

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL**



**Comparación de dos herbicidas preemergentes bajo condiciones de humedad limitada en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el Municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután.**

**POR:**

**EDWIN DAVID CÓRDOVA CÓRDOVA**

**MAURICIO LEONEL QUINTANILLA ROCHAC**

**JOSÉ ARTURO ROMERO LÓPEZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**SAN SALVADOR, MARZO DE 2011.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**ING.AGR. Y MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**DR. E ING. AGR. REYNALDO ADALBERTO LÓPEZ LANDAVERDE**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. Y MSc. LUÍS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL:**

---

**Ing. Agr. MSc. Rafael Antonio Menjívar Rosa**

**DOCENTE DIRECTOR:**

---

**Dr. e Ing. Agr. Francisco Lara Ascencio.**

**COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:**

---

**Ing. Agr. MSc. Rafael Antonio Menjívar Rosa**

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fué evaluar la eficiencia en el control de malezas de diferentes dosificaciones de los herbicidas Plateau (Imazapic) y Merlin (Isoxaflutole), aplicados en condiciones de humedad limitada en un suelo de textura franco arenosa y totalmente mullido; cultivado con caña de azúcar bajo la modalidad de siembra de humedad. Fueron realizados dos ensayos, el primero de ellos entre los meses de abril – junio conducido en campo y una segunda fase entre los meses de octubre- diciembre en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se evaluaron once tratamientos, cinco de estos con el ingrediente activo Imazapic (91, 105, 119, 133 y 147 gr/Mz), los siguientes cinco con el ingrediente activo Isoxaflutole (75, 90, 105, 120 y 135 gr/Mz) y un tratamiento testigo (parcela siempre enhierbada) en bloques completos al azar con tres repeticiones. En ambos ensayos se realizaron cuatro evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días después de aplicados los herbicidas. El herbicida Imazapic fué afectado en la eficiencia de control y residualidad debido a las condiciones edafoclimáticas, presentando un máximo de control de 32.94 % a 60 DDA en dosis de 119 gr/Mz; en cuanto al herbicida Isoxaflutole la dosis de 75 gr/Mz realizó un 79.32 % de control, siendo este el que presentó un mejor desempeño en cuanto a eficiencia y residualidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS TODO PODEROSO**, por habernos permitido culminar una etapa más de nuestras vidas. Gracias en el nombre de Nuestro Señor **JESUCRISTO**.

A nuestras familias por el apoyo y comprensión incondicional, que nos permitieron finalizar este proyecto.

A la Compañía Azucarera Salvadoreña, que confió en nuestra capacidad para llevar a final término el desarrollo de este proyecto de investigación.

A la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria El Tercio (ACPA), por proporcionar la propiedad en donde se realizó el ensayo.

A nuestro docente directo, Dr. Ing. Agr. Francisco Lara Ascencio, quien nos brindó mucho de su valioso tiempo para guiarnos por el mejor camino, y así culminar con la presentación de un trabajo de excelente calidad.

Edwin David Córdova Córdova

Mauricio Leonel Quintanilla Rochac

José Arturo Romero López

## **DEDICATORIA**

**A:**

### **DIOS TODOPODEROSO**

Por la bendición de permitirme culminar con éxito mi carrera.

### **MIS PADRES**

Ana Dangmarth y Walter Francisco, por su dedicación, su esfuerzo y apoyo durante el transcurso de mi carrera.

### **LOS SERES**

Más importantes de mi vida, Karen Elizabeth y mi hija Natalia Montserrat, por su cariño, por su apoyo y por ser mi motivo de esfuerzo y superación.

### **MI FAMILIA**

Por todo el apoyo que me brindan día con día.

### **MIS COMPAÑEROS**

Por su apoyo y por todos los momentos que compartimos como estudiantes y que seguiremos compartiendo ahora como profesionales.

### **TODAS LAS PERSONAS**

Que de una u otra forma estuvieron a mi lado apoyándome e incentivándome para alcanzar esta meta.

**Edwin David Córdova Córdova.**

## **DEDICATORIA**

**A:**

### **DIOS TODO PODEROSO**

Por su infinito amor y misericordia en mi vida y haberme permitido culminar una meta más. Sin ti señor no lo hubiese logrado.

### **MI ESPOSA**

Rosa Margoth: que ha sido mi apoyo en el caminar de mi carrera, por el mucho amor que siempre me ha brindado.

### **MIS HIJOS**

Isabel Stefani y David Leonel, por ser, lo más valioso que tengo en la vida y la razón de luchar día a día para ser una mejor persona y poder ser un buen ejemplo para sus vidas.

### **MIS PADRES**

Leonel Quintanilla y María Belvia Rocha de Quintanilla; por todo el amor, comprensión y esfuerzo que han realizado en el transcurso de sus vidas; brindándome los mejores consejos y excelentes ejemplos a seguir en mi vida.

### **MI HERMANO**

Carlos Adalberto: quien ha sido además de hermano, un buen amigo.

### **MIS AMIGAS**

Karina, Rocío y Claudia María: por la amistad incondicional que me han brindado desde el momento en que nos conocimos, por todo el apoyo, comprensión y cariño que mostraron en los momentos en los cuales más las necesité.

**Mauricio Leonel Quintanilla Rochac**

## **DEDICATORIA**

**A:**

### **DIOS**

Por su infinito amor y darme fuerzas para seguir hacia delante y con esto permitirme llegar a este punto de mi vida, a Él sea la honra y la gloria de este triunfo.

### **MI ESPOSA E HIJO**

Por su apoyo y comprensión en todo este tiempo, en el que muchas veces los sacrifique y siempre estuvieron a mi lado dándome lo mejor de ambos para hacerme más fácil el camino. Esto es de ustedes también.

### **MIS PADRES**

Ana Esther López de Romero y José Arturo Romero Navarrete, por su apoyo y dedicación a lo largo de mi vida, guiándome para ser una mejor persona cada día, va por ustedes.

### **MIS HERMANOS**

Ana Marisela y Carlos Eduardo, por estar conmigo siempre, dándome ánimo a no desistir hasta lograrlo.

### **MIS COMPAÑEROS DE TESIS**

Edwin y Rochac, por ayudarme a la culminación de esta etapa de mi vida.

### **MIS AMIGOS**

Oscar, Gustavo, Mauricio, Luis, Mario, Omar, Remberto.

**José Arturo Romero López.**

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZUCAR.....	3
2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL.....	3
2.3 CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.4 FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DE LAS MALEZAS.....	6
2.5 COMPETENCIA DE LAS MALEZAS.....	7
2.5.1 Disponibilidad de nutrientes.....	8
2.5.2 Disponibilidad de agua.....	8
2.6 MÉTODOS DE CONTROL DE MALEZAS.....	8
2.6.1 Control Manual.....	9
2.6.2 Control Mecánico.....	9
2.6.3 Control Químico.....	10
2.7 HERBICIDAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION.....	12
2.7.1 HERBICIDA PLATEAU (Imazapic).....	12
2.7.1.1. Modo de Acción.....	12
2.7.1.2. Mecanismo de Acción.....	12
2.7.1.3. Especies Controladas.....	13

2.7.2. HERBICIDA MERLIN (Isoxaflutole).....	13
2.7.2.1_ Modo de Acción.....	14
2.7.2.2. Mecanismo de Acción .....	14
2.7.2.3. Especies Controladas.....	15
3. MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1. UBICACIÓN Y DURACIÓN DE LOS ENSAYOS .....	15
3.2. METODOLOGÍA.....	16
3.2.1. Descripción de los Tratamientos .....	16
3.2.2. Metodología de Campo.....	17
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	18
3.3.1. Análisis de Varianza (ANVA).....	18
3.3.2. Comparación de Medias .....	19
3.4. DESCRIPCION DE VARIABLES .....	19
3.4.1. Variables Colectadas en Campo.....	19
3.4.1.1. Composición Florística de Malezas .....	19
3.4.1.2. Frecuencia Relativa de Malezas.....	19
3.4.1.3. Densidad Relativa .....	20
3.4.1.4. Abundancia (Densidad) .....	20
3.4.1.5. Porcentaje de Cobertura.....	20
3.4.1.6. Porcentaje de Infestación .....	20
3.4.1.7. Efectividad de Control .....	21
3.4.2. Variables Colectadas en Segunda Etapa.....	21
3.4.2.1. Diámetro Promedio de Brotes .....	21
3.4.2.2. Altura Promedio de Brotes.....	21
3.4.2.3. Daño al Cultivo (Fitotoxicidad).....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	23

4.1. COMPOSICION FLORÍSTICA DE MALEZAS .....	23
4.2. FRECUENCIA Y DENSIDAD RELATIVA DE MALEZAS. ....	38
4.3. ABUNDANCIA (DENSIDAD) DE MALEZAS .....	40
4.4. VARIABLE PORCENTAJE DE COBERTURA .....	45
4.5 VARIABLE PORCENTAJE DE INFESTACIÓN .....	51
4.6. VARIABLE PORCENTAJE DE CONTROL.....	53
4.7. VARIABLE DIÁMETRO PROMEDIO DE BROTES DE CAÑA DE AZÚCAR .....	59
4.8 VARIABLE ALTURA PROMEDIO DE BROTES DE CAÑA DE AZÚCAR .....	62
4.9. DAÑO AL CULTIVO (FITOTOXICIDAD).....	63
5. CONCLUSIONES .....	69
6. RECOMENDACIONES .....	71
7. BIBLIOGRAFÍA.....	72
8. ANEXOS.....	76

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Tratamientos, ingredientes activos y dosis de aplicación utilizados durante las dos fases de la investigación.....	16
<b>Cuadro 2.</b> Frecuencia y Densidad Relativa de malezas presentes en las diferentes fases de evaluación, en el cultivo de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ). Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	39
<b>Cuadro 3:</b> Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados en el cultivo de caña de azúcar a 30 DDA, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	40
<b>Cuadro 4:</b> Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados, en el cultivo de caña de azúcar a 60 DDA, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	43
<b>Cuadro 5:</b> Porcentaje de infestación de malezas a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	52
<b>Cuadro 6:</b> Efectividad de control de malezas a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	55
<b>Cuadro 7:</b> Evaluación del grado de fitotoxicidad de los herbicidas al cultivo de caña de azúcar, Universidad de El Salvador, San Salvador, 2009. ....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Especie de <i>Digitaria ciliaris</i> (Retzius).....	23
<b>Figura 2:</b> Especie de <i>Echinochloa colonum</i> .....	25
<b>Figura 3:</b> Especie de <i>Eleusine indica</i> (L). ....	26
<b>Figura 4:</b> Especie de <i>Ixophorus unisetus</i> (Presl). ....	27
<b>Figura 5:</b> Especie de <i>Leptochloa filiformis</i> . (Lam.). ....	28
<b>Figura 6:</b> Especie de <i>Melinis minutiflora</i> . (Beauv.).....	29
<b>Figura 7:</b> Especie de <i>Panicum fasciculatum</i> .....	31
<b>Figura 8:</b> Especie de <i>Rottboellia cochinchinensis</i> L. f. ....	32
<b>Figura 9:</b> Especie de <i>Cleome viscosa</i> . (L). ....	33
<b>Figura 10:</b> Especie de campanilla ( <i>Ipomoea purpurea</i> ). ....	34
<b>Figura 11:</b> Especie de <i>Cyperus rotundus</i> .....	35
<b>Figura 12:</b> Especie de verdolaga ( <i>Portulaca oleracea</i> ). ....	36
<b>Figura 13:</b> Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados, en el cultivo de caña de azúcar a 45 DDA los herbicidas, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.....	41
<b>Figura 14:</b> porcentaje de cobertura a 15 DDA los herbicidas en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	46
<b>Figura 15:</b> Porcentaje de cobertura a 30 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	47
<b>Figura 16:</b> Porcentaje de cobertura a 45 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009. ....	49

<b>Figura 17:</b> Porcentaje de cobertura a 60 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.....	50
<b>Figura 18:</b> Porcentaje de infestación de malezas a 30 DDA en el cultivo de caña de azúcar. Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009. ....	51
<b>Figura 19:</b> Porcentaje de infestación a 60 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.....	53
<b>Figura 20:</b> Porcentaje de control a los 30 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.....	54
<b>Figura 21:</b> Porcentaje de control a 60 DDA en el cultivo de caña de azúcar. Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.....	56
<b>Figura 22:</b> Promedio de diametro de brotes a 15 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.....	59
<b>Figura 23:</b> Diametro promedio de brotes a 60 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.....	61
<b>Figura 24:</b> Altura promedio de brotes a 15 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.....	62
<b>Figura 25:</b> Promedio de alturas del cultivo de caña de azúcar. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. 2009. ....	63
<b>Figura 26:</b> Brote de caña de azúcar totalmente clorótico por efecto del herbicida Isoxaflutole, San Salvador, El Salvador, 2009. ....	65
<b>Figura 27:</b> Brotes de caña de azúcar con síntomas de clorosis en los ápices de las hojas, San Salvador, El Salvador, 2009. ....	66

## INDICE DE ANEXOS

<b>Cuadro A – 1:</b> Datos de lluvia diaria y acumulada de Hacienda El Tercio, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.....	76
<b>Figura A - 1:</b> Mapa de ubicación de estación meteorológica U – 11 del Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.....	77
<b>Figura A - 2:</b> Diámetro promedio de brotes a 30 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.....	78
<b>Figura A - 3:</b> Diámetro promedio de brotes a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.....	78

## 1. INTRODUCCIÓN

La problemática que representa la maleza en el cultivo de caña de azúcar, se considera un factor importante puesto que merma la producción del cultivo. Los efectos ocasionados por las malezas repercuten de manera directa sobre la economía del productor, causando disminución en el rendimiento y la calidad de sus cultivos.

En la actualidad el sector azucarero, presenta el problema de bajos rendimientos en la producción de caña, si se toma en cuenta la importancia que este sector tiene en la economía del país, merece que se realicen investigaciones que favorezcan el manejo del cultivo.

Por esa razón, el manejo de las malezas con herbicidas es fundamental y se considera que es uno de los mejores métodos para su control, sin embargo, no se ha alcanzado su óptimo aprovechamiento debido a diversos factores; entre ellos la falta de técnicos especializados que puedan recomendar los herbicidas con pleno conocimiento del tema, utilización de productos inapropiados, falta de dosificaciones adecuadas, inoportunidad en las aplicaciones y otras deficiencias que ocasionan que el problema de infestación continúe.

En tanto, la presencia de malezas en el cultivo de caña de azúcar es un factor limitante para el óptimo desarrollo del cultivo, aumentando el costo de producción y disminuyendo la calidad y cantidad de los subproductos obtenidos, debido a que estas representan un alto nivel de competencia por nutrientes, agua y luz; además existen algunas especies que producen efectos alelopáticos para el cultivo como también son hospederos de plagas; todos estos factores ocasionan una pérdida del 48.8% en la producción de caña de azúcar por hectárea, este nivel de pérdidas se reduce significativamente según la edad del cultivo y el momento en que se realice el control de malezas.

De igual forma, actualmente las exigencias ambientales obligan a desarrollar programas de manejo integrado de las malezas que contribuyan a reducir el impacto ambiental y los costos económicos que estos conllevan.

Por lo que, en El Salvador los resultados obtenidos en esta investigación contribuirán a desarrollar un mejor manejo de las malezas en el cultivo de caña de azúcar, ya que con ello se determinará la dosis más eficiente de isoxaflutole e imazapic, reduciendo los costos de

producción debido a que son herbicidas aplicados en preemergencia durante el periodo seco del año y que presentan una vida media prolongada en el suelo; ya que se establece que controlan efectivamente las malezas en el periodo más crítico del desarrollo de la caña de azúcar; lo que contribuirá a su vez a generar mayores beneficios a los productores y para la empresa azucarera; tanto económicos como en la calidad del producto; e incidirá en la disminución de la contaminación del suelo debido al uso de herbicidas reduciendo el impacto ambiental.

Así también, esta información sentará las bases para la realización de nuevas investigaciones que contribuyan a llenar aquellos vacíos de conocimiento que se poseen en esta área y será de utilidad para los productores, la empresa azucarera, ingenieros agrónomos, estudiantes y docentes de las diferentes instituciones profesionales de las ciencias agrícolas que existen en el país.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZUCAR

La Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una planta tropical que pertenece a la familia de las Gramíneas y es de la tribu Andropogoneae. La Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) que actualmente se cultiva es un híbrido muy complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *Saccharum barben*, *Saccharum officinarum*, *Saccharum robustum*, *Saccharum sinense* y *Saccharum spontaneum*. Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género muy diverso.

Estudios realizados sobre el origen de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.), reportan y concuerdan que *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinense* y *Saccharum barben* se desarrollaron en el área de Birmania, China, e India en el Asia meridional. Las formas relativamente jugosas de las dos últimas especies fueron utilizadas en los comienzos del cultivo y procesamiento de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la India y China. Cuando dichas especies se extendieron a otras regiones sufrieron de alguna forma diversos cruzamientos con otras gramíneas apareciendo, las especies *Saccharum robustum* y *Saccharum officinarum* en las islas del sureste de Indonesia, y en el área de Nueva Guinea respectivamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], citado por Díaz, *et al.* 2004).

El Sánscrito antiguo idioma hindú, designó al Azúcar como palabra “Sacra”, en griego “Saccharum”, en persa “Xacar” y en árabe “Sukkar” de donde se originó la palabra Azúcar. La introducción de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en El Salvador se menciona en el documento publicado por el Ingeniero José Manuel Henríquez y por Miguel Ángel Gallardo de acuerdo con el cual llegó desde México, pero nadie mostró interés por la fabricación de Azúcar. (Blanco, citado por Díaz *et al.* 2004).

### 2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Pese a que en los últimos años, el sector azucarero, se ha visto afectado por los precios internacionales del azúcar, debido al exceso de producción de países productores en años anteriores; dicho sector reviste gran importancia, no solo por su contribución al desarrollo agrícola e industrial, sino también por su capacidad para crear gran cantidad de empleos, además de la generación y captación de divisas, el suplemento calórico de la dieta alimentaria, la producción de alcohol, componentes alimenticios para animales, bebidas

gaseosas, papel, dulces y reposterías. En el país, el cultivo de la caña de azúcar es uno de los rubros que genera gran cantidad de divisas; que para el año agrícola de 1999 fueron de 42 millones de dólares, además de la creación de 300,000 empleos directos e indirectos (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria [CENTA] 2001).

El sector azucarero genera 47,968 empleos directos, 187,251 empleos indirectos y beneficia a 224,701 personas dependientes; genera más de 186.5 millones de dólares como aportes económicos. El cultivo de caña de azúcar y la producción de azúcar representan el 2.28% del Producto Interno Bruto [PIB] y la participación del cultivo de caña de azúcar representa casi el 20% del Producto Interno Bruto Agropecuario [PIBA], lo cual representa 400 millones de dólares en actividad económica anual (Asociación Azucarera de El Salvador, 2007).

Por la cantidad de mano de obra que demanda la producción de caña de azúcar, se hace necesaria la contratación de personas de otros países como Honduras y Nicaragua, contribuyendo a mejorar la economía de la región, de ahí la importancia de optimizar la producción. Además, el subproducto obtenido durante el proceso de extracción de la sacarosa, representa ingresos adicionales para los ingenios, ya que es utilizada para la obtención de alcohol, el cual se mezcla con el combustible fósil y sirve como fuente de producción de energía.

La información anterior, en El Salvador provee un claro panorama de la importancia económica, social y ambiental del cultivo de caña de azúcar, por tanto, es de mucha relevancia realizar investigaciones del manejo en el proceso productivo de este cultivo, dentro de los cuales se encuentra el control de malezas eficiente, de bajo costo; utilizando productos químicos más adecuados y de disponibilidad en el mercado.

El cultivo de caña de azúcar se caracteriza por su impacto ambiental positivo; la alta producción de biomasa, la obtención de subproductos amigables con el medio ambiente, sus requerimientos de dióxido de carbono y la liberación de oxígeno al medio ambiente; aspectos que contribuyen a mejorar el ecosistema. Con la aplicación de tecnologías de punta en los procesos productivos; se ha alcanzado una industria sostenible y amigable con el medio ambiente, en la cual se minimizan y se controlan los impactos por el uso de productos protectores del cultivo (Compañía Azucarera Salvadoreña S. A. [CASSA] 2008).

A pesar de que los productos a aplicar presentan residualidad en el suelo, las características fisiológicas de la caña y el ciclo vegetativo del cultivo, permiten la total degradación de los

ingredientes activos de los productos aplicados, disminuyendo los daños colaterales que los herbicidas puedan causar al ambiente.

La producción de caña de azúcar constituye una de las bases económicas agroindustriales, además representa una de las principales fuentes de empleo en el área rural. En los últimos años su producción ha aumentado considerablemente y la incorporación de nuevas tecnologías ha permitido optimizar y mejorar la recuperación de la sacarosa contenida en la caña (CASSA 2008).

### **2.3. CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR**

Malezas son especies vegetales que afectan el potencial productivo de la superficie ocupada o el volumen de agua manejado por el hombre. Este daño puede ser medido como pérdida del rendimiento agrícola por unidad de área cultivable o también reflejando la afectación de la productividad de una empresa comercial. Como malezas pueden considerarse todas aquellas plantas que provocan cambios desfavorables de la vegetación (de interés económico para el hombre) y que afectan el aspecto estético de las áreas de interés a preservar (Mortimer 1996).

El mayor conocimiento del daño de las malezas proviene de las evaluaciones de pérdidas de cosechas agrícolas. De manera general, se acepta que las malezas ocasionan una pérdida directa aproximada de 10% de la producción agrícola. En cereales, esta pérdida es del orden de más de 150 millones de toneladas. Sin embargo, tales pérdidas no son iguales en los distintos países, regiones del mundo y cultivos afectados. En la década de 1980, se estimó que las pérdidas de la producción agrícola causada por las malezas ascendían a 7% en Europa y 16% en África; mientras que en el cultivo de caña de azúcar fue del 15.1% (Fletcher, citado por Mortimer 1996).

