

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA**



**Efectividad de tres herbicidas en poblaciones de arroz  
maleza (*Oryza sativa*L.) en el valle de Sebaco y  
malacatoya, 2005**

**Trabajo presentado com requisito para optar al titulo de Ingenieria en  
Agroecologia Tropical**

**Presentado por:**

**Br. Francisco Santiago Torrez Pereira.  
Br. *David Concepcion Estrada Santana.***

**Tutor: Msc. *Carmen Marina Rizo Z***

**Leon, diciembre del 2005**

## INDICE GENERAL

### Contendio

Indice General .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
RESUMEN .....	iii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	2
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
4.1 Taxonomía del Arroz Comercial y Arroz Rojo.....	5
4.1.1 Origen y Evolución del arroz comercial y arroz rojo.....	5
4.2 Morfología de la planta de arroz.....	6
4.3 Germinación, crecimiento y desarrollo de planta de arroz.....	7
4.4 Requerimientos agroecológicos.....	8
4.5 Generalidades de las malezas prevalecientes en el cultivo de arroz.....	9
4.5.1 Aspectos generales de arroz rojo.....	10
4.5.1.1 Características morfológicas.....	10
4.5.2 Manejo de la maleza arroz rojo.....	11
4.5.2.1 Períodos críticos de la competencia.....	11
4.5.3 Manejo integrado de malezas en el cultivo de arroz.....	12
4.5.3.1 Control cultural.....	12
4.5.3.2 Control químico.....	14
4.6 Herbicidas.....	15
4.6.1 Definición de herbicida.....	15

4.6.2 Clasificación de los herbicidas.....	15
4.6.3 Características de los herbicidas utilizados en el ensayo.....	18
4.6.4 Resistencia a herbicidas en las plantas.....	22
4.6.4.1 Casos de resistencia.....	23
4.7 Factores que condicionan la eficiencia de la aplicación.....	24
4.7.1 Funcionamiento de los equipos para una buena aplicación.....	24
<b>V. MATERIALES Y METODOS</b> .....	28
5.1 Ubicación.....	28
5.2 Historial del lote .....	28
5.3 Manejo del experimento.....	29
5.3.1 Preparación del sitio experimental.....	29
5.3.2 Diseño del experimento.....	29
5.4 Método de aplicación de los herbicidas.....	30
5.4.1 Calibración de la asperjadora.....	30
5.4.2 Cálculos de la calibración de la bomba de motor (Matabi).....	31
5.4.3.Variables evaluadas.....	31
5.5. Análisis de datos.....	31
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	32
6.1 Resultados del ensayo realizado en Malacatoya.....	32
6.2 Resultados del ensayo realizado en Las Mangas.....	35
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	42
<b>IX. BIBLIOGRAFIA</b> .....	43
<b>X. ANEXOS</b> .....	45

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por crearnos y darnos la vida cada día, como una oportunidad para esforzarnos y alcanzar las metas a corto, mediano y largo plazo, siendo ésta la realización de nuestra tesis y sentirnos realizados exitosamente como profesionales.

**Lic. MSc. Carmen Marina Rizo**, por su valioso empeño y dedicación de orientarlos en la realización de nuestra tesis y transmitirnos su conocimiento en la vida universitaria.

**Dr. Bernar Valverde** , por darnos la oportunidad de realizar este trabajo en el proyecto Arroz Maleza KVL en convenio con la UNAN – León y brindarnos información para la realización de nuestra tesis.

**Ing. Erlin Torr ez**, por su valioso aporte cada día en la realización de nuestro trabajo de tesis y brindarnos su amistad sincera.

Muy especialmente a los productores, **Señor Fernando Amador y Señor Samuel Amador, q. e. p. d.**, quiénes fueron muy gentiles al facilitarnos los terrenos para realizar el ensayo en la Hacienda Hierba Buena.

Nuestro agradecimiento al **Señor Fernando Chamorro**, por facilitarnos el lote para realizar el ensayo en la Hacienda Santa Elena, Malacatoya

## **DEDICATORIA**

**A Dios** Fuente de sabiduría quien por medio de su Espiritu me concede el Don de Ciencia para poder conocer e interpretar las Ciencias Teologales y las Ciencias Naturales.

**A mis padres: Juana. E. Santana y Leonardo Estrada,** Quienes se unieron por la voluntad de Dios para darme a luz como fruto de amor, que por sus esfuerzos cotidiano, luchan contra la adversidades de la vida para verme triunfar, y desean lo mejor en la vida para mí.

**A mis Padrinos: Hugo Alí Canales Barrera y Diamantina Bonilla,** que son mis segundos padres, me brindaron su mano amiga para darme cariño y amor de padre; sobre todo confianza y ejemplos de vida para formarme integralmente en todas las áreas de mi vida y así realizar mis sueños.

**A mis Compañeros,** Amigos y colegas por alientarme a seguir con éxitos cada día a realizar mi trabajo de tesis.

**Br. David Concepción Estrada Santana.**

## **DEDICATORIA**

**A Dios** Fuente de sabiduría quien por medio de su Espiritu me concede el Don de Ciencia para poder conocer e interpretar las Ciencias Teologales y las Ciencias Naturales.

**A mi Mamá: Alma Ligia Pereira Espinoza,** Quien por la voluntad de Dios me dió a luz como fruto de amor, que por sus esfuerzos cotidiano, luchó contra la adversidades de la vida para verme triunfar, y desear lo mejor en la vida para mí.

**A mis Abuelos: Francisco Santiago Pereira Herrera y Cecilia Espinoza Rueda, q, e, p d,** que fueron mis segundos padres, me brindaron su mano amiga para darme cariño y amor de padre; sobre todo confianza y ejemplos de vida para formarme integralmente en todas las áreas de mi vida y así realizar mis sueños.

**A mis Compañeros,** Amigos y Colegas por alientarme a seguir con éxitos cada día a realizar mi trabajo de tesis.

**Br. Francisco Santiago Torrez Pereira.**

## RESUMEN

El arroz es un cultivo de relevancia, no solamente por el área de producción que ocupa, sino también por la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Uno de los principales problemas del cultivo es la competencia de malezas. La principal maleza llamada arroz rojo (*Oryza sativa*), ha bajado los rendimientos del cultivo desde un 20% hasta 100%, dado que su manejo ha sido deficiente. Por ello se estableció un ensayo para evaluar la efectividad de tres herbicidas químicos no selectivos, Glifosato, Glufosinato de Amonio, Imazapir e Imazetapir, aplicados en dosis comerciales para el control de arroz maleza *Oryza sativa*, en las zonas de mayor producción de arroz de Nicaragua, Sébaco y Malacatoya, en el período comprendido de mayo a septiembre del 2005. En el diseño de campo se utilizaron tres parcelas para cada tratamiento con una dimensión de 10 m de ancho por 225.5 m de largo (lote 1 y 2), y 10 m de ancho por 232.5 m de largo (lote 3) en la zona de Sébaco. En Malacatoya el área de las parcelas fue de 7m de ancho por 100m de largo. Los resultados obtenidos indican que los herbicidas Imazapir e Imazethapyr no tuvieron efecto de control sobre la maleza, en cambio el Glyfosato obtuvo 82% de efectividad en el control de arroz maleza, seguido de Glufosinato de Amonio en ambos ensayos. En la zona de Sébaco, Glyfosato tuvo una efectividad de 74%, seguido de Glufosinato con 48%, sobre la densidad poblacional de la maleza. En Malacatoya su efectividad fue de 90% y Glufosinato con 89% en el control en arroz rojo, *Oryza sativa*.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz es claramente el cultivo de mayor relevancia, no solamente por el área que ocupa sino también por la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Además, desde el punto de vista alimenticio proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. El arroz provee al ser humano el 25% de energía calórica y el 13% de las proteínas necesarias (Juliano, 1985, citado por Fernández, 2000).

A nivel mundial el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo, si tomamos en cuenta la superficie cosechada. En nuestro país al igual que el maíz ocupa el primer lugar de los cereales, formando parte de la alimentación de los nicaragüenses.

Se cultiva en todo el territorio nacional, concentrándose en el Valle de Jalapa (secano), Malacatoya, Chontales y Valle de Sébaco (todos de riego). Nuestra producción de secano está en manos de pequeños productores (17.8 ha), los cuales contratan la mayor parte de los servicios agrícolas y procesamiento industrial. Bajo riego es cultivado por grandes productores (71.42 ha), localizados en las mejores zonas agroecológicas.

Uno de los principales problemas que actualmente enfrentan los productores de arroz es la competencia de malezas. La principal maleza conocida como arroz rojo (*Oryza sativa*), ha bajado los rendimientos del cultivo desde un 20% hasta 100%, dado que su manejo ha sido deficiente. (Heap, 2000).



El arroz rojo es una maleza muy perjudicial que pertenece al mismo género del arroz cultivado, (*Oryza*). Este compete con el cultivo de arroz por agua, nutrientes, luz y espacio, reduciendo el rendimiento en granza; además, baja la calidad molinera del arroz, disminuyendo el porcentaje de grano entero, y por ende, el valor comercial del producto final.

