

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE MEZCLAS DE HERBICIDAS
PREEMERGENTES (*Pendimethalin* y *Butachlor*) Y EFECTO
ALELOPATICO DE EXUDADOS RADICULARES DE MALEZAS EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO, EN
EL DISTRITO DE RIEGO ATIOCOYO NORTE, NUEVA CONCEPCIÓN,
CHALATENANGO”.**

POR:

NOE MAURICIO LANDAVERDE FIGUEROA.

SAN SALVADOR, MARZO 2012

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



**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE MEZCLAS DE HERBICIDAS
PREEMERGENTES (*Pendimethalin* y *Butachlor*) Y EFECTO
ALELOPÁTICO DE EXUDADOS RADICULARES DE MALEZAS EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO, EN
EL DISTRITO DE RIEGO ATIACOYO NORTE, NUEVA CONCEPCIÓN,
CHALATENANGO”.**

POR:

NOE MAURICIO LANDAVERDE FIGUEROA.

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

SAN SALVADOR, MARZO DE 2012.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

F: _____
Ing. Agr. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

DOCENTE DIRECTOR:

F: _____
Dr. Ing. Agr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:

F: _____
Ing. Agr. GUSTAVO HENRÍQUEZ MARTÍNEZ

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fué la evaluación de la eficiencia en el control de las malezas de diferentes dosis de la mezcla de los herbicidas preemergentes Pendimethalin y Butachlor, en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), variedad CENTA A-8 bajo condiciones de riego y la evaluación del efecto alelopático de los exudados radiculares de las malezas con mayor agresividad en el cultivo de arroz.

La investigación se realizó en dos etapas, la primero consistió en la evaluación de las dosis de la mezcla de los herbicidas preemergentes (Pendimethalin y Butachlor), la cual fue conducida en campo, específicamente en Cantón Santa Rosa, Nueva Concepción, Chalatenango, entre los meses de enero a junio del 2009; bajo el diseño estadístico de bloques completos al azar, evaluándose seis tratamientos y tres repeticiones; cuatro tratamientos con diferentes dosis de la mezcla de Pendimethalin y Butachlor ($T_1 = 1$ lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha), ($T_2 = 2$ lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha), ($T_3 = 3$ lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha), ($T_4 = 4$ lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin/ ha), un tratamiento siempre limpio (T_5) y un tratamiento siempre sucio (T_6). Entre los resultados más importantes sobre las dosis aplicadas fueron, el que no se produjeron efectos fitotóxicos al cultivo de arroz y la dosis de 3 lt de Butachlor y 2 lt de Pendimethalin/ ha, fue la que ejerció un control aceptable de las malezas.

En la segunda etapa se evaluó el efecto alelopático de los exudados radiculares de las malezas *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, las cuales fueron identificadas en la primera etapa, por presentar mayor agresividad en el cultivo. Esta etapa se efectuó en el Cantón San Bartolo, Chalatenango, entre los meses de octubre - febrero del 2010, bajo el diseño de escalera, evaluándose cuatro tratamientos y tres repeticiones; tres tratamientos con las malezas *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus* y un tratamiento testigo únicamente con sustrato (tierra). Los exudados radiculares de las malezas utilizadas en la investigación no causaron efectos alelopáticos significativos en la germinación de la semilla del arroz; sin embargo la maleza *Echinochloa colona* fue la que produjo cierto efecto alelopático en el desarrollo de las plantas de arroz.

Palabras claves: Herbicidas preemergentes, dosis, pendimethalin, butachlor, alelopatía, exudados radicales.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS TODO PODEROSO: Por haberme permitido alcanzar ésta etapa de mi existencia y culminar con satisfacción una de las metas más importantes de mi vida.

A MIS PADRES: Por su apoyo, su comprensión incondicional, su paciencia, sus consejos y por todos los sacrificios que tuvieron que hacer para que culminara esta etapa de superación de mi vida.

AL ALMA MÁTER: Por haberme dado la oportunidad de pertenecer a una de las instituciones más prestigiosas del país y por darme la oportunidad de ser parte del grupo tan selecto de estudiantes a los que ha formado nuestra querida Universidad de El Salvador.

A LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS: A todo el personal docente por su valiosa labor a lo largo de nuestra formación académica en cada una de las áreas del conocimiento de esta carrera.

A MI ASESOR: Dr. Ing. Agr. Francisco Lara Ascencio, mil gracias por haberme tenido fe, por haber confiado en mí en culminar este trabajo de investigación, por dedicarme su valioso tiempo, por su comprensión, consejos, conocimientos y colaboración durante la realización de ésta investigación.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Los cuales formaron parte de mi vida, con quienes compartí muchas experiencias, alegrías y tristezas. Gracias !!!!!....

Noé Mauricio Landaverde Figueroa

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Por su infinito amor, por protegerme, guiarme por el buen camino y por haberme permitido concluir una meta más en mi vida. Gracias mi señor, porque sin ti no lo hubiese logrado.

MI ESPOSA: Leni Gricelda por su amor, apoyo, comprensión, consejos, paciencia y por todo el tiempo que me ha dedicado en la culminación de mi carrera.

MI HIJO: Diego Mauricio por ser lo más valioso que tengo en la vida, la razón de luchar y salir adelante; para ser un buen ejemplo para su vida.

A MIS PADRES: Reina Isabel Figueroa de Landaverde por su apoyo y dedicación a lo largo de mi vida, guiándome para ser una mejor persona cada día y Bernardino Landaverde Zamora, porque aunque lejos de nosotros, se aseguró de guiarnos por la senda del bien y por el sacrificio de dejarnos en busca de un mejor futuro para todos. Gracias mamá, gracias papá.

MIS HERMANOS: René Armando, Patricia Guadalupe y Raúl Bernardino, por su apoyo y estar conmigo siempre, dándome ánimo a no desistir hasta lograrlo.

MIS AMIGOS: Oscar, Mario, Arturo, Carlos Baltazar, Carlos Arriaza, Luis, Gustavo, Omar Antonio, Karina, Gaby, Claudia, en fin a todos con quienes compartimos muchos momentos de alegría y tristeza.

Noé Mauricio Landaverde Figueroa

INDICE

RESUMEN.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIA.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. MARCO TEORICO.....	5
3.1 Origen y distribución del arroz.....	5
3.2 Tipos y clases de arroz.....	5
3.3 Mercado mundial del arroz.....	7
3.4 Importancia económica y social.....	8
3.5 Clasificación taxonómica.....	10
3.6 Descripción botánica.....	10
3.6.1 Órganos vegetativos.....	10
3.6.1.1 Raíces.....	10
3.6.1.2 Tallo.....	11
3.6.1.3 Hojas.....	11
3.6.2 Órganos reproductivos.....	12
3.6.2.1 Flores.....	12
3.6.2.2 Inflorescencia.....	12
3.6.2.3 Semilla o grano.....	12
3.7 Etapas de crecimiento y desarrollo.....	13
3.7.1 Etapa vegetativa.....	13
3.7.1.1 Germinación emergencia.....	13
3.7.1.2 Plántula.....	13
3.7.1.3 Macollamiento.....	13
3.7.1.4 Formación de nudos y entre nudos.....	13
3.7.2 Etapa reproductiva.....	14
3.7.3 Etapa de llenado y maduración del grano.....	14
3.8 Requerimientos climáticos.....	15
3.8.1 Clima.....	15
3.8.2 Temperatura.....	15
3.8.3 Suelo.....	16
3.8.4 pH.....	16
3.9 Aspectos agronómicos.....	16
3.9.1 Preparación del terreno.....	16
3.9.2 Siembra.....	17

