato	5.50
24	Malacatoya	Glifosato	10.00
32	Malacatoya	Glifosato	10.27
27	Malacatoya	Glifosato	10.80

22	Malacatoya	Glifosato	25.27
36	Malacatoya	Glifosato	32.22
6	Malacatoya	Glufosinato de A.	1.60
49	Malacatoya	Glufosinato de A	1.75
17	Malacatoya	Glufosinato de A	1.76
8	Malacatoya	Glufosinato de A	5.16
21	Malacatoya	Glufosinato de A	12.42
27	Malacatoya	Glufosinato de A	728.62
3	Malacatoya	Imazapir	3.15
40	Malacatoya	Imazapir	3.75