La contaminación con la maleza “arroz rojo” en los campos de producción de arroz y en general en todo el país, se debió principalmente a que los productores en su mayoría, empezaron a utilizar como semilla para sus siembras, granos obtenidos en los molinos o de reventa de los intermediarios o de los mismos productores. En esa forma el arroz rojo se extendió por todo el país, de tal modo que se contaminaron los campos de producción de arroz, a tal grado que algunos predios fueron abandonados por los productores, (Heap, 2000)

Algunos aspectos que favorecieron la situación anteriormente descrita fue el desconocimiento de los productores de los efectos de contaminar sus terrenos con arroz rojo, la capacitación y asistencia técnica deficiente en este sentido y los altos costos de la semilla certificada.

## II. OBEJTIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia del Imazapir e Imazetapir, Glyfosato y Glufosinato de Amonio, aplicados en dosis comerciales para el control de arroz maleza.

### 2.2 Objetivos específicos

- ❖ Estimar la densidad poblacional del arroz rojo, *Oriza sativa*, en ambas localidades.
- ❖ Determinar el porcentaje de control de arroz rojo, *Oriza sativa*, de cada herbicida después de la aplicación en dos localidades productoras de arroz en Nicaragua
- ❖ Comparar la efectividad de los tres herbicidas en ambas localidades

### III. HIPÓTESIS

***Ho:*** Todos los herbicidas tienen la misma efectividad para controlar las poblaciones de arroz rojo, *Oriza sativa*, en los campos de Sébaco y Malacatoya.

***Ha:*** Todos los herbicidas tienen una efectividad diferente en el control de las poblaciones de arroz rojo, *Oriza sativa*, en los campos de Sébaco y Malacatoya.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Taxonomía del Arroz Comercial y Arroz Rojo

El arroz (*Oryza sativa*), es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia Gramínea y al género *Oryza*. Este género comprende varias especies. Existen 3 razas: Indica, Japónica y Javánica, las variedades de nuestro país son de la raza Indica.

#### 4.1.1 Origen y Evolución del arroz comercial y arroz rojo

Se ha establecido que el género *Oryza* es originario de Euro Asia, de donde se supone emigró hacia Australia y África durante el período terciario. Second, 1985, citado por Alemán, propone un árbol filogenético para el género *Oryza*, su desarrollo evolutivo está asociado a diferentes eventos ocurridos en el seno de grupo *Oryza*, el cual existió hace más de 100 millones de años cuando las placas continentales aún se encontraban unidas en lo que hoy es África. Luego en la segunda etapa, se da una conexión temporal África y Euro - Asia durante el período del paleoceno que permitió la migración del ancestro común de los géneros *Leersia* y *Oryza* hacia Euro - Asia. Durante esta etapa se produjo la divergencia entre los géneros. En la tercera etapa ocurrió una conexión entre Euro - Asia y la India, que permitió la dispersión del género *Oryza* hacia esa región del continente Asiático. Es aquí donde se realiza la diferencia del género *Oryza* en dos grupos *sativa* y *latifolia* (Persons, 1982).

Dentro del grupo *Oryza* están todas las especies que se cultivan, así como especies silvestres, en el grupo *latifolia* todas las especies son silvestres, consideradas malezas. Aún con el gran número de investigaciones que se han realizado dentro del género *Oryza*, los

taxónomos no se ponen de acuerdo para denominar ciertas especies, de lo cual no escapa el arroz rojo. Evolutivamente está aceptado que *Oryza perennis*, para otros autores *Oryza rufipogon*, como el antecesor directo e inmediato de la especie de arroz cultivado y del arroz rojo (Angadette, 1969). Es común encontrar al arroz rojo denominado como *Oryza sativa*. Mientras que, para unos el arroz rojo se denomina científicamente como *Oryza sativa* L, para otros es *Oryza rufipogon*.

#### **4.2 Morfología de la planta de arroz**

Los órganos vegetativos constan de raíces, tallos y hojas. El sistema radical de la planta es fibroso y pueden ser de dos tipos, las seminales que se originan de la radícula y son temporales y las adventicias secundarias que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas sustituyen a las seminales. El tallo es erecto, cilíndrico y hueco. Está formado por nudos y entrenudos alternados. El nudo posee una hoja y una yema, ésta puede dar lugar a la formación de tallos secundarios o terciarios denominados vástagos o retoños. De los nudos ubicados en la parte inferior se originan los retoños secundarios, los cuales a su vez dan lugar a los terciarios (Persons, 1982).

Las hojas nacen en la caña (tallo), en dos hileras. Se componen de la lámina, que es la parte extendida de la hoja, se encuentra fijada al nudo mediante la vaina foliar, esta es la parte inferior de la hoja, se origina en el nudo, las aurículas son pequeños apéndices ubicados a cada lado de la base de la lámina, la lígula es de forma triangular y se encuentra justo arriba de las aurículas, el estandarte (hoja bandera), es la hoja más alta en la planta de arroz y se encuentra debajo de la panícula.

Los órganos reproductores (florales), constan de una panícula y espiguillas. La panícula es una inflorescencia determinada localizada sobre el vástago terminal. El tamaño de la panícula (longitud), está determinado por las variedades, pero el ambiente puede modificar este tamaño. La espiguillas forman la unidad de la panícula, se encuentran formadas por dos lemmas estériles, la raquilla y el flósculo. La raquilla es un pequeño eje que se encuentra entre las lemmas estériles. El flósculo comprende la lemma, palea y la flor encerrada. La lemma es una bráctea endurecida en la cual se encuentra de forma parcial encerrada la palea. La lemma posee una extensión filiforme en su parte superior llamada arista. La palea también es una bráctea endurecida pero con tres nervaduras y más angosta que la lemma, esta última está formada por cinco nervaduras. La flor está formada por seis estambres y un pistilo. Los estambres constan de dos anteras, de dos células, ubicadas en filamentos delgados. El pistilo contiene solamente un óvulo.

El fruto de arroz es una cariósipide en la cual la semilla está fusionada con la pared o pericárpico del ovario maduro. Dependiendo de la variedad la cariósipide es diferente en forma y tamaño (Aleman, 1997).

#### **4.3 Germinación, crecimiento y desarrollo de planta de arroz**

El desarrollo de la planta de arroz podemos dividirlo en tres fases, estas son: La fase vegetativa que abarca desde la germinación hasta el inicio de la formación de la panícula. La fase reproductiva va desde el inicio de la formación de la panícula hasta la floración. La fase de maduración, desde la floración hasta la madurez completa (Persons, 1982).

#### **4.4 Requerimientos agroecológicos**

Las precipitaciones necesarias para el arroz son de 1000 mm de lluvia anual con 200 mm de precipitación mensual durante la temporada de cultivo. Con respecto a la temperatura el óptimo oscila entre 25 – 30°C. Las variaciones de ésta influyen en el cultivo perjudicando inclusive desde la germinación. Las bajas temperaturas causan maduración irregular, esterilidad etc. Las temperaturas elevadas causan esterilidad, siendo la etapa de espigamiento la mas sensible. La duración del día en general, la planta de arroz es de días cortos y sensible al fotoperíodo. Los días largos pueden prevenir o retardar en forma considerable la floración.

El efecto de la humedad relativa en el arroz se manifiesta cuando un largo período de rocío puede incrementar la incidencia de enfermedades. Con respecto a la velocidad del viento, éste aumenta la fotosíntesis, pero cuando es mayor de 0.75 – 2.25 cm/seg no tiene efecto. En algunas variedades, fuertes vientos provocan agrietamientos y si estos se presentan después del espigamiento provocan acame. Además, secan las panículas, aumentando la esterilidad de los flósculos, favorecen el esparcimiento de enfermedades, causan daño mecánico a las hojas, lo que en arroz de secano es más perjudicial que en arroz de riego. Los vientos suaves ayudan al rendimiento de grano porque aumenta la turbulencia en la atmósfera alrededor de la planta (CIAT, 1976).

El período crítico de requerimientos de energía solar de la planta es a partir de la iniciación de la panícula hasta aproximadamente 10 días antes de la maduración. En ésta etapa la energía recibida es importante para la acumulación de materia seca. La acumulación de almidón en hojas y tallos comienza 10 días antes del espigamiento, en el grano 30 días

posteriores a este. Los rendimientos de grano que se pueden obtener son menores durante la estación lluviosa que los de la estación seca, debido al nivel más bajo de radiación que se recibió durante las etapas de llenado del grano y maduración (Angadette, 1969).

Los suelos para el cultivo de arroz deben de tener gran capacidad de retención de agua. Estos deben de ser de textura franca, franca – arcillosa y arcillosa. Además, bien drenados y profundos con un ph que oscile entre 5.5 y 7.