Las especies pre-adaptadas a ser malezas son aquéllas presentes en la flora natural de un área no cultivada. Estas pasan a ser componentes de la flora del área cultivada como consecuencia de la selección interespecífica. Los efectos combinados del manejo del terreno por el hombre constituyen el agente promotor de la selección interespecífica. En la agricultura y la horticultura, la preparación del terreno, la selección de la planta cultivable, las prácticas asociadas y los métodos de cosecha, son elementos determinantes en la selección que ocurre en un hábitat (Mortimer 1996).

Las prácticas agrícolas, como la destrucción de la biomasa aérea, seguidas del cultivo del suelo ocasionan la selección de especies que logran sobrevivir las perturbaciones periódicas del hábitat, usualmente a través de la adopción de formas de vida subterránea o latente (Ej. semillas, rizomas) (Mortimer 1996).

La competencia de la planta cultivable puede también influir como agente de selección de malezas, que son capaces de un establecimiento sincronizado con el cultivo a ritmos rápidos de crecimiento. Las prácticas que eliminan selectivamente la biomasa de malezas al momento de la cosecha pueden igualmente favorecer la aparición de especies individuales que se propagan antes de la propia cosecha (Mortimer 1996).

En áreas industriales y comerciales, la destrucción física repetida de la parte aérea de la planta, sobre todo en operaciones habituales de desbroce o deshierbe, tiende a seleccionar especies perennes que poseen estructuras subterráneas regeneradoras. Las especies pre-adaptadas son aquellas que poseen una serie de características bio-históricas que condicionan un crecimiento rápido de la población, bajo sistemas particulares de manejo, impuestos por la acción del hombre. El acontecimiento de este fenómeno dependerá de la fuente de propágulos invasores a diseminarse en espacios determinados del hábitat en cuestión y de la velocidad de reproducción de la especie en dicho hábitat (Mortimer 1996).

#### **2.4. FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DE LAS MALEZAS**

La Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza, (s. f.) cita que la ecología de las malezas es el factor que determina las características y adaptaciones que éstas puedan tener en los nichos ecológicos que quedan abiertos en los ambientes que el hombre altera para su uso y los factores climáticos, edáficos y bióticos son los que determinan su abundancia, extensión y distribución (Gómez y Pantaleón 2008).

En los factores climáticos se señalan la: luz, temperatura, agua, vientos, humedad y las características estacionales de estos factores. Mientras que en los edáficos están: agua, aireación, pH, nivel de fertilización del suelo y el efecto del sistema de cultivo; por último entre los bióticos se describen que se encuentran otras plantas, como helechos, algas, el cultivo mismo, los insectos, la fauna del suelo y el hombre mismo (Gómez y Pantaleón 2008).

Para el control eficiente de las malezas en caña de azúcar es necesario tener en cuenta los factores siguientes: (1) las especies de las malezas predominantes, (2) el área y localización de la invasión de malezas, (3) el estado de desarrollo de las malezas y su relación con el crecimiento del cultivo, (4) el equipo disponible para el control, (5) las condiciones de clima y el contenido de humedad en el suelo al momento de iniciar el control (Gómez 1993).

## **2.5. COMPETENCIA DE LAS MALEZAS**

El conocimiento de la competencia de las malezas con las plantas cultivables es probablemente tan viejo como la práctica de cultivo y el desarrollo de la agricultura moderna. Los primeros agricultores iniciaron la preparación del terreno con el fin de facilitar el desarrollo de las especies vegetales escogidas como cultivables y seguidamente eliminaban otras especies indeseables, que solían aparecer al unísono tan pronto se realizaba la plantación o siembra. Así fue que nació el manejo de malezas, cuyo objetivo era evitar la competencia de las plantas indeseables y, así, elevar la producción agrícola (Doll 1996).

En años recientes los “malezólogos” han realizado numerosos estudios sobre el carácter inhibitorio de una serie de sustancias liberadas por los órganos de las malezas sobre el crecimiento de las plantas cultivables. Este fenómeno es conocido como alelopatía, el cual causa efectos depresivos importantes sobre algunas especies vegetales en condiciones determinadas. El efecto combinado de la competencia y la alelopatía es denominado interferencia.

La mayor parte del daño de las malezas es el resultado de la lucha por los elementos vitales de crecimiento (luz, agua y nutrientes), a lo cual va dirigido el resto de esta discusión. El término competencia será utilizado en un sentido amplio, que incluirá también el posible daño alelo químico (Doll 1996).

En el caso de la caña de azúcar, el control de las malezas debe realizarse en el momento en que el cultivo es más susceptible a la competencia que representan las malas hierbas, este momento se presenta en el período de desarrollo de la planta, en el cual requiere gran cantidad de nutrientes, agua, radiación solar y espacio.

Los resultados de varios experimentos realizados en diferentes partes del mundo, demostraron claramente que la competencia de las malezas dentro de los primeros cuatro

meses después de la plantación es muy dañina para los rendimientos de caña y de azúcar (Obien y Baltazar, citado por Díaz y Labrada 1996).

Así, el control de malezas debe iniciarse lo antes posible después de la plantación o de la cosecha. Desde el momento de emergencia de los tallos primarios, entre tres y cuatro labores de deshierbe con intervalos entre tres y cuatro semanas como promedio, deben ser adecuadas para controlar las malezas durante el período crítico de su competencia con el cultivo (Díaz y Labrada 1996).

De acuerdo a diversos estudios realizados en México, las malezas reducen entre un 25 a 75% en los rendimientos de campo, en dependencia del momento en que se realice un control, lo que ocasiona grandes pérdidas económicas a los productores (Gómez y Pantaleón 2008)

#### **2.5.1. Disponibilidad de nutrientes**

Si los nutrientes del suelo son abundantes, la competencia de malezas es de menor importancia. Sin embargo, en muchas áreas tropicales y subtropicales, los suelos son pobres en nutrientes y la competencia es entonces crítica. Por otra parte, la aplicación de fertilizantes a fin de elevar los rendimientos del cultivo no logra alcanzar los beneficios máximos de no ser eliminadas las malezas adecuadamente (Doll 1996).

#### **2.5.2. Disponibilidad de agua**

Este aspecto de la competencia varía de una estación del año a otra, de un lugar a otro y de una especie a otra (si no se dispone de irrigación). En las regiones semi-áridas, la competencia por el agua es más crítica que en las áreas con abundantes precipitaciones. Los estudios con cuatro especies de malezas en cacahuets arrojaron que 8 plantas de malezas/ 7 m. de surco resultaba en pérdidas de los rendimientos de 32% a 45% entre las distintas especies y de 21% a 55% entre suelos de textura gruesa y fina (Buchanan y Hauser, citados por Doll 1996).

### **2.6. MÉTODOS DE CONTROL DE MALEZAS**

Cuando cualquier método de control de malezas es realizado a tiempo y de tal manera que no se dañe la planta cultivable; los resultados deben ser similares. Desafortunadamente, no

siempre sucede así. Por ejemplo, los herbicidas o el apero de labranza mecánica o herramienta pueden dañar al cultivo. El potencial de daño es variable con la selectividad relativa del herbicida y la destreza de la persona que opera el apero de labranza o herramienta. Cuidado debe tenerse cuando se deshierba manual o mecánicamente para no afectar las plantas pequeñas de cultivo o causar daños innecesarios a sus raíces. Algunas malezas perennes pueden ser mejor controladas con el uso de herbicidas capaces de translocarse en la planta tratada y así prevenir o reducir su regeneración. Los herbicidas son también más efectivos en períodos de abundantes lluvias, ya que su comportamiento resultará al máximo de su potencial, mientras que el deshierbe manual o mecánico será sumamente difícil bajo estas condiciones (Doll 1996).

Además de la reducción directa del crecimiento y la productividad del cultivo, las malezas también pueden interferir con la recolección de la cosecha, reducir la calidad de la producción y servir de hospederas a diversas plagas. También algunos productores temen que niveles no económicos de infestación puedan causar futuros problemas mediante la producción de semillas de las plantas indeseables con la consiguiente acumulación de las mismas en el banco de semillas del suelo. Es prudente considerar estos aspectos en el diseño de programas apropiados de manejo de malezas, basados en los principios de los umbrales (Doll 1996).

Los métodos más utilizados para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar son:

### **2.6.1. Control Manual**

Este método de control se realiza con azadones y cumas y es más común en socas que en plantilla, ya que en este último caso se puede ocasionar daños a las plántulas que emergen.

El control manual de malezas puede destruir hasta el 20% de los brotes de la caña, además es costoso, requiere más mano de obra y es menos efectivo que otros métodos (Calderón y Zaldarriaga, citado por Gómez 1993).

### **2.6.2. Control Mecánico**

Se utiliza en áreas extensas de cultivo, se puede hacer con arado de discos y la eficiencia, en tiempo requerido para la labor, es alta y su costo es bajo. Es más eficiente cuando la

planta de caña aun no se ha desarrollado y se presenta una baja humedad en el suelo (Gómez 1993).

### 2.6.3. Control Químico

Sales inorgánicas, tales como sulfato de cobre, se usaron para el control de malezas de hoja ancha en cereales hacia finales del siglo XIX, pero el primer herbicida orgánico: DNOC (dinitro-ortocresol), no fue introducido si no hasta 1932. El uso extensivo de herbicidas en dosis relativamente bajas (1-2 kg i. a. /Ha) comenzó en 1945 con el lanzamiento de los herbicidas reguladores de crecimiento 2, 4-D (Ácido 2, 4-Dichlorofenoxiacético) y MCPA. El éxito de éstos condujo a una intensificación de la investigación y las inversiones, lo cual, a su vez, produjo nuevos grupos de herbicidas y compuestos en desarrollo. Se han descubierto nuevos grupos de herbicidas mediante la selección al azar en el invernadero y la subsiguiente modificación química (Caseley 1996).

En la actualidad existen diferentes herbicidas químicos que se utilizan con éxito en el cultivo de la caña de azúcar. El uso de estos productos es parte de las labores normales del cultivo en la mayoría de los ingenios (Gómez 1993).

Dentro del contexto de control químico de malezas en las áreas cultivables con caña de azúcar, actualmente existen nuevas moléculas de herbicidas que vienen a cubrir algunos aspectos no comunes en los herbicidas tradicionales y eso es lo que los hace ser novedosos y marca la diferencia (Gómez y Pantaleón 2008).

El control químico de las plantas dañinas en áreas de caña de azúcar es una práctica bastante difundida en todo el país, la utilización de herbicidas preemergentes con efecto residual prolongado es uno de los factores que determinan gran eficiencia en el control de malezas durante el período crítico de competencia. Con esa alternativa es posible la ejecución de planes para el control efectivo de plantas infectantes en la labor.

Así, el conocimiento de los factores que influyen en la actividad y estabilidad de los herbicidas en los suelos es fundamental, una vez que se determina el éxito o fracaso de estos productos en el control de las plantas invasoras y su persistencia en diferentes condiciones ambientales (Anderson, citado por Amaral, *et al.* 2008).

Los herbicidas se pueden aplicar al follaje o al suelo. Los que se aplican al follaje y afectan solamente la parte tratada se describen como herbicidas de contacto, mientras que aquellos que se trasladan del follaje tratado hacia un punto de acción en otro lugar de la planta se denominan herbicidas sistémicos (Caseley 1996).

Los herbicidas de aplicación al suelo que generalmente afectan la germinación de las malezas, tienen que persistir por algún tiempo para ser efectivos y se denominan herbicidas residuales. Algunos herbicidas residuales tienen acción de contacto y afectan las raíces y los tallos en la medida en que estos emergen de la semilla, mientras que otros entran en la raíz y las partes subterráneas de la planta y se translocan a su punto de acción (Caseley 1996).

Los herbicidas preemergentes son químicos que se aplican en la superficie del suelo eliminando los nuevos brotes que nacen de las semillas, pero no las malas hierbas ya existentes. Primeramente, hay que tratar las malas hierbas del área que se quiere limpiar. Este tipo de herbicidas vienen en forma líquida o granulada y para que sean efectivos, se deben aplicar antes de la germinación de las semillas, conformando una barrera química en la superficie del suelo evitando la germinación de las plantas durante períodos largos (Chapman 2004).

Es importante citar, que el contenido de humedad en el suelo es un factor determinante en el funcionamiento y efectividad de este tipo de herbicidas ya que son productos que se posicionan en los primeros dos o tres centímetros del suelo formando una película protectora que impide que las malezas emerjan, es decir, que al germinar las malezas influenciadas por la humedad, por debajo de esta película hacen contacto con el ingrediente activo, el cual las intoxica y las malas hierbas mueren.

En esta investigación se hizo uso de los herbicidas preemergentes Merlin (isoxaflutole) y Plateau (imazapic), que poseen la cualidad de mantenerse en la superficie del suelo por un periodo prolongado de tiempo sin ser degradados por la acción de la radiación solar; además, se activan con las primeras precipitaciones que dan lugar a la germinación de las malezas lo cual permite la acción inmediata de los productos en el periodo más crítico para el desarrollo del cultivo. Por otra parte, son productos nuevos que permiten su aplicación en la época más seca del año.

## **2.7. HERBICIDAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION**

### **2.7.1. HERBICIDA PLATEAU (Imazapic)**

Pertenece a la familia de las Imidazolinonas, con aspecto físico de gránulos dispersables, casi inodoro; puede ser aplicado tanto en época seca como en lluviosa, una vez en el suelo el Imazapic presenta una vida media de 106 días, su fotodescomposición es nula, se activa con la humedad, presenta una baja adsorción a materia orgánica y arcillas, alta estabilidad a la degradación por luz ultravioleta y un bajo potencial de lixiviación y movimiento lateral, después de aplicado se puede remover el suelo mediante una labor no muy profunda para que el producto sea incorporado. Uno de los principales beneficios para el campo cañero con la aplicación de este producto, es la reducción del banco de semillas presentes en el suelo de forma general (Gómez y Pantaleón 2008).

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos el Herbicida Plateau está clasificado dentro de la categoría IV con un nivel de “baja toxicidad”, el cual no presenta riesgos reproductivos, cancerígenos o metabólicos para la salud humana; de igual forma es un producto que no representa peligro para las especies de vida silvestre como mamíferos, aves, peces e insectos acuáticos (Washington State Department of Transportation s. f.).

#### **2.7.1.1. Modo de Acción**

El principio activo Imazapic es absorbido por hojas y raíces, traslocándose rápidamente a través del xilema y floema hacia los meristemos de la planta, poco tiempo después de la aplicación la planta sufre detención del crecimiento, apareciendo la sintomatología primero en las hojas y después en el resto de la planta; la planta muere tiempo después. La selectividad puede darse por detoxificación metabólica del herbicida a compuestos no tóxicos (Espinoza y Morales 2009).

#### **2.7.1.2. Mecanismo de Acción**

Herbicidas que afectan la síntesis de proteínas, aminoácidos de cadena ramificada (isoleucina, leucina y valina) y cambian la conformación de los mismos, al inducir su precipitación o inhibiendo la acción enzimática de la acetolactato sintetasa (ALS).

Esta acción desencadena una disturbación total del metabolismo al interrumpir la síntesis proteica e interfiere con la síntesis de ADN y el crecimiento celular. Las especies

sensibles rápidamente detienen el crecimiento, dado que trabajan en las zonas meristemáticas (Espinoza y Morales 2009).

### 2.7.1.3. Especies Controladas

Imazapic es un herbicida utilizado para el control selectivo de gramíneas anuales y perennes, malezas de hoja ancha (Washington State Department of Transportation, s. f.).

Según el catálogo de herbicidas para la zafra 2008/2009 del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, el ingrediente activo Imazapic controla especies tales como ***Croton lobatus***, ***Cynodon dactylon***, ***Digitaria Sanguinalis***, ***Echinochloa colonum***, ***Euphorbia heterophylla***, ***Ipomoea nil***, ***Leptochloa filiformis***, ***Melampodium divaricatum*** (Espinoza y Morales 2009).

En la investigación de control químico de coyolillo (***Cyperus rotundus***), con y sin cobertura del suelo por rastrojo de caña de azúcar; con la aplicación de imazapic (105 gr. i. a. por hectárea), reporta que imazapic provocó una leve clorosis generalizada, confiriendo una ligera reducción en el crecimiento inicial de las plantas de caña, además de eso, a pesar del daño inicial, los síntomas desaparecen gradualmente en las evaluaciones hechas a los 30 y 60 días después de aplicado (DDA), con la brotación de hojas nuevas, totalmente libre de estos problemas (Durigan *et al.* 2004).

Las evaluaciones de control mostraron desventajas y ventajas en la acción de ciertos herbicidas, en función de la presencia o ausencia de rastrojo de caña de azúcar. Algunos de estos, como el imazapic y el sulfentrazone, tuvieron su desempeño afectado por la presencia de rastrojo, en ambas evaluaciones, con todo y esto, fueron los únicos en mantener controles superiores a 80% del coyolillo antes de 90 DAA, eso, en cuanto a la ausencia de rastrojo (Durigan *et al.* 2004).

### 2.7.2. HERBICIDA MERLIN (Isoxaflutole)

El principio activo isoxaflutole pertenece a la familia química de los Isoxasoles, una vez en el suelo luego de su aplicación, la molécula de isoxaflutole se transforma en diquetonitrilo que corresponde a la forma más soluble del herbicida; su aspecto físico es sólido granulado, color blanquecino, sin olor, densidad 1.416 gr/ ml a 20 centígrados, solubilidad en agua a 20° centígrados dispersable. (Bayer CropSciences 2001).

El isoxaflutole mayormente no se descompone por la energía solar. Otra característica de importancia es su solubilidad, que puede pasar de 6 ppm al estado de isoxaflutole a 300 ppm como diquetonitrilo por hidrólisis en la solución del suelo, esta condición de solubilidad diferenciada se le conoce como actividad recargable (Bayer CropScience 2001).

#### **2.7.2.1. Modo de Acción**

Este es aplicado en condiciones de preemergencia, en aplicación total al suelo, posee doble vía de penetración, pues entra a la planta vía hipocótilo y epicótilo, lo que no ocurre con su derivado diquetonitrilo que es absorbido solamente por las raíces. Después de ser absorbidos, tanto el isoxaflutole como el diquetonitrilo son transportados rápidamente hacia el ápice de la plántula, donde la mayor parte de isoxaflutole es entonces convertida en Diquetonitrilo (Cavalieri *et al.* 2005).

La conversión de isoxaflutole a diquetonitrilo puede ocurrir antes o después de ser absorbido por las plantas (Taylor – Lovell, citado por Cavalieri *et al.* 2005).

El Isoxaflutole es considerado un pro herbicida, que es convertido en metabolito diquetonitrilo, por medio de la abertura del anel Isoxazole, que es la molécula biológicamente activa en el control de las plantas dañinas (Cavalieri *et al.* 2005).

La actividad de Isoxaflutole depende de la conversión en metabolito diquetonitrilo de acuerdo con la disponibilidad de agua en el suelo (Mitra, citado por Cavalieri *et al.* 2005).

#### **2.7.2.2. Mecanismo de Acción**

El herbicida inhibe la acción de la enzima 4-Hidroxiphenyl pirubato dioxygenasa (HPPD) que interviene en la síntesis de pigmentos carotinoides, encargados de proteger la clorofila durante el proceso de fotosíntesis. Como resultado de este proceso se genera la foto-oxidación de la clorofila disminuyendo notablemente la actividad fotosintética y terminando luego en la muerte de la plántula en proceso de germinación emergencia (Bayer CropScience 2001).

Aplicaciones de este herbicida pueden ser hechas durante el periodo más seco del año, al registrarse las primeras lluvias, la conversión del producto se hace simultáneamente a la emergencia de las plantas dañinas, lo que prolonga su actividad residual en campo. Este efecto particularmente es interesante para las áreas de corte de caña que se concentran

entre los meses de mayo y agosto (Brasil), en que muchos herbicidas no son efectivos debido a la baja disponibilidad de agua en el suelo (Cavalieri *et al.* 2005).

El tipo de suelo también ejerce un papel importante en el efecto residual de los herbicidas aplicados en preemergencia. El Isoxaflutole, por ejemplo, es utilizado en áreas cultivadas con caña de azúcar, presentando un mayor periodo residual en suelos de textura arcillosa, independientemente de la dosis, debido a las diferencias de carbono orgánico y arcilla entre los suelos arenosos y arcillosos (Cavalieri *et al.* 2005).

### 2.7.2.3. Especies Controladas

En investigaciones realizadas en Brasil se determinó que este herbicida controla especies tales como: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Portulaca oleracea*, *Cenchrus echinatus*, *Galinsoga parviflora*, *Amaranthus viridis* y *Agerantum conyzoides* (Adoryan, Montorio, Costa y Rozanski, Marchori Junior, Oliveira, citado por Amaral *et al.* 2008).

Este producto puede ser tóxico para los organismos acuáticos, cuando es directamente vertido a los cauces, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático; para el ser humano existen posibles riesgos durante el embarazo de efectos adversos para el feto (Bayer CropScience 2001).

Por las características residuales que presentan ambos productos al ser aplicados en el suelo bajo condiciones de humedad limitada, se considera que estos son los más apropiados para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar, basándose en la información de estudios realizados en México y Brasil, que han obtenido información satisfactoria en el uso de estos productos; por tanto, con el desarrollo de este proyecto de investigación se pretende generar información de la acción de estos productos para su uso en el país y la validación de los datos existentes en las investigaciones previas.

## 3. MATERIALES Y METODOS

### 3.1. UBICACIÓN Y DURACIÓN DE LOS ENSAYOS

La fase experimental de la investigación se realizó en dos etapas, la primera se estableció en condiciones de campo en la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria El Tercio

(ACPA), municipio de Jiquilisco, departamento de Usulután; en el período comprendido entre los meses de Marzo a Junio 2009.