3.9.2.1	Época de siembra.....	17
3.9.2.2	Métodos de siembra.....	17
3.9.2.3	Fertilización.....	18
3.9.2.4	Control de malezas.....	18
3.9.2.5	Control de plagas y enfermedades.....	18
3.9.2.5.1	Plagas.....	18
3.9.2.5.2	Enfermedades.....	19
3.9.3	Cosecha.....	21
3.9.4	Comercio.....	22
4.	COMPETENCIA DE LAS MALEZAS.....	23
4.1	Disponibilidad de nutrientes	27
4.2	Disponibilidad de agua	27
5.	FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DE LAS MALEZAS.....	28
6.	MÉTODOS DE CONTROL DE MALEZAS.....	29
6.1	Control manual.....	30
6.2	Control mecánico.....	31
6.3	Control químico	31
7.	CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	36
8.	ALELOPATIA	38
8.1	Concepto y generalidades.....	38
8.2	La alelopatía en la agricultura	41
8.3	Estudios realizados de alelopatía en la agricultura.....	42
8.4	Naturaleza química de los agentes alelopáticos.....	45
8.4.1	Compuestos alifáticos.....	46
8.4.2	Lactonas no saturadas.....	46
8.4.3	Lípidos y ácidos grasos.....	46
8.4.4	Terpenoides.....	46
8.4.5	Glicósidos cianogénicos.....	47
8.4.6	Compuestos aromáticos.....	47
8.4.7	Fenoles simples.....	47
8.4.8	Acido benzoico y sus derivados.....	47
8.4.9	Acido cinámico y sus derivados.....	47
8.4.10	Quinonas y sus derivados.....	48
8.4.11	Cumarinas.....	48
8.4.12	Flavonoides.....	48
8.4.13	Taninos.....	48
8.4.14	Alcaloides.....	49

8.5 Modo de liberación de los agentes alelopáticos.....	49
8.5.1 Volatilización.....	49
8.5.2 Lixiviación.....	49
8.5.3 Exudados radiculares.....	50
8.6 La raíz y sus exudados.....	50
8.7 Descomposición de los residuos radicales.....	51
8.8 Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos.....	51
8.8.1 Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción.....	51
8.8.2 Alteraciones hormonales provocadas por los agentes alelopáticos....	52
8.8.3 Efectos sobre la actividad enzimática.....	54
8.8.4 Efectos sobre la fotosíntesis.....	54
8.8.5 Efectos sobre la respiración.....	56
8.8.6 Efectos sobre procesos asociados a membranas.....	56
8.8.7 Modelo de acción alelopática de compuestos fenólicos.....	57
9. HERBICIDAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION.....	58
9.1 Herbicida Prowl 50 EC (Pendimethalin).....	58
9.2 Machete 60 EC (butachlor).....	59
10. MATERIALES Y METODOS.....	62
10.1 Ubicación y duración de los ensayos.....	62
10.2 Metodología.....	62
10.2.1 Descripción de los tratamientos.....	62
10.2.2 Metodología de campo.....	63
10.2.2.1 Selección y preparación del terreno.....	63
10.2.2.2 Delimitación del terreno y siembra.....	63
10.2.2.3 Aplicación de los tratamientos.....	65
10.2.2.4 Fertilización y control de plagas.....	65
10.2.2.5 Limpieza del tratamiento siempre limpio (T5).....	66
10.2.3 Segunda etapa de la investigación.....	66
10.3 Análisis estadístico.....	68
10.3.1 Análisis de varianza (ANVA).....	68
10.3.2 Comparación de medias	69
10.4 Descripción de variables.....	69
10.4.1 Variables evaluadas al momento de la cosecha.....	70
10.4.1.1 Altura de la planta de arroz.....	71
10.4.1.2 Número de macollas/ m ²	71
10.4.1.3 Número de panículas / m ²	72
10.4.1.4 Número de granos / panícula.....	72