#### **4.5 Generalidades de las malezas prevaletientes en el cultivo de arroz**

Las malezas suelen definirse como plantas fuera de sitio. Estas influyen en el rendimiento, y obstaculizan las labores agrícolas. Los daños directos son la disminución de la calidad y el rendimiento del arroz por las competencia de espacio, luz, agua y nutrientes. Los problemas por enfermedades y plagas se intensifican porque sirven de huéspedes. Afectan la eficiencia de la cosecha y cuando son malezas acuáticas reducen la eficiencia de los sistemas de riego. También se pueden producir efectos alelopáticos, o sea que las malezas liberan sustancias que afecta el desarrollo del arroz.

Las malezas en arroz, en Nicaragua, se encuentran bastante generalizadas en los campos arroceros, debido a que se adaptan a las condiciones de anegamiento que prevalecen en el cultivo; estas plantas son acuáticas y poseen al igual que el arroz un tejido parenquimatoso que les permite una mayor circulación de aire de la parte aérea a la zona radicular.

Las malas hierbas que han sido determinadas en los arrozales pueden ser clasificadas en maleza de hoja ancha, poaceas y cyperacea. El arroz rojo es una maleza muy perjudicial



que pertenece al mismo género del arroz cultivado, (*Oryza*). El uso de monocultivo y la no utilización de semillas certificadas, han traído como consecuencia la proliferación de algunas especies de malezas como arroz rojo o macho, las que se han convertido en un factor limitante de la producción arrocería nacional, llegando al extremo de inutilizar las áreas para éste cultivo (Alemán, 1997)

#### **4.5.1 Aspectos generales de arroz rojo**

**4.5.1.1 Características morfológicas.** 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 Hernández, sf). Son más altos que los cultivares comerciales. Producen gran cantidad de tallos, hojas de tricomas cortos y rígidos en ambas superficies, panículas flojas y abiertas en comparación con el arroz comercial (Smith, 1981).

Algunos tipos de arroz rojo presentan el pie de la plántula con 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, éstas diferencias están marcadas por presentar hojas verde claro, mucho más clara que el cultivo, macollamiento profuso, panículas más delgadas, abiertas, largas y con pocos granos, por lo general tienen un alto grado de desgrane, son aristados dependiendo del tipo de arroz rojo. Las semillas de arroz rojo pueden permanecer viables en el suelo por más de doce años (Smith, 1981), aspectos en que superan ampliamente a las variedades comerciales. La semilla latente tiende a germinar más rápido que el arroz comercial a temperaturas entre 15 a 40°C. El nitrato de sodio rompe la latencia de la semilla

descascarada del arroz rojo, se cree que en semilla con profunda latencia la cáscara restringe la absorción de nitrato ( Smith, 1981).

El arroz rojo no presenta diferencias nutricionales con relación al arroz comercial, fisiológicamente son muy similares. De plántulas de arroz rojo se ha aislado la enzima aril-acilamidasa, enzima que metaboliza el propanil en el arroz comercial (Hoagland, 1978), y que lo hace resistente a dicho producto.

## **4.5.2 Manejo de la maleza arroz rojo**

### **4.5.2.1 Períodos críticos de la competencia**

Es importante el conocimiento del número mínimo de días que necesita el cultivo del arroz libre de malezas para alcanzar su más alto rendimiento, así como el número máximo de días que puede estar en competencia sin ver afectados sus rendimientos. Con el conocimiento de estos parámetros orientamos más eficazmente el método de control a utilizar y en el momento en que debe ser implementado. Estos períodos críticos son específicos. En el arroz de riego se encuentran de 20 a 40 días libres para obtener su máximo rendimiento (Alemán, 1997).

El período crítico de las competencias de malezas varía de 30 a 45 días después de la siembra, por eso y sobre todo a lo largo de este período el cultivo debe mantenerse libre de maleza. Para el control de las malezas se utilizan métodos químicos, mecánicos y culturales.

**4.5.3 Manejo integrado de malezas en el cultivo de arroz.** En la actualidad no se puede realizar una práctica determinada de manejo de malezas en el cultivo del arroz, ni en ningún otro cultivo, las medidas de manejo estarán supeditadas a particularidades muy propias de la finca entre las que sobresalen: el sistema de manejo, el historial de lote y las comunidades de malezas predominante en cada condición.

Las opciones pueden variar si se trata de arroz de secano o arroz de riego. En condiciones de secano juega un papel importante la preparación del suelo y la siembra (buena nivelación del terreno, semilla de buena calidad, buena distribución de la semilla y adecuada densidad de siembra), combinadas con aplicaciones de herbicidas pre-emergentes y post-emergentes. Los herbicidas a utilizar tienen que ser basados en muestreos de malezas que indiquen la flora predominante en el área de producción (Aleman, 1997).

#### **4.5.3.1 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. Una de las prácticas culturales que reducen las infestaciones de malezas en arroz de riego, es el uso de semilla certificada. Una de las principales vías de diseminación de las malezas en arroz de riego es el uso de semilla de siembra contaminada, con semillas o propágulos de malezas.

La adecuada preparación del terreno ejerce un cierto control de las malezas creando un ambiente favorable para la emergencia del cultivo. Este tipo de práctica es efectiva cuando los lotes presentan una ligera o media infestación de malezas agresivas, como el arroz rojo,

*Oryza sativa*. Esta práctica consiste en fangueros prolongados los cuales poseen buena efectividad en la disminución de especie de difícil manejo (Gonzalez, 1984, citado por Alemán, 1997). La preparación en seco permite reducir los niveles de especies de malezas problemáticas. Se prepara el suelo en seco hasta la nivelación, se contruyen los diques y luego se adiciona un riego para estimular la germinación de arrocetes intempestivos y otras malezas, posteriormente la brotación producida es eliminada con un pase de grada, esta operación riego gradeo puede repetirse varias veces según sea necesario, luego se aniega el campo por un período de siete días, se baja la lámina de agua y se siembra en aguas claras utilizando semillas pregerminadas y de buena calidad (Gonzales, 1984, citado por Alemán, 1997).

Otro método usado es similar al descrito anteriormente, con la diferencia que una vez que se ha permitido el brote de las malezas, el control se realiza utilizando productos químicos herbicidas de amplio espectro, como el glyphosato. Posteriormente de la aplicación, el aniego se mantiene por dos o tres días hasta observar que la vegetación ha sido afectada, luego se procede a disminuir la lámina de agua y a realizar la siembra con semillas de arroz pregerminado.

La densidad de siembra juega un papel importante en la reducción del efecto de las malezas. Densidades bajas dejan nichos en el campo que pueden fácilmente ser invadidas por estas plantas. Deben utilizarse densidades de siembra que permitan una cobertura total, así mismo, realizar una distribución homogénea de la semilla que evite la competencia interespecífica (Aleman, 1997).

**El control mecánico**, se refiere a la labor específica en contra de las malezas (Post-Emergente): chapea de diques canales y terraplenes, quema de malezas, (Alemán, 1997). 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 vóleo en grandes áreas es difícil y costoso aplicar el control mecánico (INTA, 2000). En condiciones de arroz de aniego, es importante además de las prácticas culturales mencionadas para arroz de secano, el manejo del agua de riego. Las labores culturales tienen que ser combinadas con la utilización de herbicidas pre-emergente y post-emergente los cuales son seleccionados en base al enmalezamiento presente.

#### **4.5.3.2 Control químico**

El método de control químico se basa en la utilización de sustancias herbicidas capaces de destruir la vegetación ya sea en forma total o parcial, eliminando la maleza o retardando su crecimiento (Alemán, 1997). La utilización de herbicidas post-emergentes de amplio espectro como el Glyfosato y el Glufosinato de Amonio, con el objetivo de eliminar poblaciones de arroces contaminantes y otras malezas que se hayan establecido previo a la siembra, resulta útil en los sistemas de producción. Esta es una práctica conocida como quema química y ha resultado muy efectiva en lotes con altas infestaciones de arroces. La aplicación de éstos la realizan cuando las plantas tienen una altura de 10 a 15 cm . El uso de estos productos se ve seriamente limitado en épocas del año caracterizada por fuertes ráfagas de viento, la deriva podría depositar cantidades significativas en cultivos vecinos, sobre todo con aplicaciones aéreas (Persons, 1982).

## **4.6 Herbicidas**

El empleo de preparados químicos para la destrucción de las malezas, aumenta cada vez más. Esto debido en parte a la falta de mano de obra y por otra al constante progreso de la química orgánica y a los descubrimientos de productos nuevos. El uso de productos químicos data desde 1944 cuando el 2,4-D fue usado por primera vez como herbicida. A partir de ese momento se han venido usando continuamente hasta nuestros días, como una alternativa para el control de las malezas en los campos cultivados (Aleman, 1997).

### **4.6.1 Definición de herbicida**

Entendemos por herbicida todas aquellas sustancias que al entrar en contacto con las plantas, perjudican su metabolismo en tal grado que les ocasionan la muerte, hay que hacer notar que estas sustancias están dirigidas a la destrucción de las malezas. Otros simplemente lo definen como todo producto que mata las malezas o inhibe su crecimiento.