Una segunda etapa fué conducida en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, departamento de San Salvador; en el periodo comprendido entre los meses de Octubre a Diciembre 2009.

## 3.2. METODOLOGÍA

### 3.2.1. Descripción de los Tratamientos

Consistió en la aplicación de dos herbicidas preemergentes, Plateau (imazapic) y Merlin (isoxaflutole), en diferentes dosis durante la época seca con el objetivo de evaluar su efectividad en condiciones de humedad limitada en el suelo tomando como parámetro de evaluación el máximo control de malezas, en cada una de las parcelas experimentales a evaluar. Para ambas etapas de la investigación se utilizaron los mismos tratamientos (cuadro 1).

**Cuadro 1:** Tratamientos, ingredientes activos y dosis de aplicación utilizados durante las dos fases de la investigación.

• T1: 75 gr de ingrediente activo Isoxaflutole / Mz.
• T2: 90 gr de ingrediente activo Isoxaflutole / Mz.
• T3: 105 gr de ingrediente activo Isoxaflutole / Mz.*
• T4: 120 gr de ingrediente activo Isoxaflutole / Mz.
• T5: 135 gr de ingrediente activo Isoxaflutole / Mz.
• T6: 91 gr de ingrediente activo Imazapic / Mz.
• T7: 105 gr de ingrediente activo Imazapic / Mz.
• T8: 119 gr de ingrediente activo Imazapic / Mz.*
• T9: 133 gr de ingrediente activo Imazapic / Mz.
• T10: 147 gr de ingrediente activo Imazapic / Mz.
• T11: Testigo (Parcela sin herbicida)

\* Dosis comercial.

### 3.2.2. Metodología de Campo

Como toda la llanura costera salvadoreña, el clima de la zona está comprendido dentro de la clasificación climática de Sabana Tropical Caliente de Koppen, o Tierra Caliente según Sapper y Laurer. La precipitación media anual es de 1,949 mm y está distribuida principalmente entre los meses de mayo a octubre con un descenso típico en los meses de julio y agosto. La temperatura media varía de 25.9° C a 28.1° C, con una máxima de 36.3° C registrada en marzo (Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET] 2010).

La investigación se dividió en dos etapas, el primer ensayo se realizó en cultivo de caña de azúcar sembrada 15 días antes del montaje del experimento bajo la modalidad de siembra por humedad, utilizando la variedad MEX 79 – 431; en un suelo de topografía plana y textura Franco Arenosa, Ph moderadamente ácido, el cual se encontraba totalmente mullido y seco en la superficie.

Se hizo el reconocimiento del área de trabajo, luego se procedió a la delimitación de los bloques y las parcelas experimentales, para lo cual se utilizaron estacas de madera y pita nylon; estas parcelas fueron debidamente identificadas con fechas de aplicación y tratamiento aplicado; la aplicación de los productos se realizó una sola vez al inicio del ensayo con bomba asperjadora de mochila previamente calibrada a 40 PSI, con boquilla de abanico TK – VS 3, para una aplicación de solución de 200 L/ Mz.

Para dar respuesta a las variables en estudio se hizo uso del método del botanal, el cual consiste en la utilización de un marco de 0.50 por 0.50 metros con un área total de 0.25 metros cuadrados, dicho marco es lanzado en forma azarizada dentro del área útil de la parcela en estudio y esto permite hacer un recuento de las malezas que se encuentran dentro del marco.

Para la segunda etapa de la investigación realizada en la Universidad de El Salvador predominaron las siguientes condiciones climáticas: se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Sabana Tropical Caliente ó Tierra Caliente (0 – 800 msnm) la elevación es determinante (730 msnm).

Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como Bosque húmedo subtropical (con biotemperatura y temperatura del aire, media anuales < 24°C).

Los rumbos de los vientos son predominantes del Norte durante la estación seca y la estación lluviosa, la brisa marina del Sur y Sureste ocurre después del mediodía, la velocidad promedio anual es de 8 Km /h (SNET 2010).

En esta fase se utilizó la misma variedad de caña de azúcar (MEX 79 – 431), el mismo tipo de suelo pero con la variante que se estableció en cajas de madera de 0.575 m. de largo, 0.36 m. de ancho y 0.075 m. de profundidad, las cuales se llenaron con un volumen de tierra de 0.01552 m<sup>3</sup>, en dichas cajas se sembraron dos esquejes de caña de azúcar con tres yemas por esqueje a una profundidad de cinco centímetros.

La aplicación de los herbicidas se realizó el mismo día de la siembra, con bomba asperjadora de mochila y boquillas similares a las utilizadas en el desarrollo de la primera fase y el mismo volumen de aplicación; con la excepción que las condiciones de humedad en el suelo fueron distintas a las de la primera etapa, debido a que entre los meses de octubre a diciembre las precipitaciones fueron más constantes y copiosas.

### **3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Ambas etapas del estudio se condujeron bajo el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y once tratamientos; en el cual las variables a estudiar durante la primera etapa comprenden una composición florística (Identificación de malezas), frecuencia relativa de malezas, densidad relativa, abundancia (Densidad), porcentaje de cobertura, porcentaje de infestación y efectividad del control; para la segunda etapa de la investigación las variables estudiadas comprendieron diámetro promedio de brotes, altura promedio de brotes y daño al cultivo (fitotoxicidad).

#### **3.3.1. Análisis de Varianza (ANVA)**

Con el objetivo de detectar algún efecto por causa de los factores sometidos a estudio en la presente investigación, se procedió a realizar análisis de varianza para cada variable. En ninguno de los casos fue necesario realizar transformaciones de datos ya que la información obtenida fue bastante uniforme.

### **3.3.2. Comparación de Medias**

En aquellos casos donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo anterior permitió detectar aquellos grupos de medias estadísticamente diferentes.

En el ensayo de campo, las unidades experimentales estuvieron delimitadas en bloques de parcelas de 8.40 metros de ancho por 10.0 metros de largo, con un distanciamiento de siembra de 1.40 metros entre surcos, a cadena triple; con un área útil de 4.20 metros de ancho por 6.00 metros de largo haciendo un total de 25.2 metros cuadrados, dentro de los cuales se hicieron las aplicaciones de las diferentes dosis e ingredientes activos que constituyen los tratamientos distribuidos en una forma azarizada.

Para la segunda fase las unidades experimentales estuvieron constituidas por cajas de madera de 0.575 m. de largo, 0.36 m. de ancho y 0.075 m. de profundidad, las cuales se llenaron con un volumen de tierra de 0.01552 m<sup>3</sup>, dentro de las cuales se aplicaron los tratamientos anteriormente descritos.

## **3.4. DESCRIPCION DE VARIABLES**

### **3.4.1. Variables Colectadas en Campo**

#### **3.4.1.1. Composición Florística de Malezas**

El primer paso en la realización de esta investigación fue el registro o composición florística de malezas, el cual se basa en la identificación de las malezas presentes en la zona de estudio, haciendo uso de manuales de malezas, herbarios, laminas y demás documentos relacionados para lograr una identificación confiable.

#### **3.4.1.2. Frecuencia Relativa de Malezas**

La incidencia o frecuencia de malezas es un parámetro relativo que indica el porcentaje que representa el número de muestras en las cuales determinada especie ha sido encontrada, esta variable fue calculada a través de la fórmula siguiente:

---

### 3.4.1.3. Densidad Relativa

Consiste en contabilizar el número de individuos por especie con lo cual se calcula la densidad relativa de una especie en particular, la fórmula para el cálculo de la densidad relativa es la siguiente:

---

### 3.4.1.4. Abundancia (Densidad)

Se define como el número total de individuos de malezas por unidad de área. La determinación de la abundancia de las malezas en estudios de distribución de estas, es de gran importancia para caracterizar la dinámica de las malezas.

### 3.4.1.5. Porcentaje de Cobertura

Señala la proporción de terreno ocupada por las malezas, la cual está dada por el número de individuos presentes en un área de siembra y depende de las características que presente la planta dentro del complejo de malezas existentes. La evaluación de esta variable se realizó a través del método de estimación visual, el cual está basado en el porcentaje de cobertura por especie y total: este método consiste en detectar de forma visual los sitios que se encuentran infestados por malezas.

### 3.4.1.6. Porcentaje de Infestación

Considerando el tratamiento testigo como 0% de control de malezas en relación a cada tratamiento, se procedió a obtener el porcentaje de infestación de la manera siguiente:

No. de Malezas en Testigo ----- 100 % de Infestación  
 No. de Malezas en Tratamiento ----- X

Donde X= Porcentaje de Infestación.

### **3.4.1.7. Efectividad de Control**

En la evaluación de la efectividad del control se realizó una comparación entre las parcelas tratadas con las parcelas sin tratamiento (parcela testigo). El objetivo de este procedimiento es lograr una reducción de la biomasa acumulada de especies individuales de malezas comparada con la biomasa acumulada en la parcela testigo.

Esta reducción de la biomasa de las malezas corresponde a la acción de los herbicidas aplicados y se estima haciendo uso de una escala de clasificación en porcentaje que va desde 0 (ningún efecto) hasta 100 % (muerte total). Este cálculo se efectuó por medio de la siguiente fórmula:

---

### **3.4.2. Variables Colectadas en Segunda Etapa**

#### **3.4.2.1. Diámetro Promedio de Brotes**

En cada uno de los muestreos se midió el diámetro de los brotes en su parte basal, a un centímetro desde el nivel del suelo, utilizando un Vernier o "Pie de Rey", posteriormente se realizó el cálculo para determinar el diámetro promedio por tratamiento.

#### **3.4.2.2. Altura Promedio de Brotes**

Se midió la altura de cada uno de los brotes desde el nivel del suelo hasta la lígula o base de la primera hoja, luego se procedió al cálculo de las alturas promedio para cada uno de los tratamientos.

#### **3.4.2.3. Daño al Cultivo (Fitotoxicidad)**

En toda investigación de control de malezas, en cultivos es indispensable evaluar los efectos tóxicos de los productos utilizados y definir si el daño es causado por ellos o no. Los síntomas de toxicidad en el cultivo por parte de los productos se hacen evidentes a los pocos días de la aplicación, por tanto, es necesario realizar los muestreos al menos siete días posteriores a la aplicación para obtener la información, para ello se utilizó un índice visual y se clasificó a través de una escala comprendida entre cero y cinco, donde: 0 = no hay

fitotoxicidad, 1 = fitotoxicidad muy leve, 2 = fitotoxicidad leve, 3 = fitotoxicidad media, 4 = fitotoxicidad fuerte, 5 = muerte total de la planta (Aleján 2004).

El tratamiento testigo estuvo constituido por una parcela en la cual no se realizó ninguna actividad de control de malezas.

Las evaluaciones se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos y sirvieron para identificar y cuantificar las malezas y así dar respuesta a las variables anteriormente descritas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Ante la problemática que representa para el sector cañero la competencia de malezas, se procedió a evaluar el nivel de actividad de dos herbicidas preemergentes aplicados bajo condiciones de humedad limitada en el suelo, principalmente para determinar su residualidad y eficiencia de control después de ser sometidos a periodos secos prolongados.

##### 4.1. COMPOSICION FLORÍSTICA DE MALEZAS

Al realizar las evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días después de aplicados (DDA) los herbicidas se encontraron 12 especies agrupadas en cinco familias, entre las cuales predominaron las Gramíneas siguientes: *Digitaria ciliaris*, *Echinochloa colonum*, *Eleusine indica*, *Ixophorus unisetus*, *Leptochloa filiformis*, *Melinis minutiflora*, *Panicum fasciculatum*, *Rottboelia cochinchinensis*; entre las especies representativas de malezas de hoja ancha se encontraron *Cleome viscosa* (Capparaceae); *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae); *Portulaca oleracea* (Portulacaceae); así como también se encontró un ejemplar representativo de la familia de las Cyperaceas: *Cyperus rotundus*.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

Nombre binomial: *Digitaria ciliaris* (Retzius) Koeler. (Galdámez *et al.* 1994; García *et al.* 1995; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 1:** Especie de *Digitaria ciliaris* (Retzius).

Sinónimos: *Digitaria adscendens* (H. B. K) Henr; *Digitaria marginata* LK; *Panicum ciliare*. Retz.

Nombres comunes: Salea, pangola, criolla, pangolilla.

### **Descripción Botánica**

- Hábitat:** Hierbas anuales comunes en terrenos cultivados, orillas de carreteras y caminos y lugares desolados de clima templado.
- Raíces:** Son fibrosas, frecuentemente con raíces secundarias que nacen de los nudos inferiores del tallo.
- Tallos:** Frecuentemente son rastreros horizontalmente sobre el suelo, o son floridos, ascendentes de 20 – 60 cm. de alto y lampiños.
- Las hojas:** Son alternas, sus abiertas envolturas basales flojas generalmente pelosas (cada una con una falda membranosa en la unión con la lámina), sus láminas delgadas planas de 5-10 cm. de largo por 3 - 8 mm de ancho, lampiñas o pelosas, con bordes blanquecinos frecuentemente arrugadas y con una vena central blanca.
- Inflorescencia:** En forma de panícula, de 4 – 10 racimos extendidos a ascendentes, semejantes a espigas de 5- 10 cm. de largo (todos en 1- 2 grupos radiados a lo largo de un eje común hasta de 3 cm. de largo), cada racimo delgado, alado, lampiño y llevando espiguillas puntiagudas en 2 hileras a lo largo de un lado. Las espiguillas florales dorsiventralmente aplanadas están en pares, algunas veces con bordes pelosos, cada una compuesta de una bráctea inferior corta, de una bráctea superior  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{4}{5}$  de longitud de la florecilla bisexual: de una florecilla inferior estéril (bractéola 5 – 7 suave) y de una florecilla bisexual terminal con sus bractéolas inferior firme, con bordes planos, cada espiguilla se cae íntegra.
- Fruto:** Cariópside angosta elíptica rodeada por bractéolas; una planta produce 1, 000,000 de semillas.
- Propagación:** Por semillas y vegetativamente por nudos inferiores.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

Nombre Binomial: ***Echinochloa colonum***. (L). Link. (Galdamez **et al.** 1994; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 2:** Especie de ***Echinochloa colonum***.

Sinonimos: ***Panicum colonum***, L.; ***Milium colonum***, Moench.; ***Oplismenus colonum***, H.B.K.; ***Panicum zonale***, Guss.

Nombres comunes: liendre de puerco, arrocillo.

### **Descripción Botánica.**

Habitat: Planta herbácea, anual, amcocoladora. Es propia de suelos húmedos y anegados, con textura fina, soporta la falta de luz.

Raíz: Fibrosa.

Tallo: Erecto, decumbente, hueco, glabro, con pigmentos, lila y púrpura, ramificado en la base.

Hojas: Lineares, alternas, lisas, borde dentado, algunas con líneas moradas. Vaina abierta, lisa, sin lígula, más corta que los entrenudos.

Flores: En espiguillas subsésiles, presentes en cuatro hileras a un lado del raquis racemoso. Se agrupan en una panícula con cuatro a diez racimos simples, algunas veces de color rojizo.

Fruto: Cariopsis verde, a veces rojizo.

Propagación: por semilla.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

Nombre binomial: *Eleusine indica* (L.).(García *et al.*1975; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 3:** Especie de *Eleusine indica* (L).

Nombres comunes: Pata de gallina, pasto de macho, zacate burro.

### Descripción Botánica

**Hábitat:** Hierbas anuales o perennes comunes en terrenos cultivados, lugares desolados y orillas de carreteras y caminos; de climas cálidos y templados.

**Raíces:** Fibrosas, frecuentemente con raíces secundarias que nacen de los nudos inferiores del tallo.

**Tallo:** Son glabrosos, huecos y generalmente blancos en la base. Además duros, aplanados son ascendentes (o con las porciones basales tendidas sobre el suelo, agrupados poco ramificados, de 15 – 70 (-100) cm. de alto y muy lisos).

**Hojas:** Alternas, envolturas basales aplanadas, con una quilla filuda (y con una falda membranosa corta en la unión con la lamina), sus laminas planas o dobladas de 7 - 38 cm. de largo por 2 - 8 mm. de ancho, con bordes ásperos.

**Inflorescencia:** Es un grupo radiado más o menos terminal, de 2 – 6 espigas algo gruesas de 3 - 10 cm. de largo, cada una llevando muchas espiguillas en dos hileras a lo largo de un lado del eje. La espiguilla floral sésiles, lateralmente aplanada, crecen en la parte inferior del raquis; posee tres anteras de color morado.

**Semilla:** Cariópside, es verde o morada con estrías, transversalmente arrugada, café oscura en cada fruto.

**Propagación:** Por semilla.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

**Nombre binomial:** *Ixophorus unisetus* (Presl.) Schlecht. (Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 4:** Especie de *Ixophorus unisetus* (Presl).

**Nombres comunes:** Zacate de honduras, zacate blanco, zacate de leche, pasto honduras, zacate de agua, pitillo.

### **Descripción Botánica**

**Hábitat:** Crece desde el nivel del mar hasta 1,200 m de altura. Es común en cultivos, potreros y orillas de carreteras. Es una planta perenne.

**Tallos:** Son suculentos, aplanados en la base y bastante grueso; miden de 50 – 140 cm. de alto y generalmente se presentan sin ramificaciones.

**Hojas:** Flojas, glabras y de bordes ásperos con una nervadura blanca, sobresaliente y angulada. Las vainas son traslapadas, un poco quilladas y glabras. La lígula es una membrana ciliada o lacerada con nudos glabrosos o un poco pubescentes.

**Inflorescencia:** Es una panícula solitaria terminal, de forma cilíndrica con numerosos racimos simples y con muchas espiguillas en dos hileras a lo largo de un lado del eje. La espiguilla es dorsiventralmente comprimida y de forma lanceolada cuando son jóvenes, cada una subtendida por una pequeña cerda de color morado en la parte inferior. Al madurar la palea de la lema inferior, se vuelve circular con una base cordada, expandiendo la espiguilla a una forma circular.

**FAMILIA:** **GRAMINEAE**

**Nombre binomial:** *Leptochloa filiformis*. (Lam.) Beauv. (Muñoz y Pitty 1995; Leonardo1998).



**Figura 5:** Especie de *Leptochloa filiformis*. (Lam.).

**Nombres comunes:** Plumilla, cola de zorro, pasto amargo, paja mona, paja de burro, nudillo, paja rosada, usaca, Leptochloa.

### **Descripción Botánica**

**Hábitat:** Planta anual, crece en cultivos y áreas abiertas, generalmente a pocas elevaciones. Se cree que es originaria de África. Se desarrolla mejor en suelos húmedos.

- Tallos:** Son huecos, glabrosos y erectos; miden de 10 – 130 cm. sin ramificaciones o con algunos ramificaciones desde la base; los nudos son glabrosos.
- Las hojas:** Son planas, glabrasas o con algunos pelos; las vainas son más largas que los entrenudos; traslapadas y con algunos pelos; una coloración rojiza aparece en la unión de la vaina con la hoja. La lígula es una membrana de bordes rasgados.
- Inflorescencia:** Es una panícula terminal, solitaria oblonga, color morado, con racimos simples y delgados. Las espiguillas están en dos surcos en la parte inferior del racimo, con dos o tres flores.
- Propagación:** Por semilla y se le considera como una maleza medianamente nociva.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

**Nombre Binomial:** *Melinis minutiflora* Beauv. (Gómez y Rivera 1987).



**Figura 6:** Especie de *Melinis minutiflora*. (Beauv.)

- Sinónimos:** *Agrotis glutinosa* Fisch; *Miilambergia brasiliensis* Steud.; *Panicum melinis* Trin; *Suardia picta* Schr; *Tristegis glutinosa* Nees.
- Nombres comunes:** Calingeiro, calinguero, gordura, hierva gordura, yerba melada, melaza, mermelada de caballo, pasto mieloso, zacate gordura, pasto chopin, cebo de Flandes.

## Descripción Botánica

- Hábitat:** Planta monocotiledonea, herbácea, perenne, erecta de 1 a 2 m de largo. Crece en zonas con altitudes entre 300 y 2,400 msnm, temperaturas entre 14 y 27 °C y precipitaciones superiores a los 900 mm anuales. Es maleza en áreas cultivadas, potreros, praderas, orillas de carreteras, caminos y en cafetales.
- Raíz:** Fibrosa, con raíces secundarias que brotan de los nudos inferiores del tallo.
- Tallo:** Erecto, a partir de la porción inferior abruptamente acodillado y rastrero, con nudos pilosos y rojizos.
- Hojas:** Lineares, pegajosa, alternas, con envolturas basales abiertas y con glándulas pubescentes (cada una con un anillo peloso en la unión de la lámina); las laminas son planas, de 8 a 20 cm de largo por 5 a 15 mm de ancho, con glándulas pelosas y con una central blanca.
- Inflorescencia:** Terminal en panícula compuesta, plumosa, densa, de 10 a 25 cm de largo con muchas ramas delgadas ascendentes provistas de muchas espiguillas purpurinas o rojizas.
- Espiguilla Floral:** Es dorsiventralmente aplanada; está compuesta por una bráctea superior con 7 nervios, una arista corta o punta, una florecilla interior estéril con una bractéola generalmente con una arista larga, delgada y por una florecilla bisexual terminal con la bractéola inferior brillante, delgada, sin arista; cada espiguilla se cae integra.
- Fruto:** Es una cariósipide rojiza, angosta y ovada. El fruto posee una semilla pequeña de aristas largas. Se propaga por semilla y por cepas.

**FAMILIA:** GRAMINEAE

Nombre Binomial: *Panicum fasciculatum* Sw. (Sánchez y Uranga 1993; Leonardo 1998).



**Figura 7:** Especie de *Panicum fasciculatum*.

Sinónimos: *Panicum cartaginense*, *Panicum fascum* (Swartz.); *Panicum reticulatum*, (Griseb.).

Nombre común: pajilla.

#### **Descripción Botánica.**

Hábitat: Planta herbácea, anual. Se ubica en lugares abiertos con buena iluminación y humedad. Soporta períodos de anegamiento.