10.4.1.5	Porcentaje de cobertura del arroz.....	72
10.4.1.6	Peso fresco del grano de arroz.....	72
10.4.1.7	Peso seco del grano de arroz.....	72
10.4.1.8	Altura de la maleza.....	73
10.4.1.9	Porcentaje de cobertura de la maleza.....	73
10.4.2	Evaluación del grado de alelopatía de los exudados radicales de las malezas identificadas con mayor agresividad sobre el cultivo de arroz.....	73
10.4.2.1	Altura de la planta de arroz.....	73
10.4.2.2	Peso fresco de la planta de arroz.....	74
10.4.2.3	Peso seco de la planta de arroz.....	74
10.4.2.4	Altura de la maleza.....	75
10.4.2.5	Peso fresco de la maleza.....	75
10.4.2.6	Peso seco de la maleza.....	75
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
11.1	Malezas identificadas con mayor agresividad en el cultivo.....	76
11.2	Variables evaluadas en el cultivo de arroz, al momento de la cosecha...	81
11.2.1	Variable Altura de la planta de arroz.....	81
11.2.2	Variable porcentaje de cobertura del cultivo de arroz.....	84
11.2.3	Variable número de macollas / m ²	87
11.2.4	Variable número de panículas/ m ²	89
11.2.5	Variable número de granos / Panícula.....	91
11.2.6	Variable peso fresco del grano de arroz.....	93
11.2.7	Variable peso seco del grano de arroz.....	95
11.2.8	Variable Altura de la maleza.....	97
11.2.9	Variable porcentaje de cobertura de la maleza.....	99
11.3	Evaluación del efecto alelopático de los exudados radicales de las malezas <i>Echinochloa colona</i> , <i>Cyperus esculentus</i> y <i>Cyperus rotundus</i> , sobre el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	101
11.3.1	Variable altura de la planta de arroz.....	102
11.3.2	Variable peso fresco de la planta de arroz.....	105
11.3.3	Variable peso seco de la planta de arroz.....	108
11.3.4	Variable altura de las malezas.....	111
11.3.5	Variable peso fresco de las malezas.....	113
11.3.6	Variable peso seco de la maleza.....	115
12.	CONCLUSIONES.....	118
13.	RECOMENDACIONES.....	120
14.	BIBLIOGRAFIA.....	121

INDICE DE CUADROS.

	Pagina
Cuadro 1: Tratamientos, ingredientes activos y dosis de aplicación utilizados durante la primera fase de la investigación.....	62
Cuadro 2: Tratamientos, plantas donadoras y plantas receptoras utilizados durante la segunda fase de la investigación, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	67
Cuadro 3. Altura de la planta de arroz al momento de la cosecha. Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	82
Cuadro 4. Porcentaje de cobertura del cultivo de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	85
Cuadro 5. Número de macollas / m ² . Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	88
Cuadro 6. Número de panículas / m ² . Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	90
Cuadro 7. Número de granos / panícula al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	92
Cuadro 8. Peso fresco del grano de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	93
Cuadro 9. Peso seco del grano de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (<i>Oryza sativa</i>). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	95
Cuadro 10: Altura promedio de malezas en 0.25 metros cuadrados al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	97
Cuadro 11: Porcentaje de cobertura de la maleza al momento de la cosecha, Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	100
Cuadro 12: Altura de planta de arroz (<i>Oryza sativa</i>) a los 45 días después de la siembra (DDS), Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	102
Cuadro 13: Peso fresco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	105

Cuadro 14: Peso seco de la planta de arroz (<i>Oryza sativa</i>) a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	108
Cuadro 15: Altura de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	111
Cuadro 16: Peso fresco de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	113
Cuadro 17: Peso seco de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	115

INDICE DE FIGURAS.

Pagina

Figura 1: Delimitación del terreno, de los bloques y los tratamientos.....	63
Figura 2: Distribución de los tratamiento bajo el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar.....	64
Figura 3: Aplicación de las dosis de la mezcla de los herbicidas Preemergentes pendimethalin + butaclor.....	65
Figura 4: Método del botanal (marco de 0.50 m x 0.50 m).....	66
Figura 5: Plantas donadoras (malezas) y plantas receptoras (Arroz var. CENTA A – 8).....	68
Figura 6: Evaluación de las malezas con mayor agresividad en el cultivo, utilizando el método de botanal.....	70
Figura 7: Toma de datos de la variable altura de la planta de arroz.....	71
Figura 8: Conteo del número de macollas/ m ²	71
Figura 9: Toma de datos de altura de la planta de arroz a los 45 DDS.....	73
Figura 10: Toma de datos de peso fresco de la planta de arroz.....	74
Figura 11: Especie de <i>Echinochloa colona</i>	76
Figura 12: Especie de <i>Cyperus rotundus</i>	78
Figura 13: Especie de <i>Cyperus esculentus</i>	80
Figura 14: Altura de la planta de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	84
Figura 15: Porcentaje de cobertura del cultivo de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	87
Figura 16: Número de macollas /m ² al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	89
Figura 17: Número de paniculas /m ² al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	91
Figura 18: Numero de grano / panicula al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	93
Figura 19: Peso fresco del grano de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	95
Figura 20: Peso seco del grano de arroz al momento de la cosecha,	

Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	97
Figura 21. Altura de malezas al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	99
Figura 22. Porcentaje de cobertura de la maleza al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	101
Figura 23: Distribución de los tratamientos.....	102
Figura 24: Altura de la planta de arroz (<i>Oryza sativa</i>) a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	105
Figura 25: Peso fresco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	108
Figura 26: Peso seco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	111
Figura 27: Altura de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	113
Figura 28: Peso fresco de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	115
Figura 29: Peso seco de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.....	117

1. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en El Salvador es el tercer cereal más importante después del maíz y frijol; mostrando un alto valor socioeconómico por ser básico en la alimentación diaria (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria [CENTA] 1992).

Durante el ciclo agrícola 2003/2004, el área media de siembra en el país fue de 4,750 manzanas, con un rendimiento promedio nacional de 104.30 qq/mz, obteniéndose la mayor producción en el departamento de Chalatenango, con una producción promedio de 176,227 qq granza (Dirección General de Economía Agropecuaria – Ministerio de Agricultura y Ganadería [DGEA – MAG] 2004).

El arroz se cultiva bajo dos sistemas de siembra de secano y riego predominando en el país el de secano en un 90%. Bajo ambos sistemas de siembra existe la competencia con un gran número de malezas, las cuales afectan de forma directa o indirecta al cultivo; principalmente en sus primeros 45 días de su ciclo vegetativo. En esta etapa se ha demostrado que las malezas afectan al cultivo en un 50 % o más, reduciendo así su desarrollo y rendimiento (CENTA 2002).

Las malezas son especies de plantas que emergen de forma espontánea dentro de los cultivos, realizando determinada interferencia (competencia, parasitismo y alelopatía) y se manifiestan de diferentes formas, en dependencia del cultivo y los factores edafoclimáticos presentes (Asociación Latinoamericana de Malezas [ALAM] 2005).

Existe cierto número de malezas que ejercen efecto inhibitorio sobre el crecimiento de las plantas cultivables por la liberación de compuestos químicos al suelo mediante exudados radicales, lixiviados y descomposición de residuos; este fenómeno es conocido como alelopatía. Las sustancias alelopáticas manifiestan su efecto como inhibidoras de determinado proceso de los vegetales. De esta forma inhiben de una manera parcial o total la germinación o el crecimiento de otras especies o incluso la propia a la que pertenece (ALAM 2005).

Debido a la agresividad y al efecto negativo que presentan ciertas malezas en el cultivo de arroz, se requiere de grandes inversiones en insumos, equipo, maquinaria, mano de obra y capacidad técnica; para el manejo y control de estas; repercutiendo negativamente en los costos de producción del agricultor (CENTA 2002).

Por el impacto negativo que las malezas ocasionan en los cultivos, 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 por 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 (Alemán 2004).

De acuerdo a la problemática que representan las malezas en el cultivo; los resultados obtenidos en esta investigación, contribuirán a desarrollar un mejor manejo de las malezas en el cultivo de arroz, así como determinar la dosis mas efectiva de la mezcla de los herbicidas preemergentes Pendimethalin y Butachlor, contribuyendo así con los productores de arroz de El Salvador; proporcionándoles una dosis apropiada que les permita controlar las malezas en la fase inicial del arroz, ya que es el periodo más crítico del cultivo por la competencia de estas, por agua, luz, nutrientes, entre otros; y de esta forma el productor podrá reducir los costos de producción, mejorar sus rendimientos del cultivo y obtener mayores beneficios; tanto económicos como en la calidad del producto.

Además, con la evaluación de los efectos alelopáticos de los exudados radicales de las malezas con mayor agresividad, se pretende demostrar a los productores, si estas malezas ejercen algún efecto alelopático que interfiera significativamente en la germinación y desarrollo del cultivo de arroz; contribuyendo así a la implementación del método mas eficiente y efectivo para su control.