### **4.6.2 Clasificación de los herbicidas**

Los herbicidas pueden clasificarse desde diversos puntos de vista, uno de éstas es en función del modo de acción, tales como:

**Herbicida de contacto.** Después de penetrar a la planta se depositan en o cerca del sitio de absorción y además actúan en ese lugar. Estos productos matan los tejidos de la planta donde caen. **Herbicidas sistémicos, de translocación o de acción interna:** se trata de aquellos productos que son absorbidos por las hojas de la raíz y distribuidos por todo el cuerpo de la planta, alcanzando tejidos internos y partes no asperjadas, eliminando todo el vegetal (Aleman, 1997).

En función del espectro de acción se clasifican en base a las propiedades selectivas o no selectivas del producto, surgiendo así:

**Los herbicidas generales, totales, absolutos, radicales o no selectivos.** Son productos que matan a toda la vegetación presente incluyendo los cultivos, razón por la cual se les usa más que todo en canales, caminos, líneas de ferrocarril áreas industriales. Los herbicidas no selectivos se pueden dividir en tres tipos: Herbicidas no selectivo de contacto y . Herbicidas no selectivos, sistémicos o traslocables.

**Herbicidas esterilizantes:** son aquellos que impiden la germinación y el crecimiento de todo tipo de vegetación. A su vez pueden dividirse en: herbicidas esterilizantes a corto plazo, que son aquellos que ejercen su acción por períodos de 6 meses o menos, ej. Atrazina en dosis altas, y herbicidas esterilizantes a largo plazo, que son aquellos que tienen alto poder residual y no permiten la germinación de ningún tipo de vegetación durante largos períodos de tiempo, más de 6 meses, ej. Diuron en dosis altas.

**Herbicidas selectivos:** estos productos destruyen las malas hierbas, causando poco o ningún daño a la planta cultivada. Los podemos dividir en tres grupos: **Herbicidas selectivos de contacto:** ej: propanil selectivo en el cultivo de arroz; **Herbicidas selectivos, sistémicos o traslocables;** **Herbicidas selectivos aplicados al suelo:** este tipo de herbicida ejerce selectividad hacia la germinación de ciertos tipos de semilla, mientras son tóxicos para la germinación de otras, ej. atrazina y lazo (Aleman, 1997).

Otra forma de clasificar a los herbicidas es en función del tipo de molécula química, estas son:

**Herbicidas Hormonales.** Constituyen un grupo de herbicidas selectivos de translocación o de acción interna. La selectividad de estos herbicidas es de origen bioquímico, entonces la sensibilidad de las plantas dependería de su composición química. Afectan la síntesis de los ácidos nucleicos, poseen propiedades inductoras del crecimiento similares a las que poseen las auxinas, como el ácido indolacético, hormona natural de planta. **Herbicidas carbamatos.** El ingrediente básico de estos productos es el ácido carbámico. Tienen un marcado efecto sobre poaceas, por esta razón se les conoce como ante gramínicos. Se les considera como herbicida de mediana residualidad y por lo general para aplicaciones pre-emergente.

**Amidas y Anilidas.** Son herbicidas que llevan en su fórmula el grupo  $\text{NH}_2$ , cuando algunos de los hidrógenos de este grupo es sustituido por el fenilo, da origen a los derivados de las Anilidas. Las mayoría de estos productos se emplean como herbicidas selectivos en diferentes tipos de cultivos y se aplican tanto en pre-emergencia como de pre-siembra y algunos aplicados al follaje de las malezas, ejemplo propanil (Ferrero, 2000).

**Herbicidas Imidazolinonas.** Su modo de acción lo realizan inhibiendo la síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Estos aminoácidos son necesarios para la síntesis normal de proteínas y del desarrollo de la planta. Son absorbidos por la raíz y el follaje y rápidamente traslocados por el xilema y el floema. Se acumulan en regiones meristemáticas de la planta, área en la cual la manifestación de los síntomas se da inicialmente. Los síntomas incluyen enanismo de la planta, clorosis y tejido necrótico, estos herbicidas tienen alta residualidad en el suelo y pueden causar problemas al rotar cultivos susceptibles. La lluvia es necesaria para su activación y tienen poca movilidad en el suelo.



Tienen actividad cuando se aplican pre-siembra incorporado, pre-emergente y post-emergente.

**Herbicidas misceláneos.** Conjunto de herbicidas que por su aislada formulación no pueden ser ubicados en ninguno de los grupos comunes. Existen algunos de reciente introducción y que prometen ser los herbicidas del futuro en nuestro país ya que presentan características que permiten su empleo en múltiples cultivos, donde controlan gran espectro de maleza, ejemplo Glyphosato (Ferrero, 2000).

#### **4.6.3 Características de los herbicidas utilizados en el ensayo**

Los herbicidas usados para el control de la densidad poblacional de arroz maleza en las zonas de Sébaco y Malacatoya pertenecen a los grupos: Imidazolinonas y el Glyphosato y el Glufosinato de Amonio que no tienen grupo en particular. A continuación se presenta una descripción de cada uno de los herbicidas usados.

**Glufosinato de Amonio.** No pertenece a ninguna familia química. Es un amino ácido fosforilado o derivado de amino ácidos. 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.

Después de la absorción el ingrediente activo actúa en la hoja. No se ha detectado actividad desde la raíz en plantas ya emergidas, ni se causa daño a plántulas antes de la emergencia. Bajo condiciones normales el amoníaco (NH<sub>3</sub>), producido durante varios procesos metabólicos como la reducción del nitrato, foto respiración y metabolismo de aminoácidos, se une 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 fitotóxina. 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. En el suelo, teóricamente, tiene un alto potencial de lixiviación, aunque 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. Los síntomas 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 (Persons, 1982).

**Glyphosato: N-Fosfometil-glicina.** Al igual que el anterior no pertenece a ninguna familia química. Es 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, cyperáceas y de hoja ancha.

Debe aplicarse antes de la siembra o de la emergencia de los cultivos, si no éstos resultarán dañados. Se han desarrollado algunas técnicas para aplicarlo de manera dirigida y así evitar contacto con cultivos ya establecidos (Persons, 1982).

El crecimiento es inhibido 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. Es moderadamente absorbido a través de la cutícula, cuando se aplica en post emergencia. La sal isopropilamina del Glyphosato se absorbe con mayor facilidad que el ácido. Surfactantes y el sulfato de amonio aumentan la absorción de la sal isopropilamina. El transporte del Glyphosato a través de la plasmalema es más lento que para la mayoría de herbicidas (especialmente 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 Glyphosato a través de la plasmalema. Se transporta sobre todo por el simplasto, con acumulación en tejidos subterráneos, hojas inmaduras y meristemos.

El principal sitio de acción es la ruta metabólica, el ácido shikimico, donde inhibe la actividad de la enzima EPSP (5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato) sintetasa, involucrada en la síntesis de los aminoácidos aromáticos Triptófano, Tirosina, Fenilalanina. Hay una rápida y fuerte absorción por lo que se lixivia poco, con una vida media inferior a los sesenta días

(60). Las pérdidas desde el suelo por fotodescomposición o volatilización son despreciables. En general se acepta que el Glyfosato no tiene actividad preemergente en el suelo; con inhibición de germinación de semilla. No hay casos conocidos de malezas resistentes, que hayan resultado del uso de Glyfosato en el campo (Persons, 1982).

**Imazethapyr.** Es un herbicida selectivo de aplicación en postemergencia temprana o en presembrado. Las imidazolinonas 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.

Se recomienda para cultivos como soja y maíz transgénico (IMI Corn). Es de acción sistémica residual. Controla malezas de hoja ancha inclusive *chinchilla* y *abrojo*, y

gramíneas como *sorgo de Alepo de rízoma* 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, (Heap, 2000).

#### **4.6.4 Resistencia a herbicidas en las plantas**

En 1946, la introducción del 2,4-D y el MCPA mostró a los agricultores europeos y norteamericanos el potencial de los herbicidas para controlar eficaz y económicamente las malezas de hojas anchas en cereales. La aceptación de estas auxinas sintéticas por los agricultores estimuló a las compañías de agroquímicos, que invirtieron en investigación para producir nuevos herbicidas para distintos cultivos y malezas. En la actualidad, el mercado mundial ofrece alrededor de 250 ingredientes activos. La comprobada eficacia de los herbicidas modernos les permite a los agricultores producir sus cultivos en forma reiterada y rentable en los mismos terrenos y optimizar sus ingresos. Sin embargo, una de las desventajas del uso de estos productos es la evolución de malezas resistentes a herbicidas (Valverde, 2000).

La resistencia es la capacidad hereditaria natural de algunos biotipos dentro de una población para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida, que bajo condiciones normales de empleo controla efectivamente esa población de malezas. La tolerancia es la capacidad hereditaria natural que tienen todas las poblaciones de una maleza para sobrevivir y reproducirse con un tratamiento con un herbicida (Valverde, et al 2000).