Raíz: Fibrosa.

Tallo: Erecto y decumbente en la base, lampiño o hispido.

Hojas: Con vellosidad poco densa, márgenes escabroso. Vaina pilosa, en los márgenes.

Flores: Se presentan en una panícula densa ramificada. Las espiguillas son de color café intenso, glabras.

Fruto: Cariopsis, de forma transversal, arrugada.

Propagación: Por semillas.

**FAMILIA:** GRAMINEAE.

Nombre binomial: ***Rottboellia cochinchinensis*** (Lour) W. D. Clayton (Galdámez *et al* 1994; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 8:** Especie de ***Rottboellia cochinchinensis*** L. f.

Sinónimos: ***Manisuris exaltata*** Ktze; ***Stegosia exaltata*** Nash.

Nombre común: Caminadora, paja peluda, zacate indio, corredora, tuquito, manisuris, paja brava, pasto Trejo.

### **Descripción Botánica**

Hábitat: Es común en cultivo anuales y perennes, potreros y orillas de carreteras.

Planta: Es anual y de tallo erecto que puede alcanzar 3 m. de altura.

Raíces: Fibrosas, frecuentemente en la base del tallo se forman raíces adventicias y gran cantidad de macollas. Las raíces adventicias por lo general salen de los nudos.

Tallo: Cilíndrico, gruesos, sólidos, erectos, agrupados ramificados, con pubescencias áspera a glabra.

Hojas: Alternas, muy abiertas lanceoladas con pubescencia áspera, aserrados: de 0.20 a 1m de largo, de 1 – 3 cm. de ancho. Lígula corta provista de cerdas.

Inflorescencias: Es terminal o axilar. La espiga es cilíndrica y compacta, de aproximadamente de 10 cm de largo. La espiga se hace más delgada hacia el ápice; está compuesta de artículos o entrenudos; cada uno contiene una semilla fértil. Al germinar la semilla, el entrenudo puede permanecer adherido a la raíz, característica que hace las plántulas de esta especie de fácil reconocimiento.

Fruto: Cariópside.

Propagación: Por semilla.

**FAMILIA: CAPPARACEAE**

Nombre Binomial: ***Cleome viscosa*** L. (Sánchez y Uranga 1993; Galdámez *et al.* 1994; Leonardo 1998).



**Figura 9:** Especie de ***Cleome viscosa***. (L).

### Descripción Botánica

Hábitat: Planta anual.

Tallo: Hierba ramificada, de 0.5 a 1 m de alto.

Hojas: Triopentafoliadas, de 2 a 6 cm.

Inflorescencia: Brácteas trifoliadas; sépalos de 3 a 5 mm; corola siempre abierta; pétalos blancos o rosados, diminutos en el botón y que nunca cubren los estambres; 6 estambres insertos sobre un ginóforo alargado.

Fruto: Cápsula de 4 a 9 cm; pedicelo de 1 a 1.5 cm.

Semillas: Rugosas o tuberculadas.

**FAMILIA: CONVULVACEAE.**

Nombre Binomial: ***Ipomoea purpurea*** (L) Roth. (Gómez y Rivera 1987; Galdámez *et al.* 1994; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



**Figura 10:** Especie de campanilla (***Ipomoea purpurea***).

Sinónimos: ***Convolvulus intermedius*** (Loisel); ***Convolvulus purpureus*** L;  
***Convolvulus sanguineas*** Willd; ***Ipomoea glandulifera*** Ruiz y Pav.

### **Descripción Botánica**

Hábitat: Planta dicotiledónea, herbácea, enredadera, anual, de 1.5 a 5 m de largo. Crece en zonas con altitudes entre 1,000 y 1,800 msnm. Es maleza de cultivos, rastrojos, potreros, orillas de caminos, carreteras y cafetales.

Raíz: Pivotante.

Tallo: Cilíndrico trepador, enroscado, delgado, ramificado o no de pubescente a glabro.

Hoja: Alternas pubescentes, con pecíolo largo ovados o casi circulares en contorno, sin lóbulos (con frecuencia radialmente trilobuladas o rara vez pentalobuladas); con una ranura de superficial a profunda en la base.

- Inflorescencia: Axilar en cabillo largo, semejante a una umbela densa, con pocas flores.
- Las flores: Son grandes, solitarias de color azul, purpúreas, blancas, rojas, y variegadas (más claras en la parte interna de la umbela); de 4 a 7 cm de largo, los sépalos ovado-lanceolados a oblongos, agudos a acuminados, con pelos de 10 a 15 cm de largo.
- El fruto: Es una cápsula casi redonda a ovada, globular de 1 a 12 cm de diámetro, con puntos. Posee de 4 a 6 semillas granulares, pubescentes a glabras, ovadas, de negras a grises, pelosa y de 4 a cm de largo con 3 a 4 ángulos. Se propaga por semillas.

**FAMILIA:** CYPERACEAE.

Nombre binomial: ***Cyperus rotundus*** (L). (Muñoz y Pitty 1995; Galdámez *et al.* 1994; Leonardo 1998).



**Figura 11:** Especie de ***Cyperus rotundus***.

Nombre común: Coyolillo, coquito, coquillo, pimientilla.

### **Descripción Botánica**

- Hábitat: Es común en cultivos, rastrojos y pastizales; se encuentra desde bajas elevaciones hasta 1,500 msnm.
- Raíz: Sistema radicular muy complejo compuesto por bulbos donde se desarrollan los rizomas y luego los tubérculos; éstos forman cadenas de tubérculos donde pueden brotar nuevas plantas o más tubérculos.

- Tallo: Es triangular, de 15 a 50 cm. de altura no tiene nudos es más largo que las hojas, erecto, glabro, verde y los rizomas producen numerosas cadenas de bulbos.
- Hojas: Son alternas y basales de un color verde oscuro-brillante; la lámina es acanalada y el ápice acuminado; la vaina es cerrada y de color café-rojizo. Son de cinco a quince centímetros de largo por tres milímetros de ancho).
- Flores: Es una umbela terminal de color café rojizo con tres brácteas que son más corta o iguales a la longitud de la inflorescencia; se presentan de 2 – 12 espiguillas en cada espiga; es comprimida, de raquilla alada y de color púrpura.
- Fruto: Es un aquenio de color negro brillante.
- Propagación: Se propaga principalmente por medios vegetativos; la semilla tiene bajo porcentaje de germinación.

**FAMILIA: PORTULACACEAE.**

Nombre Binomial: ***Portulaca oleracea*** L. (García *et al.* 1975; Gómez y Rivera 1987; Galdámez *et al.* 1994; Leonardo 1998).



**Figura 12:** Especie de verdolaga (*Portulaca oleracea*).

Sinónimos: ***Portulaca latifolia*** Horn; ***Portulaca marginata*** H. B. K.; ***Portulaca oleracea*** Haw.

Nombres comunes: Atarraya, beldoroega, cáa-punga, portulaca, salada de negros, verdolaga, verdolaga amarilla, verdolaga grande.

### **Descripción Botánica**

- Planta:** Dicotiledónea, herbácea, anual o bienal, suculenta, glabra, postrada, de 0.10 a 0.50 m de largo; crece formando densos grupos aislados. Crece en zonas con altitudes entre 0 a 1,800 msnm. Es malezas de cultivos, rastros, potreros, lugares desolados, orillas de carreteras y caminos, huertos, jardines, viveros y cafetales.
- Raíz:** Pivotal con muchas raíces secundarias fibrosas.
- Tallo:** Grueso, carnoso, de rastrero a ascendente, muy ramificado, frecuentemente verde-rojo, purpurino, verde opaco, o morado rojizo y lampiño o con pocos pelos cortos en las axilas de la hoja.
- Hojas:** Alternas a casi opuestas, enteras, sin pecíolos, ovados-invertidas a espatuladas, cuneiformes, lampiñas y brillantes, de bordes enteros; la haz verde oscuro y el envés verde grisáceo blanquecino; de 2 a 4 cm de largo.
- Inflorescencia:** En grupo compacto terminal con pocas flores axilares, sésiles, solitarias, amarillas (se abren solo en las mañanas soleadas), tienen 5 pétalos amarillos de 3 a 10 mm de ancho.
- Fruto:** Es pixidio, de paredes delgadas, con dehiscencia central, de 4 a 8 mm de largo con numerosas semillas pequeñas de 0.5 mm de diámetro, de color rojo oscuro a negro, ovaladas, elípticas, reniformes, granulosa y arrugadas.
- Propagación:** Por semilla y vegetativamente.

#### 4.2. FRECUENCIA Y DENSIDAD RELATIVA DE MALEZAS.

En el primer muestreo (Cuadro 2), la presencia de malezas fue mínima, sobresaliendo, con relación a la frecuencia total de aparición y su densidad la campanilla (*Ipomoea purpurea*).

En el segundo muestreo realizado a los 30 días después de aplicados (DDA) los herbicidas, aparecieron tres especies de malezas siendo predominante la presencia de campanilla (*Ipomoea purpurea*) con un valor de frecuencia de aparición de 53.03% y densidad de 87.00% sumándose en un mínimo porcentaje Coyolillo (*Cyperus rotundus*), con una frecuencia de 33.33% y densidad relativa de 9.10% y la gramínea (*Eleusine indica*), la cual presenta valores de frecuencia de aparición de 23.33% y una densidad relativa de 26.78%.

En el tercer muestreo realizado a los 45 DDA, aparecieron 9 especies, predominando en relación a su frecuencia 63.33% y densidad 12.34% la gramínea *Leptochloa filiformis*, *Ipomoea purpurea*, *Ixophorus unisetus*, *Echinochloa colonum*, *Melinis minutiflora*, *Panicum fasciculatum*, *Portulaca oleracea*, *Cyperus rotundus* y *Cleome viscosa*.

En el cuarto muestreo, realizado a los 60 DDA predominaron las especies anteriormente citadas sumándose *Rottboellia cochinchinensis* y *Digitaria ciliaris*. La aparición de gramíneas en general fue predominante, sobresaliendo *Ixophorus unisetus* y *Leptochloa filiformes*.

**Cuadro 2.** Frecuencia y Densidad Relativa de malezas presentes en las diferentes fases de evaluación, en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

Especie	Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4	
	Fr	Dr	Fr	Dr	Fr	Dr
<i>Ipomoea purpurea.</i>	53.03 %	87.00 %	62.12 %	32.35 %	57.57 %	18.63 %
<i>Cyperus rotundus.</i>	33.33 %	9.10 %	20.83 %	16.38 %	26.66 %	36.52 %
<i>Eleusine indica.</i>	23.33 %	26.78 %				
<i>Leptochloa filiformis.</i>			63.33 %	38.34 %	60.00 %	34.06 %
<i>Ixophorus unisetus.</i>			43.75 %	10.08 %	36.66 %	17.59 %
<i>Echinochloa colonum.</i>			33.33 %	11.97 %	23.33 %	4.75 %
<i>Melinis minutiflora.</i>			33.33 %	7.76 %		
<i>Cleome viscosa.</i>			16.66 %	1.40 %		
<i>Portulaca oleracea.</i>			33.33 %	3.80 %	25.00 %	2.55 %
<i>Panicum fasciculatum.</i>			33.33 %	17.60 %		
<i>Rottboellia cochinchinensis.</i>					47.22 %	9.56 %
<i>Digitaria ciliaris.</i>					43.33 %	20.92 %

### 4.3. ABUNDANCIA (DENSIDAD) DE MALEZAS

Para la variable densidad de malezas a los 30 días después de la aplicación del herbicida (DDA), se encontró diferencias altamente significativas ( $Pr > 0.0130$ ); es decir, que al menos un tratamiento se comporta de manera distinta; al realizar la comparación de medias para los tratamientos a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se encontró que el tratamiento once (parcela sin herbicida o siempre enhierbado) es el que presentó la menor densidad de malezas, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 8, 9, 10, 7, 6, 5, 3, 1, 2. El tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) es el que presentó mayor densidad de malezas (Cuadro 3).

**Cuadro 3:** Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados en el cultivo de caña de azúcar a 30 DDA, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

TRATAMIENTO:	MEDIAS:	SIGNIFICANCIA:
T4:120 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	2.333	A
T2: 90 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	1.333	A B
T1: 75 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	0.667	A B
T3: 105 gr de i. a. isoxaflutole/Mz.	0.667	A B
T5: 135 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	0.500	A B
T6: 91 gr. de i. a. imazapic/Mz.	0.333	B
T7: 90 gr. de i. a. imazapic/Mz.	0.333	B
T10: 147 gr. de i. a. imazapic/Mz.	0.333	B
T9: 133 gr. de i. a. imazapic/Mz.	0.167	B
T8: 119 gr. de i. a. imazapic/Mz.	0.167	B
T11: Tratamiento testigo.	0.167	B

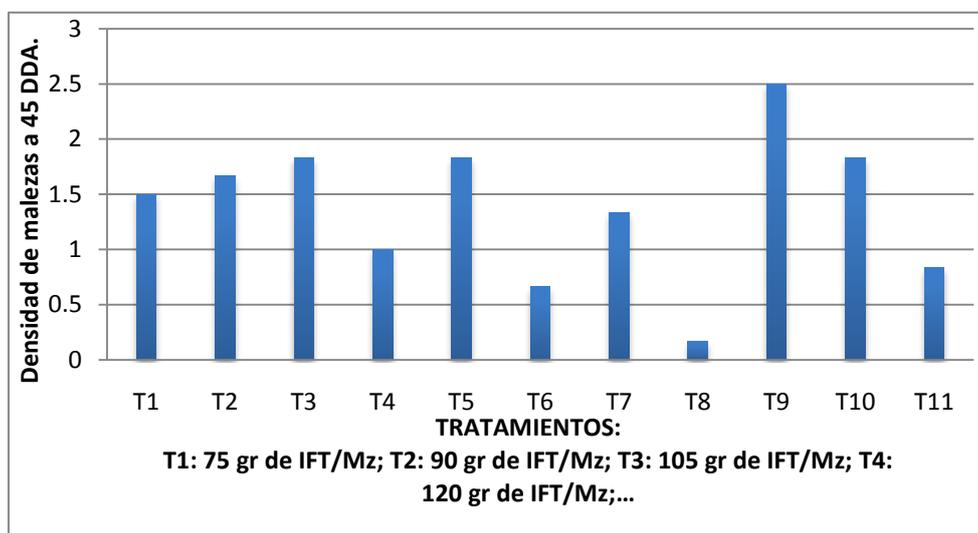
El fenómeno anteriormente expuesto se debe a que los herbicidas aplicados, necesitan cierto porcentaje de humedad en el suelo para que puedan ejercer su efecto de control. Es importante mencionar que las primeras lluvias ocurridas en esta zona se presentaron siete días antes de realizar el primer muestreo (1<sup>o</sup> de Mayo) (Cuadro A-1), las cuales fueron entre 1 y 15 mm haciendo un total de lluvia acumulada de 25 mm, este hecho nos permite deducir que las semillas de las malezas están en estado de germinación y por lo cual no se puede observar el efecto de los herbicidas.

En investigaciones realizadas en Brasil en las cuales se probó el herbicida isoxaflutole Marchori Junior *et al.* citado por Amaral *et al.* (2008) afirma que la actividad de

isoxaflutole depende de la conversión en metabolito diquetonitrila, lo que a su vez depende de la disponibilidad de agua en el suelo. Así que cuando se registra la ocurrencia de lluvias, la conversión acontece simultáneamente con la emergencia de las plantas dañinas, lo que prolonga su actividad residual en el campo.

Las malezas que se encontraron en esta evaluación son hierbas que ya estaban presentes al momento de realizar la aplicación de los herbicidas y que estos no lograron controlar a pesar de que se aplicaron directamente sobre el follaje. Los resultados obtenidos hasta este momento son semejantes a los descritos por Durigan *et al.* (2004) quien cita que los herbicidas preemergentes son químicos que se aplican a la superficie del suelo, eliminando los nuevos brotes que nacen de las semillas, pero no las malas hierbas ya existentes.

Al analizar la variable densidad de malezas a los 45 DDA se encontró que no existen diferencias significativas ( $Pr > 0.5876$ ); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) el que presentó el menor número de malezas, el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes dosificaciones de imazapic, isoxaflutole ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó la mayor densidad de malezas (Figura 13)



**Figura 13:** Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados, en el cultivo de caña de azúcar a 45 DDA los herbicidas, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

Este comportamiento puede ser el resultado de la variación en los intervalos de lluvia y las cantidades de esta ocurridas en la zona; a pesar de que existen, desde el inicio del periodo lluvioso hasta el momento de la evaluación, 93 mm de lluvia acumulada, pero

para el periodo que comprende la evaluación a 30 DDA (15 de mayo) y la evaluación a los 45 DDA, solamente se presentaron tres días de lluvia, acumulando un total de 38 mm y una precipitación ocurrida el día de la evaluación de 30 mm (31 de mayo) (Cuadro A-1).

Es de hacer notar que en este periodo existieron intervalos de hasta 7 días sin ocurrencia de lluvias y que las precipitaciones acontecidas en este mismo lapso fueron de 20, 10 y 8 mm.

Considerando que los herbicidas preemergentes necesitan cierto porcentaje de humedad para poder liberar la cantidad necesaria de ingrediente activo en la solución del suelo y así ejercer el efecto de control en las malezas; las cuales deben de estar en fase de germinación o de plántula. Por la ocurrencia irregular de las lluvias en este periodo de evaluación se podría deducir que existió un efecto negativo en la eficiencia del control de las malezas por los herbicidas.

Además de considerar el periodo irregular de lluvias se deben de tomar en cuenta aspectos climáticos como son: la radiación solar, la cual puede ejercer un efecto en la degradación de los herbicidas; la evapotranspiración que reduce la cantidad de agua en el suelo y que tendría un efecto directo en la cantidad de ingrediente activo en la solución del mismo, reduciendo así su eficiencia; el tipo de suelo, la volatilización, la degradación microbiana, etc. Todos estos factores pueden ejercer una influencia negativa en el desempeño de los herbicidas, permitiendo el comportamiento en los resultados de la evaluación a los 45 DDA.

Estas aseveraciones son apoyadas por Rodríguez citado por Durigan *et al.* (2004) en la investigación que realizó sobre el control químico de Coyolillo (*Cyperus rotundus*) con y sin cobertura del suelo con rastrojo de caña de azúcar, quien cita que la capacidad de un herbicida residual en llegar al suelo cuando está cubierto por rastrojo no depende solamente de su solubilidad en agua, foto descomposición y volatilización. La cantidad, la composición química y el origen de la cobertura muerta, así como la cantidad y el periodo de las primeras lluvias o irrigación después de la aplicación de los productos, además de las condiciones climáticas durante y después también pueden ser fundamentales.

Es de suma importancia hacer notar que ya existían malezas antes de la aplicación de los herbicidas las cuales no fueron controladas, además, en lo que va del periodo lluvioso ha existido germinación y desarrollo de malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas; esto contrasta con el ensayo que se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el cual, utilizando las mismas dosificaciones, igual número de tratamientos que en el ensayo de campo; con la variante

de que el suelo utilizado se encontraba húmedo al momento de la aplicación, las precipitaciones ocurridas en el periodo en el cual se desarrolló el ensayo, fueron en mayor cantidad y de forma más constante; se observó que tanto el herbicida Merlin (isoxaflutole) como Plateau (imazapic), ejercieron un control del 100% de malezas en cada una de las dosificaciones de los respectivos herbicidas, esto en relación al tratamiento testigo en el cual siempre hubo presencia de malezas, desde el inicio de la investigación hasta la evaluación a los 45 DDA.

Para la variable densidad de malezas a los 60 DDA se encontró diferencias altamente significativas ( $Pr > 0.0026$ ), es decir, que al menos uno de los tratamientos se comporta de manera distinta. Al realizar la comparación de medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) se encontró que el tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) es el que presentó la menor densidad de malezas, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos que involucran las diferentes dosificaciones de isoxaflutole, imazapic, ni con el tratamiento testigo. Mientras que el tratamiento nueve (133 gr de i. a. imazapic/Mz) es el que presentó el mayor número de malezas.

**Cuadro 4:** Densidad de malezas en 0.25 metros cuadrados, en el cultivo de caña de azúcar a 60 DDA, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

TRATAMIENTO:	MEDIAS:	SIGNIFICANCIA:
T9: 133 gr de i. a. imazapic/Mz.	29.167	A
T10: 147 gr. de i. a. imazapic/Mz.	24.000	A B
T7: 105 gr. de i. a. imazapic/Mz.	23.167	A B
T11: Tratamiento Testigo.	18.333	A B
T6: 91 gr. de i. a. imazapic/Mz.	12.667	A B
T3: 105 gr de i. a. isoxaflutole/Mz.	6.667	A B
T8: 119 gr. de i. a. imazapic/Mz.	4.167	A B
T5: 135 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	3.000	B
T1: 75 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	3.000	B
T2: 90 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	2.167	B
T4: 120 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	1.500	B

Los datos mostrados en el cuadro 4 reflejan que los tratamientos en los cuales se evaluó el ingrediente activo imazapic en diferentes dosificaciones, presentaron baja eficiencia en el control del número de malezas en la zona de estudio.

Este efecto posiblemente se debió a la forma irregular que se presentaron las lluvias, en todo el periodo de evaluación (Abril, Mayo, Junio 2009), (Cuadro A-1), lo cual afectó negativamente el desempeño del herbicida, ya que, a pesar que existieron precipitaciones que activaron el herbicida, también se dieron periodos secos prolongados en los cuales hubo pérdida de humedad en el suelo, lo que afectó la efectividad del herbicida; pero con la suficiente cantidad de agua como para permitir la germinación y brotación de las semillas de las malezas, escapándose al efecto del herbicida durante los periodos sin precipitación.

Probablemente la eficiencia del herbicida Plateau (imazapic) se vio reducida por la degradación microbiana, la cual fue favorecida por la humedad y las altas temperaturas en la zona, ya que según la literatura consultada es el único medio por el cual es degradado el herbicida.