**Resistencia cruzada:** es la resistencia de un biotipo de una maleza a uno o más herbicidas, debido a la presencia de un mecanismo individual. La Resistencia múltiple describe aquellas situaciones en que los biotipos resistentes tienen dos o más mecanismos distintos de resistencia. **La 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 degradación.

#### **4.6.4.1 Casos de resistencia**

Comparadas con los insectos y patógenos, las malezas tienen ciclos de reproducción relativamente largos, lo que ha contribuido a la aparente evolución de la resistencia a herbicidas. El 2,4-D ha sido usado ampliamente desde 1947, informándose el primer caso de resistencia en 1957, cuarenta años después solo se ha reportado resistencia a auxinas sintéticas. El Glyphosato es el herbicida más usado en el mundo pero el primer caso de resistencia no se informó sino hasta 25 años después de su introducción (Valverde B., 2000). Las auxinas sintéticas y el Glyphosato son ejemplos de productos considerados de bajo riesgo en la evolución de la resistencia a herbicidas.

Los grupos químicos de herbicidas que inhiben la enzima acetolactato sintetasa son las sulfonilureas (bensulfuron metilo), las imidazolinonas (imazapir), las triazolopirimidinas (flumetsulam), y los pirimidinil oxibenxatoos (bispiribac – sodio). Los primeros casos de resistencia se presentaron en Norteamérica, en condiciones de monocultivo. La resistencia a este grupo de herbicidas es la que aumenta más rápidamente en la actualidad (Valverde, 2000).

#### **4.7 Factores que condicionan la eficiencia de la aplicación**

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 (CIAT,1976). Las aspersoras 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. Un aspecto fundamental es que el equipo de aplicación se encuentre en las mejores condiciones, bajo constante revisión y mantenimiento, una buena aplicación depende una parte del buen estado y correcto funcionamiento de los equipos (Aleman, 1997).

#### **4.7.1 Funcionamiento de los equipos para una buena aplicación**

Existen diferentes formas de calibrar los equipos de aplicación, todos ellos rinden resultados satisfactorios siempre y cuando la aplicación sea de forma precisa. La calibración a nivel de campo se realiza en blanco, es decir solamente con agua. Durante la aplicación debe mantenerse una velocidad 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. Si el propósito es regular la descarga de una aspersora, se puede modificar la velocidad de aspersión, la descarga por unidad de aspersión es inversamente proporcional a la velocidad que se realiza la aspersión.

La presión durante la aplicación está relacionado con la descarga del equipo en general, para aplicaciones terrestres se emplea una presión entre 20 y 40 lbs/pulg<sup>2</sup>, presiones menores ocasionan mala distribución del producto, debido a gotas gruesas que no cubren uniformemente el suelo o el follaje, como consecuencia el ábanico de aspersión 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. Cuando la presión y la velocidad son constante en un mismo aguilón, un mayor número de boquillas permite una mayor descarga; con menor distancia entre ellas aumentará la cantidad de solución herbicida aplicado (Aleman, 1997).

Se debe mantener una agitación constante dentro del tanque, el objetivo es evitar la sedimentación que pueda obstruir las boquillas y originar aplicaciones desuniformes. La agitación debe chequearse sistemáticamente, puesto que una mala agitación produce zonas muertas en las cuales se sedimenta el producto. Por el contrario una agitación muy rápida o violenta origina espuma excesiva, debido al mucho aire en la solución.

El aguilón o barra porta boquilla debe mantenerse en posición horizontal durante la aplicación del herbicida, aplicaciones con aguilón inclinado ocasionan distribución desuniforme del producto aplicado. Otro aspecto importante 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 susceptible 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. La altura del aguilón depende de la cobertura deseada y la distancia entre las boquillas.

Las boquillas son de gran importancia, constituyen el último componente que controla la aspersión, su función consiste en convertir el flujo del líquido en gotas de aspersión y distribuir estas en el campo bajo un patrón de aspersión determinado. La selección de ellas es un aspecto muy importante para la distribución y forma de los productos.

Existen diversos tipos de boquillas, las más comunes son de cono sólido, cono hueco, ábanico plano, ábanico uniforme y otras para uso especiales. Las boquillas más apropiadas para aplicar herbicidas son las Tee-jet (descarga en forma de ábanico), debido a que proporcionan una cobertura más uniforme y mayor fuerza de descarga que la de cono, cuando el volumen por hectárea del líquido es menor de 30 litros. Estas boquillas tienen números que designan ángulos de aspersión y capacidad de descarga, PE: boquillas 8002-E indican el ángulo es de  $80^{\circ}$  y que la descarga es de 0.2 Gls/min (0.0126 l/seg.) a una presión de 40 lb/pulg<sup>2</sup>. La letra E indica ábanico uniforme (E=even), (Aleman, 1997).



Las boquillas de ábanico difieren entre sí por el ángulo de aspersión y la capacidad de descargue o tamaño del orificio. Las boquillas de aplicación uniforme producen una distribución del líquido más uniforme a través del ancho complejo del ábanico, las boquillas especiales son las que poseen ángulos irregulares, los cuales permiten aplicaciones en cercas, diques y canales. El funcionamiento óptimo de las boquillas depende de la uniformidad en la capacidad de descarga (un mismo tipo de boquilla); igual ángulo de aspersión, el tipo de producto (polvos mojables, soluciones, etc.). Aparte de estas propiedades, la descarga de la boquilla también puede ser contralada regulando la distancia entre boquillas y el número en el anguilón, la velocidad de aplicación y la presión (CIAT, 1978)

**Tamaño del orificio de la boquilla.** Con referencia al tamaño de gota de la aspersión, éste puede ser contralado con la mayor o menor presión que se le imprima al equipo, o combinando el tamaño de los orificios. Es preferible cambiar el tamaño del orificio puesto que para reducir el tamaño de la gota en un 50% se requieren aumentar la presión cuatro veces.

### **Equipos terrestres para la aplicación de herbicidas**

Los equipos terrestre tienen una serie de ventajas, entre las que cabe destacar que son favorables en áreas no accesibles a los aviones, favorecen el uso de herbicidas que requieren incorporación inmediata al suelo, es una aplicación efectiva cuando el follaje es denso y se requiere de cobertura total, permiten aplicaciones locales y dirigidas, presentaban menor riesgo de perjuicio a los cultivos cercanos o contaminación de fuentes de agua, es menos afectada por el viento o corrientes convectivas de aire cálido, no hay limitaciones de herbicidas o mezclas por causa de dosis altas y baja solubilidad. Entre las desventajas se menciona que requieren más tiempo en la aplicación, necesitan ser aplicados por operarios con buena experiencia, es limitada en cultivos extensos, requieren grandes cantidades de agua (150 a 400 l/h y más inclusive), (Aleman, 1997).

### **Tipos de aspersoras terrestres**

Para que cualquier implemento funcione y sea considerado como aspersora debe llenar los

siguientes requisitos: la descarga del material debe ser uniforme y de fácil control; el herbicida debe quedar uniformemente distribuidos sobre la superficie tratada; la calibración debe ser tan fácil que permita la aplicación de dosis determinadas bajo diferentes condiciones; su manejo debe ser sencillo, con facilidad para cargar y un adecuado mantenimiento.

### **Aspersora de tractor**

Las aspersora de tractor pueden ser de dos tipos: montadas en el tractor o arrastrada por dicho implemento. El límite del volúmen de agua para aspersora montadas, generalmente es de 400 litros, mientras que para la de arrastre puede ser mayor capacidad.

El tractor empleado para la aspersión debe estar en buenas condiciones de funcionamiento, debe tener una velocidad adecuada y uniforme entre 4 y 10 km/h, de acuerdo con las condiciones del terreno, el volúmen de agua requerido por hectárea y el cultivo. Velocidades menores de 4 km/h, resultan en un rendimiento bajo de aspersión, mientras que aplicaciones hechas a velocidades mayores de 10 km/h, resultan en aplicaciones desuniformes y en mayor desgaste del equipo (Aleman, 1997).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Ubicación**

El estudio se realizó en dos zonas arroceras de Nicaragua, en la comunidad Las Mangas, carretera a Sébaco, Departamento de Matagalpa, en la hacienda Hierba Buena y en la Comunidad Santa Clara en el municipio de Malacatoya, Departamento de Granada, en la hacienda Santa Elena, durante el período de mayo a noviembre del 2005.

La Hacienda Hierba Buena, se caracteriza por presentar un tipo de suelo arcilloso perteneciente al orden vertisoles, con una topografía relativamente plana y bajo contenido de materia orgánica. Temperatura promedio de 21-30°C y con una elevación aproximada de 469.67 m sobre el nivel del mar . La finca Santa Elena, se caracteriza por presentar un tipo de suelo arcilloso perteneciente al orden vertisoles, con una topografía relativamente plana y bajo contenido de materia orgánica; tiene temperaturas muy frías en invierno 6 ó 7 °C en febrero y muy altas en verano entre 37 y 40 °C, y con una elevación de 70 m sobre el nivel del mar, aunque suele refrescar de noche entre 18 y 22 °C, y algunas veces se puede llegar a los 15 °C.

### **5.2 Historial del lote**

El Lote Hierba Buena de 4.2 Ha se seleccionó debido a que tenía un 80% de infestación de arroz maleza, predominando biotipos de arroz negro y rojo. Durante los últimos 25 años se ha destinado para el cultivo de arroz. Actualmente, para el control de malezas Gramíneas, utilizan productos químicos como Nabu y Clincher; para Hoja Ancha y Cyperacea se

emplean 2,4-D, Cirius y Ally. Para la fertilización utilizan Fosfato diamónico (18-46-0) en los primeros 8-10 DDS.

El lote Santa Elena es de 0.42 ha y se seleccionó tomando en cuenta el grado de infestación de arroz rojo. Desde 1978 se ha venido trabajando el lote con el uso de herbicidas químicos para el control de malezas; hoy día los productos químicos más utilizados son Nabu, Clinetex, Nominee y Glyfosato, usado sólo para díques.

### **5.3 Manejo del experimento**

#### **5.3.1 Preparación del sitio experimental**

En ambas localidades la preparación del terreno se hizo mediante el sistema de fangueo, el cual consistió de dos pases de row plow, un pase de grada y un pase de pala niveladora. Posteriormente, se inundó la terraza, para estimular la germinación de las malezas. Después de 15 días se drenó el campo.

#### **5.3.2 Diseño del experimento**

En la hacienda Hierba Buena se utilizaron 3 lotes diferentes. El lote 1 y 2 tenía una dimensión de 10 m de ancho por 225.5 m de largo y el lote 3 de 10 m de ancho por 232.5 m de largo. Cada lote fue aplicado con un tratamiento diferente. Los tratamientos fueron: 1) aplicación de Glyfosato a razón de 4 L por Ha más Frigate 0.2% v/v como adherente; 2) Glufosinato de Amonio a una dosis de 2.8 L por Ha; y 3) aplicación de Imazapir a una dosis de 2 L por Ha. Las dosis utilizadas son las aplicadas por los productores.

En la finca Santa Elena de igual manera se utilizaron 3 lotes diferentes. Con una dimensión de 7 m de ancho por 100 m de largo. Cada lote fue aplicado por un tratamiento diferente, evaluándose 3 tratamientos: 1) aplicación de Glyfosato a razón de 4 lts por Ha; 2) Glufosinato de Amonio a una dosis de 2.8 L por Ha; y 3) aplicación de Imazetapir a una dosis de 143g/ha.

#### **5.4 Método de aplicación de los herbicidas**

En la finca Hierba Buena la aplicación se realizó con una asperjadora que tiene un aguilón de 10m de ancho y 20 boquillas (80.02), acoplada al tractor. La presión de trabajo se ajustó lo más cercano a 30lb/pulg<sup>2</sup>, de modo que el volumen de aplicación fue de 200lts/ha y en la Finca Santa Elena se usó una bomba de mochila de motor (**Matabi**) acoplada con un aguilón de 6 m de largo y con 14 boquillas tipo ábanico plano. En ambos equipos la distancia entre boquillas fue de 50cm. El volumen de aplicación fue de 16 lts/mz (ver Foto 1 y Foto 3, en Anexo 3).

##### **5.4.1 Calibración de la asperjadora**

Se agregó 300lts de agua al tanque, luego se reguló la presión a 28 lbs/pulg<sup>2</sup> y las revoluciones del tractor. Se revisó cada boquilla y los filtros para ver si no había fuga. Se determinó el flujo de cada boquilla, midiendo con una probeta la cantidad de agua que salió de cada una en 30segundos, repitiendo la operación dos veces. Se determinó la velocidad del tractor, recorriendo una distancia de 50m de largo, este dato se tomó en el sitio donde se realizó la aplicación. Por último se calculó la descarga de agua por área y los datos se expresaron en litros de agua por ha (l/ha).

#### **5.4.2 Cálculos de la calibración de la bomba de motor (Matabi)**

Se calculó el flujo de agua de todas las boquillas del aguilón que fue 418ml equivalente a 16.7lts x min. El área que recorrió el tractor fue 50m en 10-42seg. Los resultados se expresaron en litros por hectárea, (Ver foto 2).

#### **5.4.3. Variables evaluadas**

Las variables evaluadas fueron la densidad poblacional antes, a los 7 y 15 días después de la aplicación de los herbicidas, porcentaje de cobertura y toxicidad de los herbicidas. Los muestreos de densidad poblacional se realizaron en 30 puntos seleccionados al azar en cada tratamiento. Estos puntos se marcaron para continuar realizando los muestreos en el mismo sitio después de la aplicación de los tratamientos. Se usó un marco de muestreo de 40 cm<sup>2</sup>. Para estimar la densidad se contó el número total de plantas de arroz rojo dentro del marco sin contar las plantas que quedaron ubicadas en el margen superior izquierdo. La cobertura se estimó de manera visual en cada punto de muestro, así como la toxicidad.

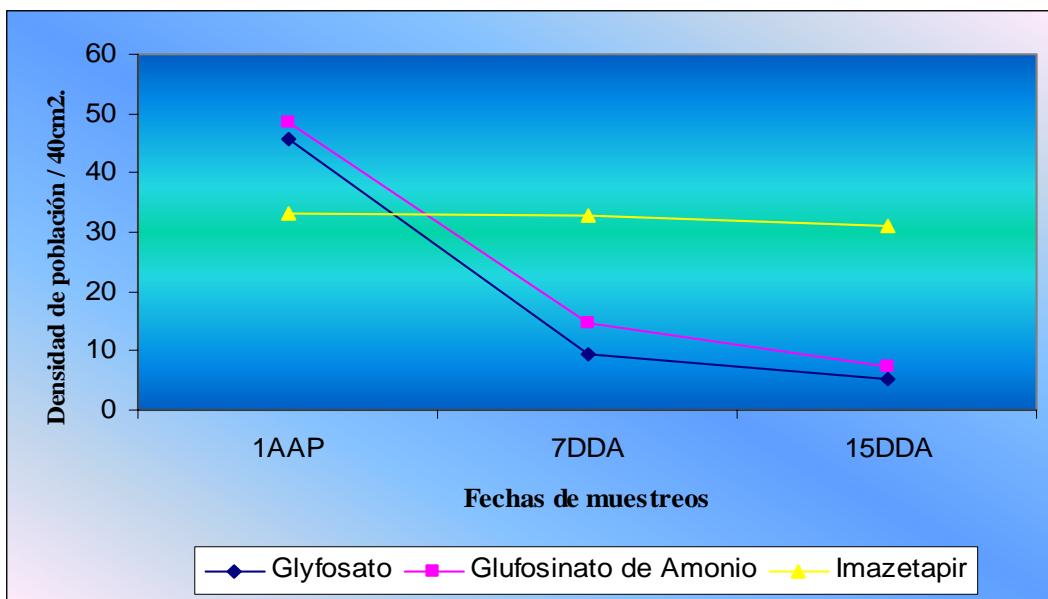
#### **5.5 Análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se usó el Análisis de Covarianza, el cual consiste en una combinación de varianzas entre los tratamientos, que permite evaluar las variables de respuesta cuantificada antes de la aplicación de un estímulo y donde se considera una variable endógena y una variable concomitante como modificadora del efecto real. El modelo del diseño planteado:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (X_i - X_{..}) + \epsilon_{j i = t \quad j = r}$  Y = final  
x = antes  $\beta$  = coeficiente de regresión.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### Resultados del ensayo realizado en Malacatoya

Se observa en la Gráfica 1, que la densidad de la población promedio de arroz rojo, *Oryza sativa*, antes de la aplicación en los tres lotes fue de 45.7 plantas en el tratamiento de Glyfosato, de 48.5 en el tratamiento de Glufosinato de Amonio y 33.3 plantas/40cm<sup>2</sup> en el tratamiento con Imazetapir, siendo en éste último donde la densidad fue de 15 plantas menos por marco de muestreo.



Gráfica 1. Efectividad de tres herbicidas en la densidad poblacional de Arroz maleza *Oryza sativa*, en la finca Santa Elena, Malacatoya. 2005.

Se observa que 7 días después de la aplicación de los tratamientos la disminución de la población en los tratamientos de Glyfosato y Glufosinato es más notoria. Glyfosato tuvo un mejor control con 79% de efectividad, seguido de Glufosinato de Amonio con un 78%,

y por último el Imazetapir que no hizo efecto en la disminución de la densidad de arroz maleza.

Debido al modo de acción de estos herbicidas que presentan una clorosis y marchites la cual ocurre entre tres y cinco días después de la aplicación, seguido de necrosis en una a dos semanas (Heap, 2000), se realizó un segundo muestreo a los 15 días después de la aplicación, observándose que la efectividad en la disminución de la población del arroz maleza fue de 90% en el tratamiento de Glyfosato y de 89% en Glufosinato de Amonio, Sin embargo, el tratamiento con Imazetapir manteniendo el mismo comportamiento.