En estudios realizados en Brasil por Amaral *et al.* (2008) sobre la eficiencia de herbicidas preemergentes después de periodos secos, encontraron que el imazapic presentó actividad residual aun cuando fue sometido a 90 días de periodo seco, capaz de causar intoxicación en el orden del 80% en evaluaciones realizadas a los 21 días después de sembrado el bioindicador y que según Renner *et al.* citado por Amaral *et al.* (2008) ese comportamiento está asociado a la degradación de ese producto en el suelo que es esencialmente microbiana, siendo favorecida por condiciones húmedas y de temperaturas elevadas.

Los resultados sobre el herbicida imazapic obtenidos en campo, contrastan con los observados en el ensayo realizado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el cual se evaluó el mismo número de tratamientos y las mismas dosificaciones pero bajo condiciones de humedad diferentes. En este trabajo se observó que el herbicida imazapic realizó un control del 100% de las malezas, esto en relación al tratamiento testigo.

Estos resultados se deben al hecho de que el suelo se encontraba húmedo al momento de la aplicación y que las lluvias durante este periodo fueron constantes con un promedio de 250 mm en los meses de octubre y noviembre lo cual permitió que existiera en la solución del suelo la cantidad necesaria de ingrediente activo para controlar las simientes de las malezas en el momento de su germinación.

Lo anterior coincide a lo encontrado por Gómez y Pantaleón (2008) en el trabajo en el cual evaluaron la efectividad del herbicida Plateau (imazapic) para el control pre emergente de las malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en

el cual observaron controles del 100% en especies de hoja angosta y controles elevados en el número de especies de hoja ancha y ciperáceas.

Con respecto a los tratamientos en los cuales se evaluó el ingrediente activo isoxaflutole se encontró que ejercieron mejor control en el número de malezas presentes en el área de estudio, esto probablemente se deba a que ya existía una humedad considerable en el suelo, ya que la cantidad de lluvia ocurrida hasta ese momento era de 340 mm, lo cual permitió la transformación de isoxaflutole a diquetonitrila, y que se da bajo condiciones de humedad en el suelo, esto es confirmado por Taylor – Lovell *et al.* citado por Constantin *et al.* (2006) en el trabajo realizado sobre la influencia del periodo de restricción hídrica en la actividad residual de isoxaflutole en el suelo, quienes afirman que el isoxaflutole no persiste en concentraciones altas en el suelo debido principalmente a su hidrólisis, su vida media disminuye de 74 a 38 horas cuando la humedad del suelo pasa de 10% a 40%; si el suelo estuviera seco esa reacción no ocurre o se da muy lenta.

En el suelo el isoxaflutole es rápidamente convertido en diquetonitrila, que es la molécula biológicamente activa en el control de las plantas dañinas. Esto explica los resultados obtenidos en el ensayo realizado en las instalaciones de la Universidad de El Salvador en el cual se observó un control del 100% de las malezas en cada uno de los tratamientos de isoxaflutole, esto comparado con el tratamiento testigo.

Es de suma importancia hacer notar que el número de malezas presentes en cada uno de los tratamientos con isoxaflutole, son especies que se encontraban en la zona al momento de la aplicación o que emergieron con las primeras lluvias ocurridas en el periodo de transición de la época seca a la época lluviosa (Abril – Mayo), pero no presentaron la suficiente cantidad de agua para activar el herbicida, dejando escapar las malezas en este periodo.

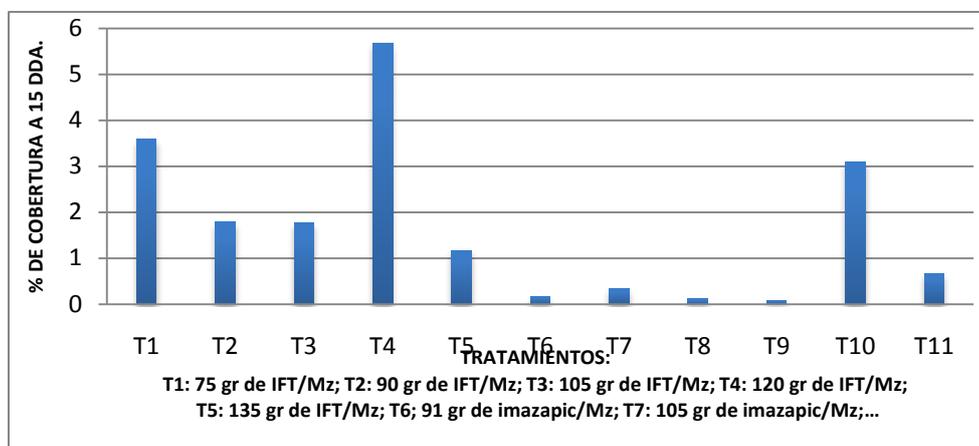
El periodo seco después de la aplicación del isoxaflutole (22 días) no afectó el desempeño del herbicida, ya que cuando las lluvias se normalizaron el control en el número de malezas fue mayor.

#### **4.4. VARIABLE PORCENTAJE DE COBERTURA**

Según Alemán, (2004), el porcentaje de cobertura se define como la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de las malezas. Está determinada por el número de individuos en un área de siembra y depende de las características que presentan las plantas dentro del complejo de malezas existentes (porte y cobertura). La evaluación de la cobertura de las malezas, se realiza a través del

método de estimación visual, el cual está basado el porcentaje de cobertura por especie y total.

Para la variable porcentaje de cobertura a los 15 días después de aplicados (DDA) los herbicidas, se encontró que no existen diferencias significativas ( $p > 0.3654$ ), es decir que los tratamientos se comportan de manera similar; se determinó que el tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) es el que está presentando el mayor valor en cuanto al porcentaje de cobertura, el cual se comporta de manera similar al resto de los tratamientos que involucran las diferentes dosificaciones de los herbicidas Merlin (isoxaflutole), Plateau (imazapic) y del tratamiento testigo, en caso contrario es el tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) el que está presentando el valor más bajo en el porcentaje de cobertura de las malezas (Figura 14).



**Figura 14:** porcentaje de cobertura a 15 DDA los herbicidas en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

Este fenómeno se debe a que para el momento en que se realizó la evaluación, no hubo ninguna gota de lluvia en los días posteriores a la aplicación y anteriores a la evaluación en la zona, que permitiera la activación de los herbicidas, lo que permite asegurar que las malezas que se encuentran en el área de estudio ya se encontraba en el lugar al momento de realizar la aplicación de estos, y además si se toma en cuenta que estos herbicidas necesitan de humedad en el suelo para activarse y ejercer el efecto herbicida, entonces, no se puede asegurar que los herbicidas estén realizando algún control de estas malezas; es muy importante mencionar que la especie predominante es la campanilla (*Ipomoea purpurea*), la cual posee una estructura que hace que las hojas cubran mayor área, proporcionando un alto valor del porcentaje de cobertura.

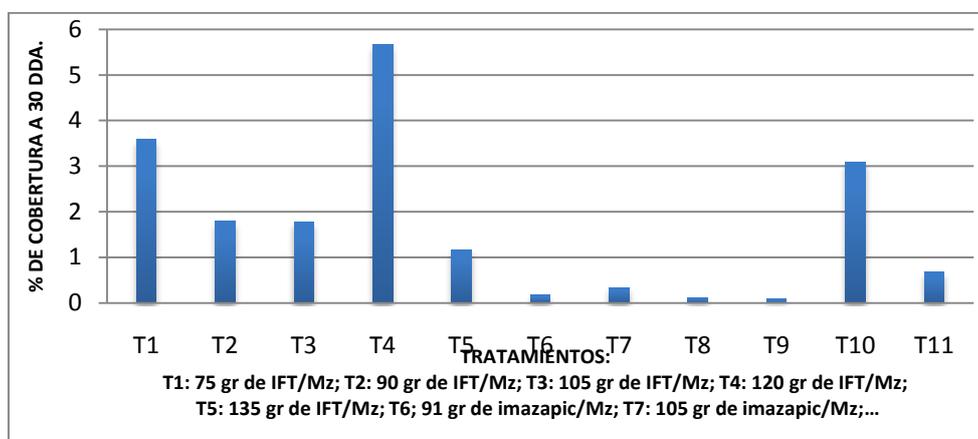
La cantidad de malezas encontradas en esta evaluación (15 DDA), es similar a las encontradas al momento de la aplicación de los herbicidas en cada una de las parcelas;

estas plántulas germinaron gracias a la humedad existente bajo la superficie del suelo, ya que la caña fue sembrada bajo el sistema de siembra de humedad.

Para la variable porcentaje de cobertura a los 30 DDA, se encontró que no existen diferencias significativas ( $P > 0.3654$ ), es decir que todos los tratamientos se comportan de manera similar; se encontró que el tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) presentó el menor porcentaje de cobertura por las malezas; mientras que el tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz), presentó el porcentaje de cobertura más alto (Figura 15).

Los datos que se presentan en la figura 15, corresponden a la evaluación realizada a los 30 DDA los herbicidas, los cuales permanecieron en la superficie del suelo sin ejercer ningún efecto sobre las hierbas o las plántulas que existían antes de la aplicación de estos; ya que la presencia de lluvias, que se dan en el periodo de transición de la época seca a la época lluviosa (Abril – Mayo), se dieron tres días antes de esta evaluación, acumulándose un total de 25.2 mm (Cuadro A-1), probablemente estas no fueron suficientes para activar los herbicidas y ejercer su efecto de control pero quedo la suficiente humedad en el suelo como para que las semillas rompieran su estado de latencia y emergieran problema alguno.

Las malezas encontradas en este momento de la investigación son en general plántulas de gramíneas y malezas de hoja ancha, las cuales tenían una altura promedio de 5 mm pero además en esta área existían malezas que probablemente germinaron y emergieron con la humedad existente bajo la superficie del suelo y que presentaban una altura y un área foliar mayor siendo, más representativo el porcentaje de cobertura en ciertos tratamientos.



**Figura 15:** Porcentaje de cobertura a 30 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

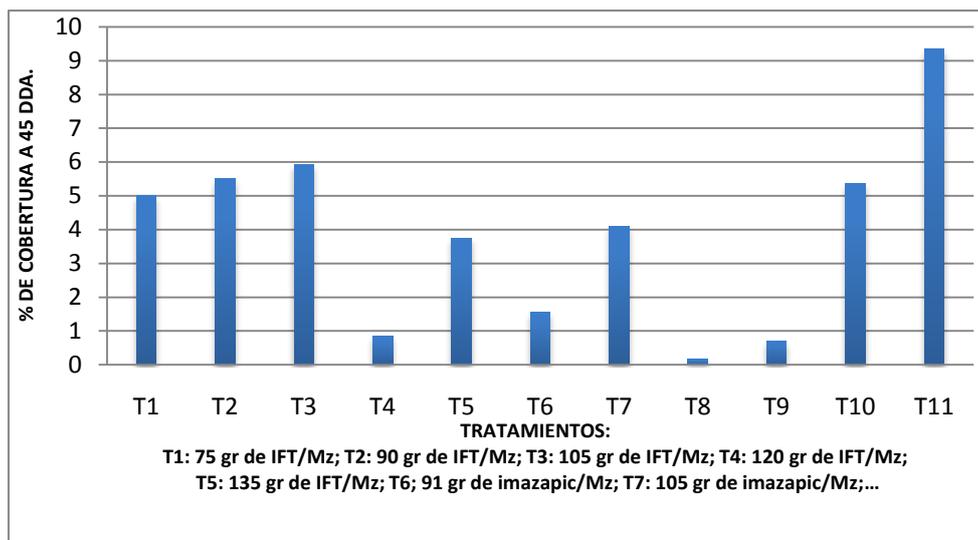
Con respecto a los tratamientos en los cuales se evaluaron las diferentes dosificaciones del ingrediente activo isoxaflutole, la dosis con 120 gr/Mz (T4) presentó el mayor porcentaje de cobertura. En este tratamiento existe mayor presencia de malezas que el herbicida no controló al momento de la aplicación como es la campanilla (*Ipomoea purpurea*); la cual presenta mayor tamaño y área foliar que las plántulas que están emergiendo en ese momento, de igual manera el comportamiento del resto de los tratamientos fue bastante similar.

Para las dosificaciones de Plateau es el tratamiento diez (147 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó el mayor porcentaje de cobertura, esto a pesar de que esta dosis es la mayor de este herbicida; esto podría explicarse ya que en el área de estudio existía la presencia de malezas antes de la aplicación y que por la naturaleza de los herbicidas no ejercieron el efecto de control al contacto con ellas; para este herbicida la dosis con 133 gr de i. a. de imazapic/Mz presentó el menor porcentaje de cobertura por las malezas.

Es de suma importancia hacer notar que aunque no existen datos de la cantidad de lluvia y humedad en el suelo que necesitan los herbicidas para activarse, otros factores climáticos como la evapotranspiración, la temperatura y la radiación solar, pudieron participar en la degradación de los herbicidas.

Al analizar los datos de los tratamientos en relación a la variable porcentaje de cobertura a los 45 DDA, se encontró que no existen diferencias significativas ( $Pr > 0.8656$ ), para los tratamientos involucrados; es el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) el que reportó el menor porcentaje de cobertura, el cual no difiere estadísticamente con los tratamientos que involucraron las distintas dosificaciones de imazapic e isoxaflutole, ni con el tratamiento testigo, siendo el tratamiento testigo el que presentó el mayor porcentaje de cobertura (Figura 16).

Es lógico que para esta evaluación el tratamiento testigo haya presentado el mayor porcentaje de cobertura ya que la cantidad de lluvia ocurrida en la zona ha sido mayor aunque irregular; a pesar que ya existen 93 mm de lluvia acumulada, 30 de estos precipitaron el día del muestreo (30 de mayo) y entre los 30 DDA (15 de mayo) y 45 DDA se dieron lluvias de diez y ocho mm.

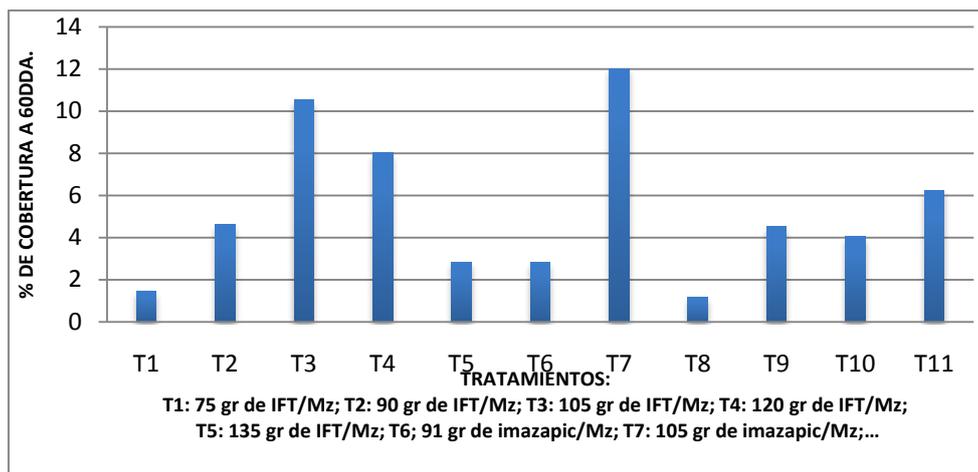


**Figura 16:** Porcentaje de cobertura a 45 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

También es de hacer notar que entre una lluvia y otra transcurrieron nueve días de periodo seco, si tomamos en cuenta que en la zona las temperaturas promedio son muy elevadas a causa de la radiación solar, se puede deducir que una gran cantidad de agua acumulada en el suelo se pierde por la evapotranspiración, dejando a los herbicidas sin la posibilidad de ejercer su efecto tóxico sobre las plántulas que van emergiendo.

No existen datos de la cantidad de lluvia o humedad en el suelo que es necesaria para la activación de los ingredientes activos de los herbicidas. Aunque estudios realizados en Brasil por Cavalieri *et al.* (2005) en los cuales se evaluó la residualidad del ingrediente activo isoxaflutole en dos tipos diferentes de suelos, demostraron que al aplicar en la superficie del suelo, 20 mm de lluvia al momento de la aplicación del herbicida en la superficie del suelo y posteriormente dejar periodos secos comprendidos entre 15, 60, 90 y 120 días; y transcurridos estos intervalos de tiempo sembrar un bioindicador, aplicando a partir de este momento 20 mm de lluvia diaria de manera constante hasta realizar las evaluaciones pertinentes, ellos encontraron que independientemente del periodo seco evaluado el isoxaflutole realizó un control del bioindicador superior al 80%.

Con respecto a la variable porcentaje de cobertura a los 60 DDA, se encontró que no existen diferencias significativas ( $Pr > 0.6150$ ); es decir que los tratamientos se comportaron de forma similar; se observó que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) presentó el menor porcentaje de cobertura, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos en los cuales se involucraron diferentes dosificaciones de los herbicidas imazapic e isoxaflutole, ni el tratamiento testigo (Figura 17).



**Figura 17:** Porcentaje de cobertura a 60 DDA los herbicidas, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

Este fenómeno se debe a que el tratamiento ocho es el que presentó el menor número de malezas por metro cuadrado, lo cual permitió que el área de la superficie del suelo ocupada por las malezas fuera menor en relación con los demás tratamientos en los cuales se evaluaron las diferentes dosificaciones del ingrediente activo imazapic; además es de hacer notar que en los tratamientos con imazapic predominaron las malezas de hoja angosta como las ciperáceas y gramíneas, las cuales por su estructura cubren poca área del suelo.

El tratamiento siete (105 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó el porcentaje de cobertura de malezas más alto, pero de igual manera en este, las malezas que más sobresalieron son las ciperáceas y las gramíneas, pero también es el tratamiento en el cual hay mayor densidad de malezas; para el momento en que se realizó la evaluación las malezas en el área presentaban alturas arriba de 30 cm.

Con respecto a los tratamientos en los cuales se evaluaron las diferentes dosificaciones del ingrediente activo isoxaflutole, el tratamiento uno (75 gr de i. a /Mz) es el que presentó el menor porcentaje de cobertura. En esta área la cantidad de malezas presentes antes de la aplicación de los productos era mínima, ya que isoxaflutole es el que realizó un control bastante efectivo sobre la mayoría de malezas que emergieron después de la aplicación, pero no así para las plantas que ya se encontraban antes de esta; además las malezas presentes en las parcelas fueron de hoja ancha como la campanilla (*Ipomoea purpurea*) la más predominante en la zona.

Alguna gramínea logro burlar la acción del herbicida cuando las lluvias no fueron suficientemente abundantes como para poder activar el herbicida y permitir el control efectivo de estas; el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de cobertura para la

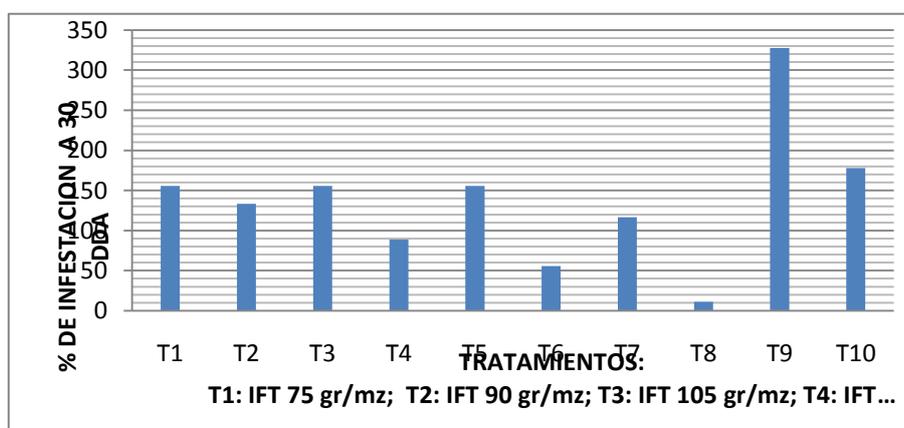
evaluación a los 60 DDA fue el que involucró 105 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz (T 3), esto a pesar de que el número de malezas presentes en estas áreas son bastante bajos y que andan alrededor de cinco a diez plantas por metro cuadrado, las malezas en estos tratamientos en su mayoría fue campanilla (*Ipomoea purpurea*), la cual posee un área foliar amplia y ejerce una cobertura mayor en el suelo, es decir, que aunque solo sean cinco plantas, el porcentaje de cobertura es mayor con respecto a las áreas donde solo se encuentran gramíneas.

#### 4.5 VARIABLE PORCENTAJE DE INFESTACIÓN

Para la variable porcentaje de infestación a los 30 DDA los herbicidas no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.4501$ ); lo que indica que los tratamientos se comportan de forma similar entre ellos; en donde la dosis con 119 gr de i. a. de imazapic/Mz (T 8) presentó el menor valor en cuanto a la presencia de las malezas con relación al testigo, este no difiere del resto de dosificaciones de los herbicidas imazapic e isoxaflutole.

El tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó el valor mayor de infestación de las especies de plantas dañinas (Figura 18).

Hay que tomar en cuenta que para este periodo de la investigación, la cantidad de precipitación ocurrida en la zona fue de 25 mm de lluvia acumulada hasta el día de la evaluación (15 de mayo) (Cuadro A-1), lo cual permite afirmar que la cantidad de malezas presentes en los tratamientos son aquellas que se han desarrollado en el transcurso de la investigación y que germinaron y emergieron antes de la aplicación de los herbicidas y que por falta de humedad en el suelo y en el ambiente los ingredientes activos de los herbicidas no se activaron y no ejercieron ningún control sobre estas especies.



**Figura 18:** Porcentaje de infestación de malezas a 30 DDA en el cultivo de caña de azúcar. Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.

Al realizar el análisis de los datos a 45 DDA los herbicidas, para la variable porcentaje de infestación, se encontró que si existen diferencias altamente significativas ( $p > 0.0001$ ); lo que indica que al menos uno de los tratamientos se comporta de manera diferente; al realizar la comparación de medias de los tratamientos a través de la prueba da Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que está mostrando el menor valor de infestación de malezas.