Por otro lado, al realizar el análisis estadístico observamos que el herbicida Glyfosato es el que tiene la menor media de 5.23, en comparación con los dos herbicidas Glufosinato e Imazetapir y a la vez es el que presenta la menor variabilidad de 8.178, es decir, hubo un mejor control con respecto a los dos herbicidas. Sin embargo, el herbicida Imazetapir presenta la mayor variabilidad, es decir, la media de este grupo es menos representativa esto nos indica que este herbicida no hizo ningún efecto en las densidades poblacionales de arroz rojo, *Oryza sativa*, ver anexo 2.

En la Tabla 1, se muestra el resultado del análisis estadístico, en el cual se comparó la densidad inicial de cada uno de los tratamientos con la densidades después de los 15 días de aplicados los tratamientos, se observa que hay diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p= 0.05$ ).



**Tabla 1. Prueba de los efectos en las densidades iniciales y finales. ANOVA realizado para las poblaciones de arroz rojo en la finca Santa Elena, Malacatoya. 2005.**

Tratamientos	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media Cuadrática	F	Sig. 0.05
Dens.Inicial	4685.313	1	4685.313	47.324	0.000
Herbicida	16213.205	2	8106.602	81.881	0.000
Error	8514.387	86	99.005		
Total	44703.000	90			
Total corregida	25722.456	89			

Como podemos observar en la Tabla 2, al comparar el Glufosinato de Amonio con el Glyfosato, la diferencia mínima significativa es de 0.910, seguido por el Glufosinato, al comparar Imazetapir vs Glufosinato da una diferencia de 29,425, por último al comparar el Imazetapir y el Glyfosato da una diferencia de 30,335; sin embargo, en estas dos últimas comparaciones su significancia es menor (0.000) respecto al nivel de significancia de 0,05.

Se señala que el imazetapir puede ser selectivamente aplicado a variedades resistentes al imidazolinone (arroz IMI). Este herbicida ha demostrado ser efectivo contra el arroz-maleza y otras malezas del arroz cuando es aplicado al suelo o como tratamiento foliar a 70 g ia/ha (Ferrero, 2004).

Lo que nos indica que el herbicida Glyfosato es el que produce una mejor efectividad en el control en las densidades poblacionales de arroz rojo, debido a que su significancia de 0.724 es mayor que el nivel de significancia de 0.05.

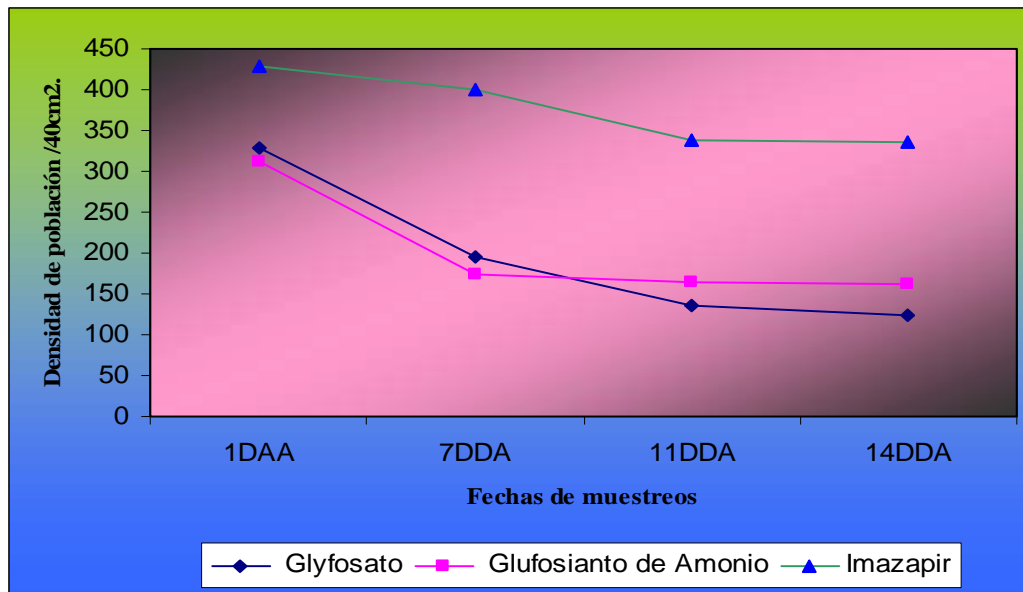
**Tabla 2. Comparaciones por pares de los tratamientos aplicados en poblaciones de arroz rojo, *Oriza sativa* en la finca Santa Elena, Malacatoya. 2005.**

		Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significacion	Intervalos de confianza al 95%	
					Limite superior	Limite inferior
(I)Herbicida	(J)Herbicida					
Glifosato	Glufosinato	-0,910	2.568	0.724	-6.016	4.196
	Imazetapir	-30,335	2.642	0.000	-35.587	-25.083
Glufosinato	Glifosato	0.910*	2.568	0.724	-4.196	6.016
	Imazetapir	-29,425	2.681	0.000	-34.755	-24.094
Imazetapir	Glifosato	30,335*	2.642	0.000*	25.083	35,587
	Glufosinato	29,425*	2.681	0.000*	24.094	34.755

\*La diferencia de las medias es significativa al nivel 0,05.

## 6.2 Resultados del ensayo realizado en Las Mangas

Se observa en la Gráfica 2, que la densidad promedio de la población de arroz rojo, *Oriza sativa*, antes de la aplicación en los tres lotes fue de 329 plantas en el tratamiento de Glyfosato, de 311, en el tratamiento de Glufosinato de amonio y 428 plantas/40cm<sup>2</sup> en el tratamiento con Imazapir. Se observa una densidad inicial muy similar en los tratamientos de Glyfosato y Glufosinato de Amonio, no así en el tratamiento de Imazapir, donde la densidad era superior en 117 plantas más por unidad de muestreo.



**Grafica 2. Efectividad de tres herbicidas en la densidad poblacional de Arroz maleza *Oryza sativa*, en la finca Las Mangas, Malacatoya. 2005.**

Se observa que el efecto de los herbicidas se comienza a manifestar en la reducción de la población en los tratamientos de Glyphosato y Glufosinato 7 días después de la aplicación. Glyphosato tuvo un mejor control con 59% de efectividad, seguido de Glufosinato de Amonio con un 44% y por último el Imazapir con 6.5% de efectividad en la disminución de la densidad de arroz maleza.

Sin embargo, como señalamos anteriormente, los efectos de éstos herbicidas se manifiestan con una clorosis y marchites la cual ocurre entre tres y cinco días después de la aplicación, seguido de necrosis en una a dos semanas (Ferrero, 2004), por lo que en el segundo muestreo, a los 15 días después de la aplicación, se observa que la efectividad en la disminución de la población del arroz maleza fue de 74% en el tratamiento de Glyphosato y

de 48% en Glufosinato de Amonio, el Imazapir incrementó a 21% la efectividad sobre el control de arroz maleza.

Se observó además, a los 15 días después de la aplicación un rebrote de las plantas afectadas con el herbicida Glufosinato de Amonio, esto es debido posiblemente a que el grado de desarrollo de los síntomas aumenta con la alta intensidad de luz, alta humedad y suelo húmedo o bien al desdoblamiento de la molécula de Glufosinato de Amonio por la enzima aglutamina (Hoagland et al, 1978), lo que podría tener alguna relación con tolerancia o resistencia de ésta población, ya que según el historial del lote ha sido tratado con este herbicida (comunicación personal, Amador, F. 2005).

También hay reportes en plántulas de arroz rojo donde se ha aislado la enzima aril-acilamidasa, enzima que metaboliza el propanil en el arroz comercial (Hoagland, 1978), y que lo hace resistente a dicho producto.

Al realizar el análisis estadístico observamos que el herbicida Glyfosato es el que tiene la menor media de 124.7, en comparación con los dos herbicidas Glufosinato e Imazapir, y a la vez es el que presenta la menor variabilidad de 141.17, es decir, hubo un mejor control con respecto a los dos herbicidas. Sin embargo, el herbicida Imazapir presenta la mayor variabilidad, es decir, la media de este grupo es menos representativa indicando que este herbicida su efecto fue mínimo en las densidades poblacionales de Arroz rojo, *Oryza sativa*, ver anexo 2.

**Tabla 3. Prueba de los efectos en las densidades iniciales y finales. ANOVA realizado para las poblaciones de arroz rojo en la finca Las Mangas, San Isidro. 2005**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Inicial	445807,597	1	445807,597	50,573	0.000
Herbicida	298455,695	2	149227,847	16,929	0.000
Error	758104,070	86	8815,164		
Total	5800522,000	90			
Total corregida	1944939,956	89			

Podemos observar en la Tabla 3, que al comparar la significancia de los herbicidas con el nivel de significancia de 0.05 es menor, esto nos indica que hay diferencias entre la efectividad de los herbicidas, por tanto se rechaza la hipótesis nula .

**Tabla 4. Comparaciones por pares de los tratamientos aplicados en poblaciones de arroz rojo, Oriza sativa en la finca Las Mangas, San Isidro. 2005.**

		Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalos de confianza al 95%	
(I)Herbicida	(J)Herbicida				Limite superior	Limite inferior
Glyfosato	Glufosinato	-48,950	24,290	0.047	-0,663	-97,236
	Imazetapir	-148,458	25,680	0.000	-97,409	-199,507
Glufosinato	Glyfosato	48,950	24,290	0.047	97,236	0,663
	Imazetapir	-99,509	26,221	0.000	-47,384	-151,633
Imazetapir	Glyfosato	148,458	25,680	0.000	199,507	97,409
	Glufosinato	99,509	26,221	0.000	151,633	47,384

\*la diferencia de las medias es significativa al nivel 0.05.

Como podemos observar en la Tabla 4, al comparar el Glufosinato de Amonio con el Glyfosato, la diferencia mínima significativa es de 48.950 seguido por el Imazapir vs Glufosinato, que da una diferencia de 99,509. Por último al comparar el Imazapir vs Glyfosato, da una media de 148,458. Sin embargo, estas dos últimas comparaciones su significancia es menor (0.000), respecto al nivel de significancia de 0,05, demostrando que Glyfosato es el que obtuvo el mejor control. Estos resultados coinciden con los encontrados con Rivero Landeiro *et al*, (en línea), quiénes encontraron una efectividad similar al usar los herbicidas glyfosato y Glufosinato de Amonio para el control de arroz maleza.

El Glyfosato por tanto es el que produce una mejor efectividad de control en las densidades poblacionales de arroz rojo, al comparar su significancia de 0.724 es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Este herbicida cuyo modo de acción es sistémica, además por las condiciones de humedad luminosidad y edad de la planta eran los óptimos, esto permitió que su efecto sobre la maleza arroz rojo fuera de 74% sobre la densidad.

Finalmente, al comparar los resultados en ambos ensayos, es evidente que el mejor porcentaje de control fue para el herbicida glyfosato y tanto Imazapir como Imazethapyr fueron los herbicidas que no fue posible detectar un efecto importante en el control de la maleza arroz rojo.

**Tabla1.Comparacion de la fitotoxicidad de los tres herbicidas en cada zona de estudio (Sebaco, Malacatoya).**

TRATAMIENTO	FITOTOXICIDAD (%)	
	Santa Elena	Hierbabuena
Glyfosato	90	74
Glufosinato	89	48
Imazapir	0	****
Imazethapyr	****	21

## VII. CONCLUSIONES

- El herbicida Glyfosato en comparación con los otros herbicidas, en ambas zonas Malacatoya y Sébaco, tuvieron el mayor porcentaje de efectividad de 90 y 74% en la disminución de las poblaciones de la maleza arroz rojo *Oryza sativa*.
- El herbicida Glufosinato de Amonio obtuvo una efectividad similar de 89 %, con el Glyfosato en el control de poblaciones de arroz rojo, en la zona de Malacatoya
- Los herbicidas Imazapir e Imazetapir, tienen un efecto mínimo de 21 % de control, y el Imazapir quien no produjo efecto alguno en el control de arroz rojo en la zona de Malacatoya.
- El Glyfosato y el Glufosinato de Amonio puede constituir una alternativa para la desinfección de la maleza de arroz rojo.



## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Continuar investigaciones para determinar la posible resistencia que pueden inducir el continuo uso de estos herbicidas en las poblaciones de arroz maleza.
- Reducir el uso de herbicidas para esta maleza e implementar control cultural para la regulación de las poblaciones de arroz maleza.
- Realizar mas investigaciones sobre la maleza y los productos químicos usados en su control.

## IX. BIBLIOGRAFIA

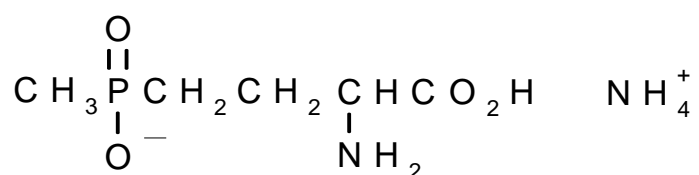
1. **ALEMAN, F.**, 1997. Manejo de malezas en el Trópico, R.L. Managua, Nicaragua. 132-156 p.
2. **ANGADETTE. A.**1969. Técnicas agrícolas y Producciones Tropicales, el Arroz Maisonneuve et Larose, París. Pp. 140-150.
3. **CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TRÓPICAL.** 1976. Estudio CIAT. Manejo y Control de Malezas en el Trópico. Colombia. 15 p.
4. **FERRERO, A.** 2004. Arroz-maleza, características biológicas y control en Manejo de malezas para países en Desarrollo. Addendum 1.. Editado por R. Labrada. Documentos producidos por FAO, Departamento de Agricultura, Roma. (en línea). Revisado en agosto, 2005. Disponible en [www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/y5031s/y5031s09.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5031s/y5031s09.htm)
5. **HEAP, I. M.** 2000. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Brighton, confrence – Weeds. 3:769 – 776.
6. **HOAGLAND. R. E. et al.**, 1978. A comparative SEM study of red rice and several commercial rice *Oryza sativa L.* varietes. pp. 619-625.
7. **INTA.** 2000. Guía Tecnológica 2, Cultivo del Arroz. Nicaragua. Pag. 5-6.
8. **PERSONS. D.B.** 1982. Manual para la educacion Agropecuaria, area producción Vegetal Arroz. México Trillas. Pag. 16-22.

9. **RIVERO LANDEIRO, L. E.** , García T. Y; Y Páez Falcón, Y.; Rodríguez R. E y. García de la Osa. **J. CONTROL DE MALEZAS Y ARROZ ROJO CON GLUFOSINATO DE AMONIO (FINALE LS 15) EN ARROZ (en línea)**  
Instituto de Investigaciones del Arroz. La Habana
10. **SMITH.R. J.** 1981. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. Philippines. Pp.20-30
11. **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. Pag.1-2

## X. ANEXO 1

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

**Estructura Química del Ácido:**

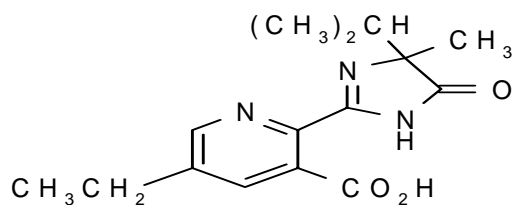


**Glyphosato: N-Fosfonometil-glicina.**

**Estructura química del ácido:**



## IMAZETAPIR



## ANEXO 2

Tabla 5. Estadísticos descriptivos. Malacatoya variable dependiente: final.

Herbicidas	Media	Desv. Tipica	N
Glifosato	5.23	8.178	30
Glufosinato	7.17	9.421	30
Pivot	31.17	17.307	30
Total	14.52	17.000	30

Tabla 6. Estimación de las medias corregidas de los herbicidas. Variable dependiente: densidad final. Malacatoya

Herbicida	Media	Error Tipico	Intervalo de Confianza al 95%.	
			Limite inferior	Limite superior
Glifosato	4,107	1,820	0,488	7,726
Gluf. de Amonio	5,017	1,840	1,361	8,674
Pivot	34,442	1,874	30,717	38,167

Tabla 7. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas Variable dependiente: final. Malacatoya.

	Herbicidas	Num. De muestra	Significación.
F	g/1	g/2	
1.634	2	87	0.201

Tabla 8. Estadísticos descriptivos. Variable dependiente: final. Zona de Sébaco, Las Mangas.

Herbicidas	Media	Desv. Típica	N
Glifosato	124,7000	70,99449	30
Glufosinato	162,8333	112,12434	30
Arsenal	333,4000	154,60307	30
Total	206,9778	147,82847	90

Tabla 9. Medias marginales estimadas. Herbicidas.Estimaciones. Variable dependiente: final.

Herbicida	Media	Error Típico	Intervalo de Confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
<b>Glifosato</b>	141,175	17,298	106,789	175,562
<b>Gluf de Amonio</b>	190,125	17,566	155,205	225,045
<b>Arsenal</b>	289,633	18,213	253,427	325,840

Tabla 10. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error. Variable dependiente: final.

F	g/1	g/2	Significación
1,900	2	87	0.156

### ANEXO 3



Foto 1. Aplicación de uno de los tratamientos de herbicidas en la Hda. Hierba Buena, Las Mangas, San Isidro. 2005.



Foto 2. Calibración de bomba de motor con aguilón, Hacienda Santa Elena, Malacatoya, Granada. 2005.



Foto 3. Aplicación de los tratamientos de herbicidas en la hacienda Santa Elena, Malacatoya, Granada. 2005.