Mientras que la dosis 105 gr de i. a. de imazapic/Mz (T7) es el que presentó el valor más elevado con respecto al porcentaje de infestación.

En cuanto al herbicida Merlin, es el tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole /Mz) el que mostró el menor valor de infestación, pero el tratamiento tres (105 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) es el que está mostrando el valor más alto en cuanto al porcentaje de infestación de las malezas en el área de estudio (Cuadro 5).

Cuadro 5: Porcentaje de infestación de malezas a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

TRATAMIENTO:	MEDIAS:	SIGNIFICANCIA:		
T7: 105 gr de i. a. imazapic/Mz.	190.76	A		
T9: 133 gr. de i. a. imazapic/Mz.	169.30	A	B	
T10: 147 gr. de i. a. imazapic/Mz.	150.35	C	A	B
T6: 91 gr. de i. a. imazapic/Mz.	62.32	C	D	B
T3: 105 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	35.38	C	D	
T8: 119 gr. de i. a. imazapic/Mz.	29.21	C	D	
T5: 135 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	20.41		D	
T1: 75 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	19.61		D	
T2: 90 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	14.19		D	
T4: 120 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	10.02		D	

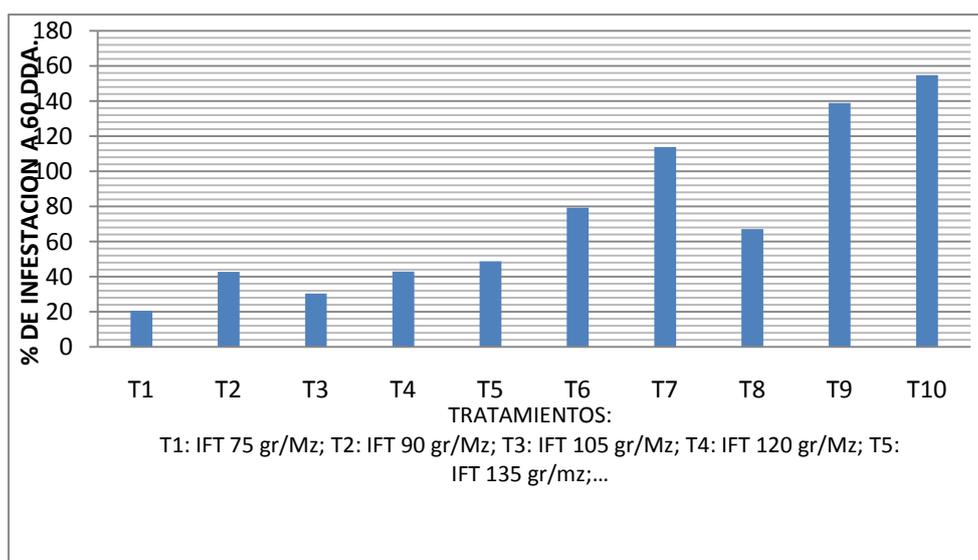
Para el momento del muestreo (31 de mayo) la cantidad de lluvia acumulada en la zona era de 93 mm, la cual se presentó de forma muy irregular (Cuadro A-1); lo que favoreció la germinación de nuevas especies, pero no activaron los herbicidas y dejaron escapar la maleza.

Para la variable porcentaje de infestación a los 60 DDA no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.3212$ ), lo que indica que los tratamientos se comportan de forma similar entre ellos; se comprobó que el tratamiento ocho (119 gr de i.

a. de imazapic/Mz) es el que presentó el menor porcentaje de infestación (67.06%), y el tratamiento diez (147 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que obtuvo el mayor porcentaje de infestación de plantas dañinas en el ensayo (154.7 %).

Con relación al herbicida Merlin fué el tratamiento uno (75 gr de i. a. de isoxaflutole /Mz) el que presentó el menor valor de porcentaje de infestación de malezas (20.68 %), y el tratamiento cinco (135 gr de i. a. de isoxaflutole /Mz) es el que mostró mayor porcentaje de infestación (figura 19).

En cuanto a la presencia de malezas en los tratamientos probablemente se debe a que muchas de estas se escaparon a la acción de los herbicidas, ya que por la forma irregular en que se presentaron las lluvias al inicio de la estación lluviosa (Abril – Mayo) los herbicidas no se activaron para ejercer su actividad controladora, permitiendo así el escape de malezas, además ya existían especies como campanilla (*Ipomoea purpurea*) antes de la aplicación de los productos la cual no fue controlada por estos.



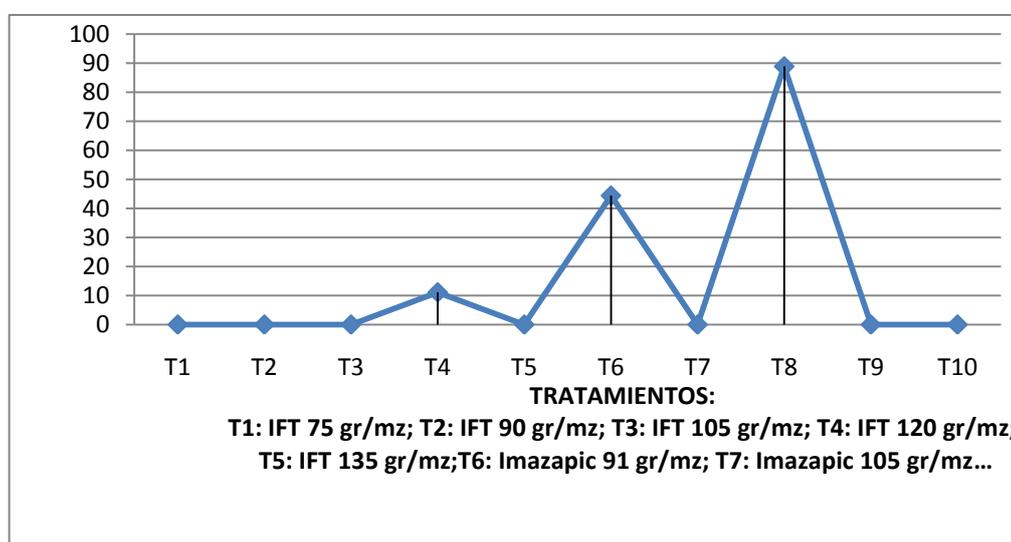
**Figura 19:** Porcentaje de infestación a 60 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.

#### 4.6. VARIABLE PORCENTAJE DE CONTROL

Para la variable porcentaje de control a los 30 DDA no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.4501$ ), es decir que estos se comportan de forma similar entre ellos; se determinó que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) fué el que efectuó el mejor control de las malezas con 88.9%, y los tratamientos siete, nueve y diez no ejercieron ningún control sobre las malezas en el área de investigación.

En cuanto al herbicida Merlin fue el tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole /Mz) el que ejerció un 11.1 % de control, mientras que los tratamientos uno, dos, tres y cinco no ejercieron ningún control sobre las malezas. (Figura 20).

Este comportamiento probablemente se debe a la falta de humedad en el suelo, por la no presencias de lluvias o lluvias escasas e irregulares (25 mm de lluvia acumulada) (Cuadro A-1) los ingredientes activos de los herbicidas no lograron desdoblarse y ejercer el efecto de control, además los herbicidas necesitan estar en la solución del suelo para que las plantas lo tomen y los transporten hasta los lugares donde actúan; al tomar en cuenta lo anterior, se determinó que las precipitaciones ocurridas en la zona no son suficientes para asegurar que existe un efecto de los herbicidas sobre las malezas.



**Figura 20:** Porcentaje de control a los 30 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

Para los 45 DDA, se encontró que si existen diferencias altamente significativas ( $p > 0.0001$ ), lo que indica que por lo menos uno de los tratamientos se comporta de forma diferente; al realizar la comparación de las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) está ejerciendo un 70.79% de control de las malezas, mientras que los tratamientos siete, nueve y diez ejercieron 0% de control de las malezas; estos tratamientos si difieren estadísticamente entre ellos y con el resto de dosificaciones de los herbicidas en estudio.

En relación al efecto que ejerció el herbicida Merlin, es la dosificación con 120 gr de i. a. de isoxaflutole /Mz (T4) la que presentó un 89.98 % de control y la dosificación con 105

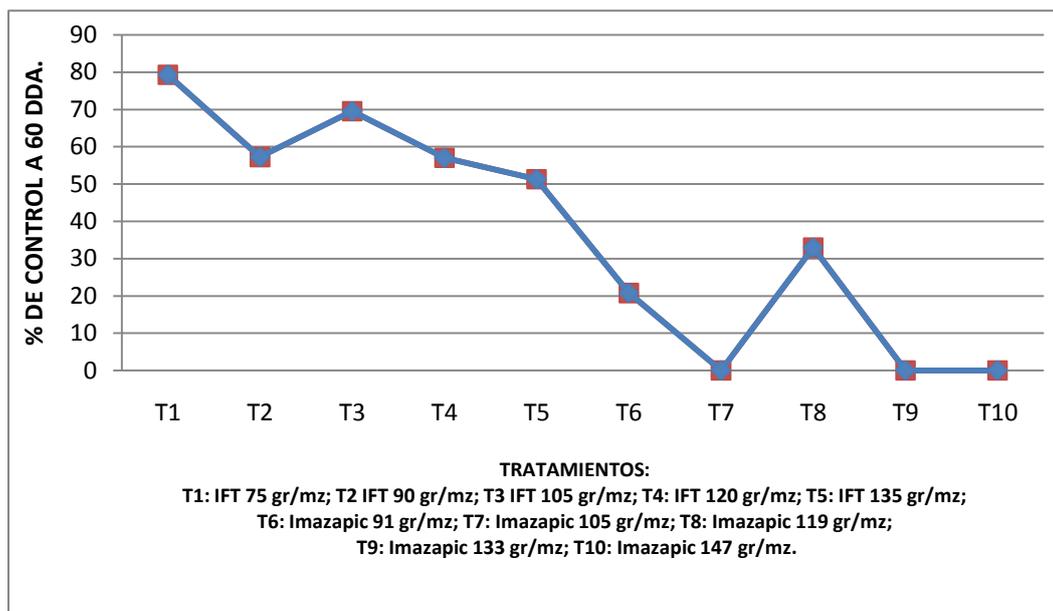
gr de i. a. de isoxaflutole /Mz (T3), es la que solamente realizó un 64.62 % de control de malezas. (Cuadro 6).

**Cuadro 6:** Efectividad de control de malezas a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

TRATAMIENTO:	MEDIAS:	SIGNIFICANCIA:		
T4: 120 gr de i. a. isoxaflutole/Mz.	89.98	A		
T2: 90 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	85.81	A		
T1: 75 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	80.39	A		
T5: 135 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	79.59	A		
T8: 119 gr. de i. a. imazapic/Mz.	70.79	A	B	
T3: 105 gr. de i. a. isoxaflutole/Mz.	64.62	A	B	
T6: 91 gr. de i. a. imazapic/Mz.	37.68	C	A	B
T10: 147 gr. de i. a. imazapic/Mz.	00.00	C	D	B
T9: 133 gr. de i. a. imazapic/Mz.	00.00	C	D	
T7: 105 gr. de i. a. imazapic/Mz.	00.00	D		

El porcentaje de control a los 60 DDA, se encontró que no existen diferencias significativas ( $p > 0.3212$ ), lo que muestra que todos los tratamientos se comportan de forma similar entre ellos; se encontró que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó el valor más elevado en el porcentaje de control de las malezas dañinas (32.94%) y los tratamientos siete, nueve y diez son los que no ejercieron efecto alguno de control (0 %); para este análisis no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos con las diferentes dosificaciones de los herbicidas Plateau (imazapic) y Merlin (isoxaflutole).

En cuanto a las dosificaciones de isoxaflutole es el tratamiento uno (75 gr de i. a. /Mz) el que realizó un 79.32 % de control, siendo el mejor tratamiento hasta 60 días después de haber aplicado los herbicidas y la dosis que ejerció el menor control de las malezas fué 135 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz (T5) con un 51.28 %. (Figura 21)



**Figura 21:** Porcentaje de control a 60 DDA en el cultivo de caña de azúcar. Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.

Al observar el comportamiento de los datos en el transcurso del tiempo se puede asegurar que el tratamiento ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que se ha mantenido ejerciendo control sobre las malezas; este herbicida fué el más susceptible a las condiciones climáticas de la zona en donde la ocurrencia de lluvias fué muy irregular (tanto en cantidad como en tiempo de ocurrencia) (Cuadro A-1).

Además si se considera la evapotranspiración, la humedad relativa, temperatura y como factor predominante la precipitación, se puede concluir que las condiciones edafoclimáticas de la zona son determinantes en la efectividad del herbicida Plateau (imazapic), como aseguran Durigan y Martini (2004) que los herbicidas que se encuentran sobre el suelo están sujetos a una serie de variables que pueden afectar su eficacia.

Por otro lado, no necesariamente la aplicación de una dosis alta ejerce un mejor control, porque existe una dosis letal media del herbicida que define el espectro de control, pero también el período seco prolongado al cual se sometió el herbicida afectó en cierta medida el desempeño de este.

Se determinó que el periodo seco (22 días después de aplicado) al cual fueron expuestos los herbicidas, afectaron el desempeño de estos en la eficiencia para controlar las malas hierbas en campo, ya que el herbicida imazapic prácticamente no realizó ningún control significativo sobre las malezas que se encontraron en la zona de estudio; el tratamiento que ejerció algún control fué el que recomienda la casa productora en el producto

comercial Plateau (imazapic) que es de 119 gr/Mz (ingrediente activo) el cual efectuó un porcentaje de control de 32.92 %, mientras que los tratamientos con dosis menores y mayores a este valor no realizaron control alguno.

Los resultados obtenidos en esta investigación contrastan con los encontrados por investigadores Brasileños que han conducido trabajos en los cuales se ha determinado que para el herbicida imazapic en una dosis de 122.8 gr /ha, (85.82 gr/Mz) en un suelo arcilloso, presentó actividad residual cuando fue sometido a 90 días de período seco, capaz de causar intoxicación en el orden del 80%; este comportamiento está asociado a la degradación de ese producto en el suelo, que es esencialmente microbiana, siendo favorecida por condiciones húmedas y calientes, estos datos según (Renner *et. al.* citado por Amaral *et. al.* 2008).

Es importante hacer notar que para esta investigación se realizaron irrigaciones diarias de 20mm de agua en cada unidad experimental después de haber pasado el periodo seco impuesto y de haber sembrado el bioindicador, lo cual permitió que el herbicida se encontrara en el suelo un ambiente húmedo, facilitando la interacción entre la solución del suelo con las raíces de este.

Para el caso de la presente investigación, este fenómeno no se puede dar en ambientes de campo, ya que en la zona de estudio las condiciones de humedad se encontraban sujetas a la ocurrencia de las lluvias, las cuales no se presentaron de forma regular en cuanto a cantidad y tiempo, pero que fueron suficientes para activar las semillas de las malezas y así permitir su germinación y emergencia; pero no lo suficiente como para que el herbicida se activara y se mantuviera en la solución del suelo, permitiendo el escape de las malezas.

Las condiciones de textura del suelo tienen relación directa en la efectividad del herbicida, el comportamiento del herbicida en un suelo arcilloso presenta controles arriba del 80%, pero en suelos con textura media como los suelos franco-arcillo-arenosos, el control disminuye en función al periodo seco impuesto, así lo demuestra Amaral *et al.* (2008), que el herbicida imazapic en una dosis de 105 gr/ha, (73.38 gr /Mz) aplicado a un suelo de textura media, mostró menos eficacia con el incremento de periodos secos; en donde el bioindicador (*Cucumis sativus*) sembrado después de 90 días de periodo seco fué controlado en un 70%.

Con relación al herbicida isoxaflutole también fue afectado de forma negativa en su desempeño, además del período seco (22 días), también las condiciones edafoclimáticas

del lugar son factores importantes que se deben de tomar en cuenta para poder explicar el comportamiento de los datos obtenidos en esta investigación, similar a lo obtenido por Durigan y Martini (2004) quienes citan que el isoxaflutole mostró baja eficacia en el control de *Brachiaria plantaginea* y rápida pérdida en la acción residual, en el suelo con menor disponibilidad de agua en los primeros cinco días después de su aplicación.

Contrario a otras investigaciones en donde se mantuvo bajo condiciones de suelo secos en distintos períodos, el control fue muy alto sin importar el período evaluado, esto lo demuestra Amaral *et al.* (2008) quienes determinaron que el herbicida isoxaflutole en una dosis de 60 gr de i. a. /ha (41.93 gr/Mz), aplicado en un suelo franco-arcillo-arenoso proporcionó controles de *Sorghum bicolor* (bioindicador) en todos los periodos en que el suelo fué mantenido seco después de la aplicación, en evaluaciones realizadas a los 21 días después de sembrado.

El resultado obtenido, es semejante a los datos de trabajos instalados en campo en los que se observó control arriba del 80% para este herbicida (isoxaflutole) por periodos secos de hasta 80 días, para especies como *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Portulaca oleracea*, *Cenchrus echinatus*, *Galinsoga parviflora*, *Amaranthus viridis* y *Agerantum conyzoides* (Amaral *et al.* 2008).

Adoryan *et al.*; Montorio *et al.*; Costa y Rozanski; Marchori Junior *et al.*; Oliveira *et al.* citados por Amaral *et al.* (2008) verificaron que a medida que aumenta el tiempo y el número de irrigaciones entre la aplicación del herbicida y la siembra de una especie bioindicadora, hay reducción en el potencial de control ejercido por el isoxaflutole en condiciones de suelo franco arcillo arenoso.

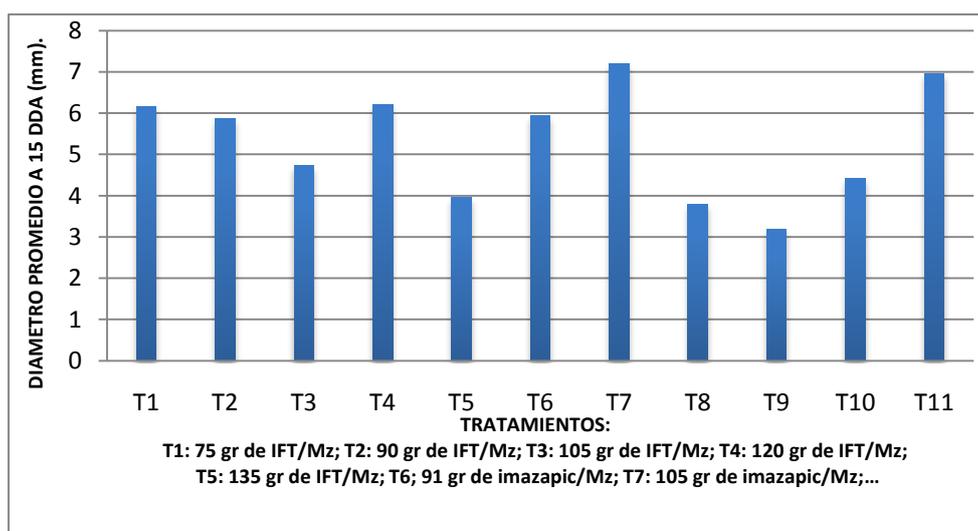
Este factor probablemente se deba a la pérdida del herbicida como lo cita Silva *et al.* citado por Amaral *et al.* (2008) que los herbicidas aplicados a la superficie del suelo frecuentemente se pierden, especialmente si ocurre un periodo seco prolongado después de la aplicación.

Es posible que ocurran pérdidas en función del proceso de fotodegradación, además de otros factores que pueden estar relacionados, con la volatilización acentuada por la temperatura elevada en la superficie del suelo, la degradación química y biológica y la adsorción que debe ser considerada para explicar el desaparecimiento de los herbicidas en el suelo.

#### 4.7. VARIABLE DIÁMETRO PROMEDIO DE BROTES DE CAÑA DE AZÚCAR

Para la variable diámetro promedio de los brotes de caña de azúcar a los 15 DDA, se encontró que no existen diferencias significativas ( $p > 0.6418$ ); es decir que los tratamientos se comportan de manera similar entre ellos; se encontró que el tratamiento testigo (parcela sin herbicida), es el que presenta el valor más alto en el diámetro de los brotes de caña; mientras que el tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) es el que presentó los valores más bajos, en relación al resto de tratamientos.

Las condiciones favorables de humedad en el suelo a causa de las lluvias permitieron una rápida emergencia y desarrollo de las yemas, presentando mayor diámetro aquellos brotes que están bajo la influencia del herbicida Merlin (isoxaflutole), lo que indica que el síntoma de clorosis generalizada no ejerce ningún daño en el desarrollo del cultivo; para los tratamientos con el herbicida Plateau (imazapic) los brotes presentan menores valores de diámetro (Figura 22), probablemente en estos tratamientos el herbicida este provocando retraso en el engrosamiento de los tallos del cultivo.



**Figura 22:** Promedio de diámetro de brotes a 15 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.

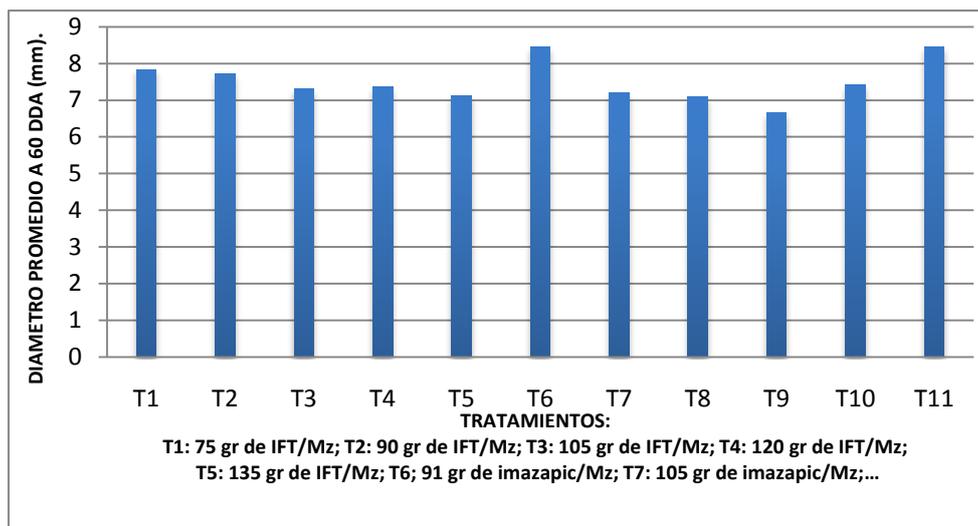
Para la misma variable a los 30 DDA no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.5904$ ); es decir que todos los tratamientos se comportan de manera similar entre ellos; se encontró que el tratamiento testigo es el que presentó los valores mayores, mientras que el tratamiento en el cual se reflejó el valor menor es aquel en el que se evaluaron 133 gr de i. a. de imazapic/Mz (T 9); pero que estadísticamente, no existe diferencias significativas entre las dosificaciones de Imazapic, ni con las distintas dosis del herbicida Isoxaflutole (Figura A-2).

De la misma forma que el muestreo anterior son los tratamientos con el herbicida imazapic los que están presentando los valores más bajos en el diámetro de los brotes, mientras que los tratamientos con el herbicida Isoxaflutole son los que tienen los valores más altos en cuanto al diámetro de las simientes de caña de azúcar. Aunque el desarrollo de los brotes es muy irregular en los diferentes tratamientos, se puede considerar que los herbicidas están ejerciendo algún efecto en el engrosamiento de los tallos de caña, ya que este se dio de manera irregular en los tratamientos en los que se evaluaron las distintas dosificaciones de los dos herbicidas.

De igual manera para la evaluación a los 45 DDA, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.6299$ ); es decir que los tratamientos se comportan de forma similar entre ellos; al realizar la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se encontró que el tratamiento testigo (parcela sin herbicida) es el que está presentando el valor más alto en el diámetro de los brotes, mientras que el tratamiento tres (105 gr de i. a. isoxaflutole/Mz) es el que tiene menor valor de diámetro, pero que no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos (Figura A-3).

Para el análisis de los datos a los 60 DDA no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $Pr > 0.7467$ ); es decir que el comportamiento es similar entre ellos; al realizar la comparación de medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el tratamiento testigo reportó los valores más altos en el diámetro de los brotes de caña de azúcar, aunque el tratamiento siete (105 gr de i. a. de imazapic/Mz) también presentó valores altos en desarrollo de los tallos, los cuales no difieren estadísticamente del resto de tratamientos en los que se evaluaron diferentes dosificaciones de imazapic e isoxaflutole, siendo el tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic /Mz) el que proporcionó el menor valor de diámetro de brotes (Figura 23).

Por el tiempo transcurrido y por las altas cantidades de lluvia que precipitaron, el suelo utilizado para esta investigación se mantuvo siempre húmedo, lo que favoreció la temprana brotación y amacollamiento de la caña, este fenómeno ocasionó que la incorporación de nuevos datos disminuyera el valor promedio del diámetro de los brotes, y es por esa razón que en la representación gráfica se observa que los tratamientos cuatro (120 gr de i. a. isoxaflutole/Mz), siete (105 gr de i. a. imazapic/Mz) y ocho (119 gr de i. a. de imazapic/Mz) disminuyeron el desarrollo de los tallos, otro factor que probablemente este influenciando este comportamiento sea el efecto de competencia por agua, espacio y nutrientes.



**Figura 23:** Diámetro promedio de brotes a 60 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.

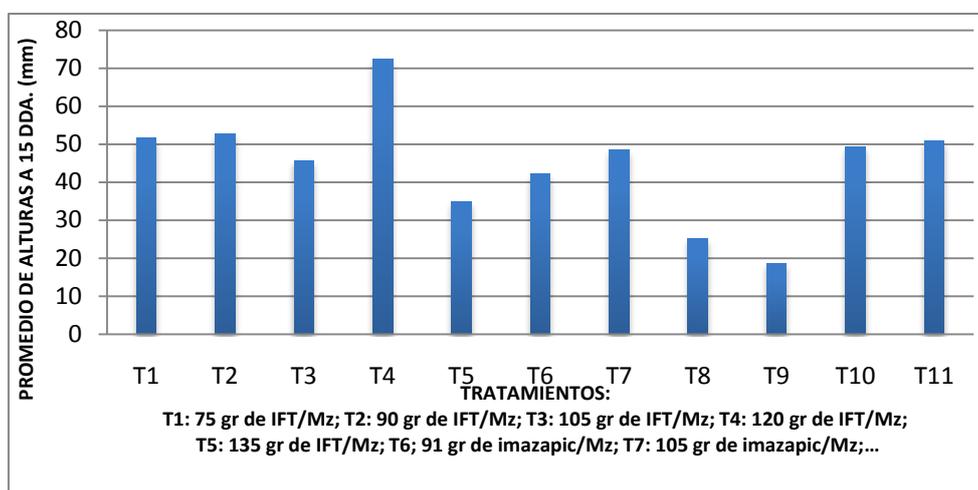
En cuanto al análisis a los 75 DDA los herbicidas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $Pr > 0.9146$ ); lo que indica que estos se comportan de manera similar entre ellos; es el tratamiento seis (91 gr de i. a. de imazapic/Mz) el que presenta el valor más alto de diámetro de los brotes de caña de azúcar, el cual no difiere estadísticamente del resto de tratamientos donde se evaluaron las distintas dosificaciones de imazapic e isoxaflutole.

El tratamiento nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz) mantuvo el valor menor de engrosamiento de los tallos de cada brote de caña de azúcar. Es importante mencionar que los tratamientos con los herbicidas isoxaflutole e imazapic, presentaron un desarrollo muy irregular en el engrosamiento de los brotes de caña de azúcar, esto en comparación con el tratamiento testigo el cual siempre mantuvo un desarrollo uniforme sin altibajos marcados, esto podría significar que los herbicidas si están ejerciendo algún efecto de toxicidad en el cultivo.

En general, al realizar el análisis estadístico de esta variable se comprobó que el herbicida imazapic es el que está ejerciendo los valores más bajos en el diámetro promedio de los brotes de caña de azúcar para la variedad (MX 79- 431) en primera siembra; el herbicida isoxaflutole presentó síntomas de fitotoxicidad sobre la variedad anteriormente expuesta, el cual le confiere clorosis generalizada mayormente acentuadas y perdurables en las dosificaciones más elevadas del herbicida, pero que no ejerce daños permanentes en el cultivo, ya que el desarrollo de los brotes no tiene ningún problema en cuanto a crecimiento y grosor del tallo, probablemente la tolerancia de la caña de azúcar al herbicida isoxaflutole le permite seguir su desarrollo aun presentando el alto nivel de clorosis de las simientes.

#### 4.8 VARIABLE ALTURA PROMEDIO DE BROTES DE CAÑA DE AZÚCAR

Para la variable altura promedio de brotes del cultivo de caña de azúcar a los 15 DDA los herbicidas pre emergentes, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.6277$ ); el tratamiento que ha presentado el menor promedio de alturas es el número nueve (133 gr de i. a. de imazapic/Mz), mientras que la dosificación con 120 gr de i. a. de isoxaflutole (T 4) presentó la mayor altura promedio de brotes de caña de azúcar, probablemente esto se debe a que los brotes en los tratamientos con estas dosificaciones estuvieron expuestos prolongadamente a mayor cantidad del herbicida, lo que provocó la mayor elongación de los brotes; para la evaluación de este ensayo la cantidad de agua fue mucho mayor y de forma más regular en comparación a las precipitaciones ocurridas en el trabajo original en campo en donde no se dio la oportunidad de observar el efecto de los herbicidas sobre el cultivo (Figura 24).



**Figura 24:** Altura promedio de brotes a 15 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.

Este efecto dio lugar a la rápida transformación del isoxaflutole a metabolito diquetonitrilo el cual ejerce mayor efecto herbicida y es más rápidamente absorbidos por el cultivo, lo que permite mayor efecto fitotóxico.

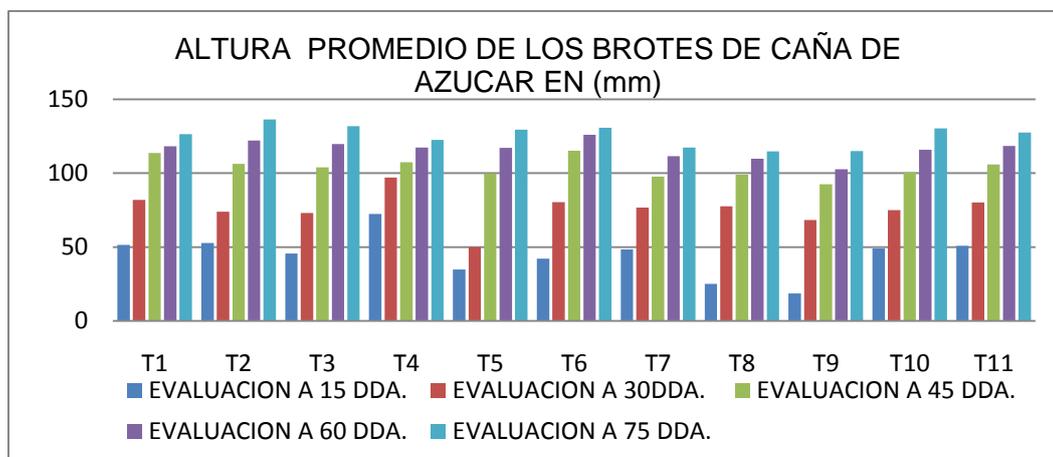
Los tratamientos cuatro y cinco son los que presentaron mayor evidencia visual de fitotoxicidad de los brotes, desde el momento de su emergencia hasta los 60 DDA aproximadamente; la clorosis generalizada posiblemente provocó la elongación de los brotes, ya que el herbicida isoxaflutole inhibe el metabolismo de la clorofila.

En cuanto a Imazapic ninguno de los tratamientos en los cuales se evaluaron las diferentes dosificaciones del herbicida, presentan síntomas de fitotoxicidad por elongación de los brotes, ya que todos se encuentran debajo de los promedios tanto del

tratamiento testigo como los tratamientos que involucraron las distintas dosificaciones del herbicida isoxaflutole.

Para el análisis de la misma variable a los 30 DDA se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.6576$ ), lo que implica que todos los tratamientos se comportan de manera similar entre ellos; este comportamiento es muy similar para el resto de las evaluaciones a los 45 DDA, 60 DDA y 75 DDA, ya que el desarrollo del cultivo es incesante y no hay diferencias en el análisis de los datos que indiquen algún problema de fitotoxicidad del cultivo (Figura 25), esto a pesar de que los tratamientos cuatro y cinco (120 y 135 gr de i. a. de isoxaflutole respectivamente) presentaron clorosis generalizada hasta la evaluación realizada a los 60 DDA, pero no hay mayor evidencias de daños en el cultivo.

Al observar el desarrollo del cultivo en los datos representados en el gráfico (Figura 25), es posible notar que los tratamientos con el herbicida imazapic son los que están por debajo de las medias de los tratamientos con isoxaflutole y con el tratamiento testigo; pero los valores no son representativos como para creer que el herbicida está ejerciendo algún efecto negativo en el desarrollo del cultivo.



**Figura 25:** Promedio de alturas del cultivo de caña de azúcar. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. 2009.

#### 4.9. DAÑO AL CULTIVO (FITOTOXICIDAD)

Los datos presentados en el cuadro siete, son los obtenidos en las diferentes evaluaciones realizadas en el transcurso de la segunda etapa de la investigación que se estableció en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; para poder dar un valor numérico al daño observado en el cultivo, se utilizó la clasificación que propone Alemán (2004) en el Manual de Investigación

Agronómica con Énfasis en Ciencias de las Malezas, en el cual cita lo siguiente: para medir la fitotoxicidad se puede utilizar un índice visual utilizando una escala comprendida entre 0 y 5, con los siguientes valores 0 = no hay fitotoxicidad, 1 = fitotoxicidad muy leve, 2 = fitotoxicidad leve, 3 = fitotoxicidad media, 4 = fitotoxicidad fuerte, 5 = fitotoxicidad fuerte o muerte total de la planta.

**Cuadro 7:** Evaluación del grado de fitotóxicidad de los herbicidas al cultivo de caña de azúcar, Universidad de El Salvador, San Salvador, 2009.

TRATAMIENTOS	EVALUACIONES			
	15DDA	30DDA	45DDA	60DDA
Isoxaflutole 75 gr. i. a. /Mz.	4	2	0	0
Isoxaflutole 90 gr. i. a. /Mz.	4	3	0	0
Isoxaflutole 105 gr. i. a. /Mz.	4	3	0	0
Isoxaflutole 120 gr. i. a. /Mz.	4	4	1	0
Isoxaflutole 135 gr. i. a. /Mz.	4	4	3	0
Imazapic 91 gr. i. a. /Mz.	0	0	0	0
Imazapic 105 gr. i. a. /Mz.	0	0	0	0
Imazapic 119 gr. i. a. /Mz.	0	0	0	0
Imazapic 133 gr. i. a. /Mz.	0	0	0	0
Imazapic 147 gr. i. a. /Mz.	0	0	0	0
Tratamiento sin herbicida.	0	0	0	0

En relación a la tabla de clasificación que expone Alemán (2004) para la evaluación de fitotoxicidad en el cultivo se encontró que a los 15 después de aplicados los herbicidas preemergentes todos los tratamientos que involucran el ingrediente activo isoxaflutole y sus diferentes dosificaciones presentaron toxicidad fuerte (4), la cual fue manifiesta en clorosis generalizada en todo el brote. Este fenómeno se debe a que las condiciones bajo las cuales se realizó el montaje del ensayo permitieron la activación tanto de las yemas del cultivo como del herbicida, además por la profundidad de siembra del esqueje (cinco cm), los brotes fueron expuestos a un contacto directo con el ingrediente activo.



**Figura 26:** Brote de caña de azúcar totalmente clorótico por efecto del herbicida isoxaflutole, San Salvador, El Salvador, 2009.

En cuanto al ingrediente activo imazapic, no hubo presencia de fitotoxicidad, ya que no se observaron síntomas de clorosis.

En el ensayo realizado en campo (Jiquilisco, Usulután) no se observó ningún efecto de fitotoxicidad, debido a que no hubo emergencia de brotes durante los primeros 15 días después de aplicado del herbicida.

Para la evaluación realizada a los 30 días después de aplicados los herbicidas, siguió existiendo evidencias de fitotóxicidad en los tratamientos en los cuales se evaluaron diferentes dosificaciones del ingrediente activo isoxaflutole, con una toxicidad leve (2) en el tratamiento uno (75 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz), el cual presentó clorosis en los ápices de las hojas y brotes nuevos solo con daños en las puntas; los tratamientos dos (90 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) y tres (105 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) mostraron una fitotóxicidad media (3) con clorosis en mayor parte de la hoja y brotes nuevos completamente blanquecinos. Mientras que los tratamientos cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) y cinco (135 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) siguieron evidenciando clorosis generalizada en hojas y brotes nuevos, mostrando una fitotoxicidad fuerte (4).

En cuanto al herbicida imazapic, no presentó síntomas evidentes de fitotoxicidad, esto indica que a pesar de que existieron las condiciones de humedad y de lluvia suficientes para que los herbicidas ejercieran su efecto, este no produjo daños a la variedad MEX 79-431; no así el ingrediente activo isoxaflutole.

En el ensayo establecido en campo (Jiquilisco, Usulután) no se observaron evidencias de fitotoxicidad ya que el cultivo no había emergido, probablemente por la profundidad de siembra (30 cm) y la falta de precipitaciones en la zona.

Al realizar la evaluación a los 45 DDA los herbicidas preemergentes, las dosificaciones del ingrediente activo isoxaflutole con 75 y 90 gr/ Mz, no presentan síntomas de fitotoxicidad, todos los brotes se encuentran totalmente verdes; el tratamiento tres (105 gr/Mz) mostró fitotóxicidad muy leve (1) (figura 24) con hojas cloróticas solamente en el ápice, pero las nuevas hojas totalmente verdes.



**Figura 27:** Brotes de caña de azúcar con síntomas de clorosis en los ápices de las hojas, San Salvador, El Salvador, 2009.

El tratamiento cuatro (120 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) presentó brotes con hojas cloróticas en el ápice, las hojas más maduras presentaron quemaduras de color café en los ápices pero las hojas nuevas totalmente verdes; en cuanto al tratamiento cinco (135 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) se evidenciaron síntomas de fitotóxicidad leve con los ápices de las hojas de color café oscuro, hojas nuevas con clorosis evidente igualmente los brotes nuevos con ápices cloróticos.

La información anterior contrasta con lo observado en campo en donde no hubo manifestaciones de fitotóxicidad; probablemente este fenómeno se deba a que en campo la profundidad de siembra del cultivo era mayor y no permitió que los brotes iniciales tuvieran contacto directo con el herbicida, además para la evaluación después de 45 días de aplicado el producto en campo, la ocurrencia de lluvias fue bastante irregular como para propiciar la activación de los herbicidas.

El ingrediente activo imazapic no presentó ningún síntoma evidente de fitotóxicidad en el cultivo.

En la evaluación realizada a los 60 DDA, no se observan síntomas de fitotóxicidad en el cultivo con ninguno de los herbicidas, esto se debe probablemente a que el cultivo de la caña de azúcar posee la capacidad de degradar la molécula de diquetonitrilo en ácido benzoico el cual ya no ejerce ningún efecto tóxico.

Con los datos analizados y los efectos observados sobre el cultivo encontramos que el herbicida imazapic no ejerció ningún efecto fitotóxico sobre la variedad MX 79-431, en primera siembra o plantilla, bajo las condiciones de alta humedad en un suelo franco arenoso; estos datos contrastan con los expuestos por Durigan *et al.* (2004) cuando <sup>1</sup> (73 gr/Mz), quien encontró que, el imazapic confirió una leve clorosis generalizada, además de generar una ligera reducción en el crecimiento inicial de las plántulas de caña de azúcar de la variedad (RB 806043), pero a pesar del daño inicial ocasionado por el herbicida, este desaparece gradualmente en las evaluaciones realizadas a los 30 y 60 DDA, con la emisión de hojas nuevas totalmente libres de ese problema.

En cuanto a las dosificaciones del herbicida isoxaflutole estos si presentaron síntomas visibles de fitotoxicidad mediante la presencia de clorosis generalizada, con mayor presencia en los tratamientos cuatro y cinco, los cuales se presentaron desde el inicio de la brotación del cultivo hasta la evaluación realizada a los 45 y 60 DDA respectivamente.

Aun cuando se realiza la comparación de medias de los tratamientos en cuanto a diámetro y altura de los brotes de caña de azúcar, no hay evidencias que nos indiquen que la clorosis ha ejercido algún daño en el desarrollo del cultivo, esto se debe a que la caña de azúcar posee la capacidad de absorber el isoxaflutole o el diquetonitrilo convirtiéndolos en ácido benzoico un compuesto sin efecto herbicida y el cual es desechado por la planta, este fenómeno es expuesto por Pallet *et al.* 1998; Sprague *et al.* 1999 citados por Cavalieri *et al.* (2005) quienes aseguran que en especies tolerantes como el mijo y la caña de azúcar, la metabolización continúa rápidamente, con la conversión del diquetonitrilo en ácido benzoico (AB) considerado un metabolito sin acción herbicida y que al final del proceso se forma gas carbónico.

En síntesis, después de realizado el análisis de los resultados en el transcurso de la investigación se determina que: la hipótesis planteada que reza “ La aplicación de los herbicidas preemergentes Merlin (isoxaflutole) y Plateau (imazapic) en condiciones de humedad limitada ayudara al control eficiente de las malezas en el cultivo de caña de azúcar” y con el objetivo de evaluar las dosificaciones de los herbicidas preemergentes, se cumple parcialmente; ya que solamente el herbicida Merlin (isoxaflutole) ejerció un control significativo sobre las malezas en las diferentes dosificaciones evaluadas; siendo la dosis de 75 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz, la que realizó un mejor control con un 79.32% de efectividad a los 60 DDA los herbicidas.

Mientras que el herbicida Plateau (imazapic) no ejerció un control efectivo de las malezas en ninguna de las dosificaciones evaluadas, bajo las condiciones en las cuales se realizó la investigación, donde se considera que influyeron de forma negativa en el desempeño de los productos aplicados.

Además se dio cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación, como la identificación de las malezas en el área de estudio; donde se identificaron doce especies de malezas; dentro de las cuales cinco de ellas son representativas de la familia de las Gramíneas, también encontramos especies de las familias: Capparacea, Convolvulácea, Portulacácea y Cyperaceae.

Se determina que las dosificaciones más efectivas de los herbicidas utilizados en el ensayo bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona en donde se desarrolló el estudio, fueron para el herbicida Plateau la dosis que recomienda la casa productora en la etiqueta del producto; mientras que para el herbicida Merlin (isoxaflutole), fue el tratamiento con la dosis menor (75 gr de i. a. de isoxaflutole/Mz) el que ejerció el mejor control; además se conoció que la residualidad de los productos se ve afectada a medida se expone a las condiciones edafoclimáticas adversas de la zona en la cual se condujo el ensayo.

En consecuencia se determina que bajo las condiciones de alta humedad, la variedad de caña de azúcar MEX 79-431, si es afectada por el herbicida Merlin, pero los efectos de fitotóxicos desaparecen paulatinamente con el transcurso del tiempo; mientras que el herbicida Plateau no ejerce ningún efecto de toxicidad visible sobre el cultivo.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos así como los objetivos y a las condiciones bajo las cuales se desarrollo la presente investigación se concluye que:

1. Al realizar las evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días después de aplicados (DDA) los herbicidas, se encontraron 12 especies de malezas agrupadas en cinco familias, entre las cuales predominaron las Gramíneas siguientes: ***Digitaria ciliaris***, ***Echinochloa colonum***, ***Eleusine indica***, ***Ixophorus unisetus***, ***Leptochloa filiformis***, ***Melinis minutiflora***, ***Panicum fasciculatum***, ***Rottboelia cochinchinensis***; entre las especies representativas de malezas de hoja ancha se encontraron ***Cleome viscosa*** (Capparaceae); ***Ipomoea purpurea*** (Convolvulaceae); ***Portulaca oleracea*** (Portulacaceae); así como también, se encontró un ejemplar representativo de la familia de las Cyperaceas: ***Cyperus rotundus***.
2. En condiciones de campo el periodo seco de 22 días al cual los herbicidas Merlin (isoxaflutole) y Plateau (imazapic) estuvieron expuestos bajo condiciones de humedad limitada en el suelo, afectó de manera adversa la eficiencia de los ingredientes activos permitiendo el escape de las malezas. Los ingredientes activos isoxaflutole e imazapic ejercen un control efectivo de las malezas, siempre y cuando las condiciones de humedad en el suelo sean favorables y constantes para su activación y permanencia en la solución del suelo.
3. Se determinó que el periodo seco (22 días después de aplicado) al cual fueron expuestos los herbicidas, afectaron el desempeño de estos en la eficiencia para controlar las malas hierbas en campo, ya que el herbicida imazapic prácticamente no realizó ningún control significativo sobre las malezas que se encontraron en la zona de estudio; el tratamiento que ejerció algún control fué el que recomienda la casa productora en el producto comercial Plateau (imazapic) que es de 119 gr/Mz (ingrediente activo) el cual efectuó un porcentaje de control de 32.92 %, mientras que los tratamientos con dosis menores y mayores a este valor no realizaron control alguno.
4. El herbicida Merlin (isoxaflutole) a pesar de ser sometido a periodos secos prolongados y de reducir su eficacia si ejerce controles aceptables de las plantas dañinas, siendo la dosificación de 75 gr de i. a. /Mz la que ejerció un mayor control (79.80 %), presentando un comportamiento similar al herbicida Plateau.

5. Con los datos analizados y los efectos observados sobre el cultivo se encontró que el herbicida imazapic no ejerció ningún efecto fitotóxico sobre la variedad MX 79-431, en primera siembra o plantilla, bajo las condiciones de alta humedad en un suelo franco arenoso.
6. El cultivo de caña de azúcar es tolerante al ingrediente activo del Plateau (imazapic), el cual no presentó evidencias de fitotoxicidad por tal herbicida, no así al herbicida Merlin (isoxaflutole) el cual ejerció efectos fitotóxicos directamente proporcionales a las dosis aplicadas, presentando clorosis generalizada desde la brotación hasta 30 días después de aplicados los productos.
7. En las dosis de 120 y 135 gr de i. a. isoxaflutole los efectos fitotóxicos provocados, son superados por el cultivo pasados los 60 días.
8. Con respecto a la residualidad de los productos en el suelo se constató que bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona y especialmente a la ocurrencia de lluvias, que fueron irregulares en cantidad y tiempo, solamente las dosificaciones de isoxaflutole presentaron control de las malezas a 60 días después de aplicados los herbicidas.

## 6. RECOMENDACIONES

- Bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona de Jiquilisco, Departamento de Usulután, El Salvador no se deben realizar aplicaciones de estos productos bajo condiciones de humedad limitada en el suelo y si se realizan no someterlos a periodos secos prolongados ya que disminuye su acción.
- Para que el efecto de control de malezas de los herbicidas sea efectivo, es necesario realizar controles previos de las malezas ya germinadas, esto debido a que los herbicidas no son capaces de ejercer un control post emergente.
- En cuanto al herbicida Plateau (imazapic), para la zona en donde se realizó el estudio, se recomienda aplicar la dosis comercial establecida por la casa productora y de ser posible que las condiciones de humedad en el suelo sean favorables para la activación de este producto y así pueda ejercer todo su potencial.
- Para el herbicida Merlin (isoxaflutole) la dosis de 75 gr/ Mz ejerció control aceptable de las malezas por lo cual sería beneficioso y económico aplicar dosis menores a las recomendadas por la casa comercial.
- La realización de trabajos que investiguen el comportamiento tanto del herbicida Imazapic como de isoxaflutole en condiciones edafoclimáticas diferentes a las consideradas en esta investigación y someterlos a diferentes periodos secos después de la aplicación.
- Determinar una estrategia consecutiva de herbicidas para complementar el control de malezas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Alemán, G. 2004. Manual de investigación agronómica. Con énfasis en ciencias de las malezas. 1<sup>ª</sup> ed. Managua, NC. Imprimatur Artes Graficas. p 55-61; 97-107.
- Alves, PLCA; Meireles, GLS; Nepomuceno, MP. 2009. Determinación de los períodos de convivencia de la caña soca con plantas dañinas. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 27(1):67-73.
- Alves, PLCA; Azania, AAPM; Azania, CAM; Pavani, MCMD. 2006. Desarrollo del Coyolillo (*Cyperus rotundus*) influenciado por la presencia y ausencia de rastrojo de caña de azúcar y herbicida. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 24(1): 29-35.
- Alves, PLCA; Gravera, R; Pitelli, RA; Rodríguez, JPRG; Spindola, W. 2004. Control de plantas dañinas a través de la palma de caña de azúcar asociada a las mezclas de los herbicidas Triflaxysulfuran sodium más Ametrina. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 22(3): 419-427.
- Amaral, LR; Binha, DP; Monquero, PA; Silva, AC; Silva, PV. 2008. Eficiencia de herbicidas preemergentes después de periodos secos. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 26(1): 185-193.
- Amaral, LR; Binha, DP; Inacio, EM; Monquero, PA; Silva, AC; Silva, PV. 2009. Eficiencia de herbicidas aplicados en diferentes épocas y especies dañinas en áreas de caña de azúcar cosechada mecánicamente. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 27(2): 309-317.
- Arias, G; Salazar, JD. 1999. Período crítico de interferencia por malezas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), ciclo planta, variedad Pindar, en el Ingenio Quebrada Azul (en línea). San Carlos, CR. (Consultado 9 mar. 2009). Disponible en [http://www.maq.go.cr/congreso\\_agronomico\\_XI/a50-6907-II\\_193.pdf](http://www.maq.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-II_193.pdf).
- Azania, AAPM; Azania, CAM; Casagrande, AA; Lavorenti, NA; Rolim, JC. 2005. Selectividad de Herbicidas I. Utilización del método de testigos pareados en experimentos con caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 23(4): 661-667.
- Azania, AAPM; Azania, CAM; Casagrande, AA; Lavorenti, NA; Rolim, JC. 2005. Selectividad de herbicidas II. Aplicación de herbicidas en pos emergencia inicial y

tardía de la caña de azúcar en época de lluvias. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 23(4): 669-675.

Bayer Cropscience. 2001. Hoja de Datos de Seguridad del Producto Merlin. (Correo electrónico). San Salvador, SV. Compañía Azucarera Salvadoreña S. A. [CASSA].

Bayer Cropscience. 2008. Evolution. El Mejor Herbicida Para Siembra Directa en Maíz Porque va Directo a las Malezas (en Línea). Brasil. (Consultado 25 de Feb. 2008). Disponible en [http://www.bayercropscience.com.ar/downloads/FOLLETO\\_EVOLUTION\\_2008.pdf](http://www.bayercropscience.com.ar/downloads/FOLLETO_EVOLUTION_2008.pdf).

Caseley, JC. 1996. Herbicidas. *In* Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. (1996, Roma, IT). (s. p.)

CASSA (Compañía Azucarera Salvadoreña S. A. de C. V.). 2008. Es una empresa agroindustrial... (en línea). San Salvador, SV. Consultado 6 de jun. 2009. Disponible en <http://www.gupocassa.com/>.

Cavalierí, SD; Constantin, J; Inoue, MH; C Marchiori Junior, O; Oliveira Junior, RS; Pivetta; JP. 2005. Efecto residual de Isoxaflutole después de diferentes períodos secos. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 23(3): 491-499.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2000. Guía Técnica para el Cultivo de Caña de Azúcar (en Línea). Santa Tecla, SV. (Consultado 9 de Mar. 2008). Disponible en [http://www.mag.gob.sv/administrador/archivos/1file\\_1172.pdf](http://www.mag.gob.sv/administrador/archivos/1file_1172.pdf)

Constantin, J; Inoue, MH; Marchiori Junior, O; Oliveira Junior, RS. 2006. Influencia del período de restricción hídrica en la actividad residual del Isoxaflutole en el suelo. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 24(4): 733-740.

Correia, NM; Durigan, JC. 2004. Emergencia de plantas dañinas en suelo cubierto con rastrojo de caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 22(1): 11-17.

Cox, C. 2003. Herbicid fatsheet. Imazapic. Journal of pesticide reform, 23(3): s. p.

Díaz Ayala, SP; Gracias Serrano, FE; Romero Huevo, SM. 2004. Caracterización del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* en El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 143 p.

- Díaz, JC; Labrada, R. 1996. Manejo de malezas en cultivos industriales. *In* manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. (1996, Roma, IT). (s.p.).
- Doll, JD. 1996. Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. *In* Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. (1996, Roma IT). (s. p.).
- Durigan, JC; Leite, GJ; Martini, G; Timossi, PC. 2004. Control químico de Parreira brava (***Cissampelos glaberrima***) en el cultivo de caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 22(4): 641-645.
- Durigan, JC; Leite, GL; Timossi, PC. 2004. Control químico de Coyolillo (***Cyperus rotundus***), con y sin cobertura del suelo por rastrojo de caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 22(1): 127 – 135.
- Durigan, JC; Martini, G. 2004. Influencia de la cantidad de agua en la superficie del suelo sobre la eficacia y selectividad del Flazasulfuron, en el cultivo de caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 27(2): 259-267.
- Espinoza, G; Morales, J. 2009. Catalogo de Herbicidas. Guatemala, CEGICAÑA.33 p.
- Esqueda Esquivel, VA; Tosquy Valle, OH. 2009. Alternativas al Propanil para controlar *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. Veracruz, MX. Agronomía Mesoamericana, 20(1): 111-119.
- Freitas, SJ; Freitas, SP; Oliveira, AR; Soares, LMS. 2004. Control químico de *Rottboellia exaltata* en caña de azúcar. (En Portugués). Planta Daninha, Viçosa-MG, 22(3): 461-466.
- Galdámez Barrientos, EL; Ferman Alvarado, RL; Mejía, RO. 1994. Caracterización botánica de especies herbáceas consideradas malezas en los cultivos anuales y perennes de la estación experimental y prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Tesis Lic. Biol. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 193 p.
- García, JGL; Macbryde, B; Molina, AR; Herrera-Macbryde, O. 1975. Malezas prevalentes de América Central. 1<sup>o</sup> ed. Oregon, US. International Plant Protection Center.

- Gómez Ariztizabal, A; Rivera Posada, H. 1987. Descripción de malezas en plantaciones de café. CENICAFE. 1<sup>o</sup> ed. Chinchinas-Calda, CO. CARVAJAL S. A. 481 p.
- Gómez Brindis, LG. 1993. Control químico de la maleza. 1 ed. México, MX. Trillas. 250 p.
- Gómez Juárez, IA; Pantaleón Paulino, G. 2008. Evaluación de la Efectividad del Herbicida Plateau (Imazapic), para el Control Preemergente de las Malezas en el Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en Central Motzorongo S. A. de C. V. (En Línea). Veracruz, MX. (Consultado 23 de Feb. 2008). Disponible en [http://www.atamexico.com.mx/ponencias\\_atam2008/](http://www.atamexico.com.mx/ponencias_atam2008/)
- Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. CEGICAÑA. 131p.
- Martínez Tinoco, EB; Zúñiga, MR. 2006. Composición e identificación de malezas en pasto estrella (*Cynodon lemfluensis*), Cofradía, Carretera Vieja Tipitapa-Managua. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad de Nicaragua [UNA]. 57 p.
- Mortimer, AM. 1996. La clasificación y ecología de las malezas. *In* Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. (1996, Roma, IT). (s. p.).
- Muñoz, R; Pitty, A. 1995. Guía fotográfica para la identificación de malezas. Parte I. Ed. HA Barleta. 1 ed. Honduras. HN. Zamorano Academic Press. 124p.
- Sánchez, P; Uranga, H. 1993. Plantas indeseables de importancia económica en los cultivos tropicales. Ed. Científico técnica. 1 ed. La Habana, CU. 166 p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2010. Informe climatológico de la Bahía de Jiquilisco. (Correo electrónico). San Salvador, SV. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2010. Informe climatológico de San Martín (Correo electrónico). San Salvador, SV. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Washington State Department of Transportation. S. f. Imazapic, Roadside Vegetation Management Herbicide Fact Sheet (en Línea). Washington, US. (Consultado 11 de Mar. 2009). Disponible en <http://www.wsdot.wa.gov/Maintenance/pdf/Imazapic.pdf>

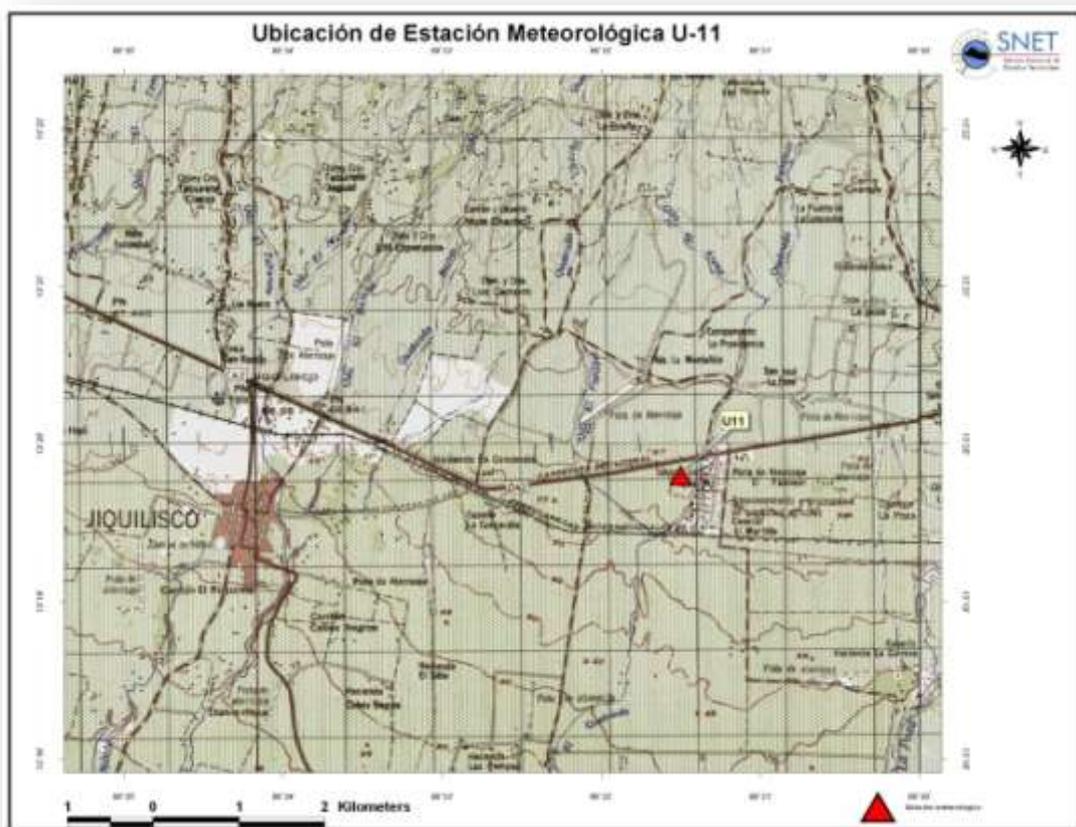
## 8. ANEXOS

Cuadro A – 1: Datos de lluvia diaria y acumulada de Hacienda El Tercio, Jiquilisco, Usulután, El Salvador, 2009.

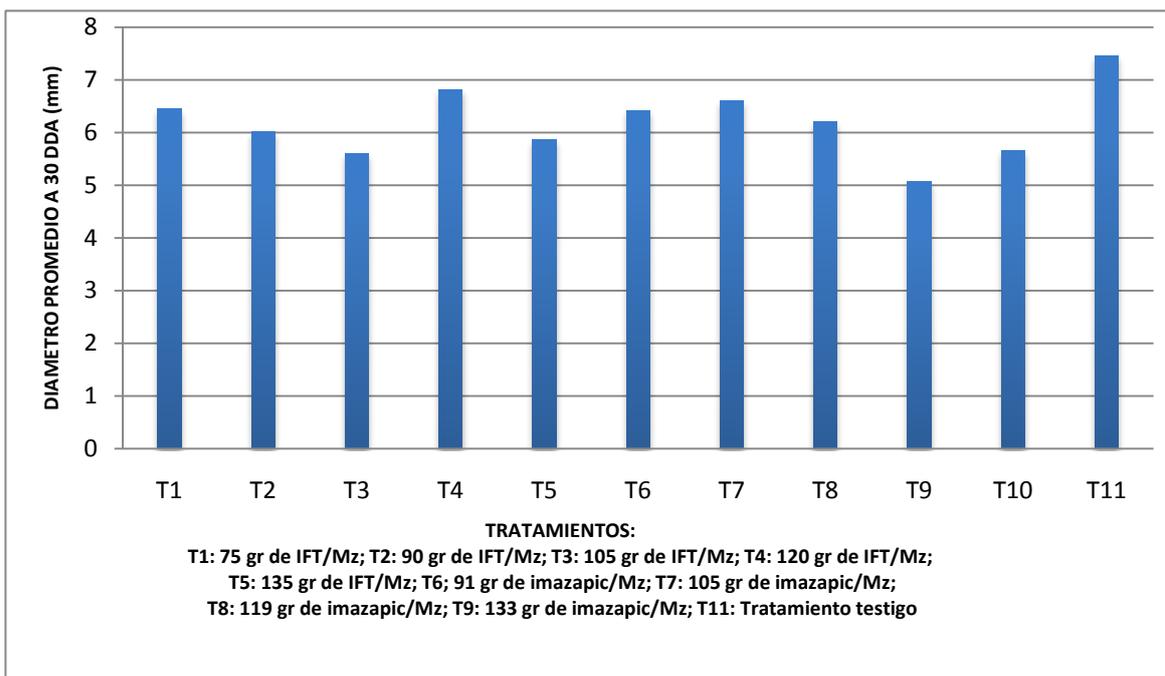
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acum					0			0																							
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	4	15	1	0	0	0	5	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	8	0	30	0
Acum								4	19	20				25		45									55			63		93	
Junio	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	22	30	110	5	0	0	0	35	0	30	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	
Acum						173					195	225	335	340				375		405	425	445				465					

 Día de Aplicación.

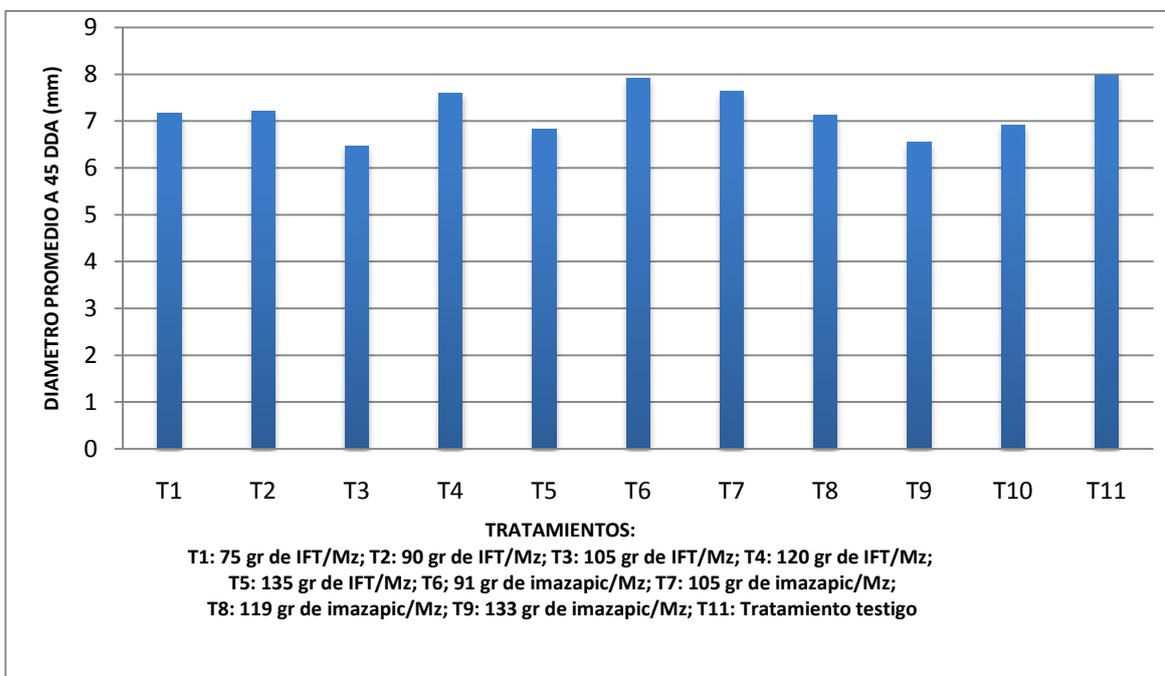
 Fechas de Muestreo.



**Figura A - 1:** Mapa de ubicación de estación meteorológica U – 11 del Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], Jiquilisco, Usulután, El Salvador. 2009.



**Figura A - 2:** Diámetro promedio de brotes a 30 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.



**Figura A - 3:** Diámetro promedio de brotes a 45 DDA, en el cultivo de caña de azúcar, San Salvador, El Salvador, 2009.