Estas investigaciones serán una herramienta para que los productores, utilicen dosis apropiadas que le permitan controlar las malezas de forma eficiente y efectiva; contribuyendo de esta forma en la disminución de la contaminación de los suelos debido al uso excesivo de herbicidas y reduciendo así el impacto ambiental.

La información obtenida 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 de arroz, ingenieros agrónomos, estudiantes y docentes de las diferentes instituciones profesionales de las ciencias agrícolas que existen en el país.

2. ANTECEDENTES.

Las malezas siempre encuentran la forma de sobreponerse a cualquier práctica de control, por más sofisticada e ingeniosa que sea. Desde la antigüedad, el hombre ha buscado la forma de combatirlas en sus campos de cultivo. En algunas partes del mundo, la lucha contra las malezas se remota a miles de años. Esa lucha se ha librado utilizando las más diversas y refinadas técnicas y herramientas, pero lo cierto es que aún con los avances científicos y tecnológicos de nuestro tiempo, se sigue teniendo a estas plantas como acompañantes inseparables de los sistemas agrícolas de producción, afectando los rendimientos e incrementando los costos de producción (Congreso Latinoamericano de Malezas [CLM] 2003).

Las malezas son plantas perjudiciales caracterizadas por su amplia adaptación a diferentes ambientes así como su resistencia a factores extremos tanto de origen biológico como físico. En general, las malezas producen un gran número de semillas con diferentes y dispersos mecanismos que les permiten invadir a los cultivos durante un largo período de tiempo (ALAM 2005).

Las plantas pueden incorporar sustancias en el suelo ya sea mediante exudados radicales, residuos de fitomasa, descomposición de residuos, degradación de lignina; además los componentes bióticos y abióticos del suelo pueden aumentar o disminuir la toxicidad de las sustancias alelopáticas en el suelo. Por ejemplo, se sabe que los microorganismos del suelo son muy importantes en la alelopatía (ALAM 2005).

Se han realizados estudios que demuestran que las pérdidas en rendimiento de los cultivos, debido a las competencia de las malezas se han estimado en un 100% en cultivos mal manejados y en un 25 % en aquellos en los cuales se desarrollan practicas tendientes a reducir el efecto de las malezas (Alemán 2004).

En Cuba, se evaluó el efecto de cyanazine y atrazina en aplicaciones pre y post emergentes para el control de malezas en maíz. Como conclusión se reportaron que ambas triazinas en pre – emergencia con dosis de 3.0 L/ha, controlaron en forma aceptable (mas del 90%) a todas las malezas dicotiledóneas y que para un control satisfactorio tanto de malezas dicotiledóneas como de las monocotiledóneas fue necesario utilizar la mezcla de Prowl (Pendimethalin) 2.5 L/ha + cyanazine 3.0 L/ha (CLM 2003).

En condiciones de campo del Instituto de Investigaciones del Arroz, en la Habana, Cuba (2001) , se evaluó la eficacia biológica del ingrediente activo pendimentalina, en aplicaciones preemergentes y postemergentes y mezclado, así como las dosis más adecuadas, observándose que este realiza un eficaz control de malezas gramíneas en preemergencia, a dosis de 0.50 y 0.75 kg ia/ha. Además, puede ser mezclado con propanil y otros herbicidas postemergentes y ser aplicados en postemprana con una elevada efectividad en el control de los tres grupos de malezas a iguales dosis (Sociedad Cubana de Malezología [SCM] 2004).

En investigaciones realizadas en condiciones de campo de la Unidad de Producción “Las Nuevas”, Complejo Agroindustrial Sur del Jíbaro, La Habana, Cuba (1997); a fin de evaluar el efecto biológico de la mezcla formulada (Guerrero CE 48) y la mezcla de tanque propanil 36 CE + butachlor 60 CE en la erradicación de malezas gramíneas, ciperáceas y hojas anchas, durante el cultivo, variedad Perla de Cuba, se observó que la mezcla formulada y la mezcla de tanque de propanil 36 CE + butaclor 60 CE ejercen un buen control sobre malezas gramíneas (incluyendo *Leptochloa fascicularis*), ciperáceas y hojas anchas en el estado vegetativo de 1-3 hojas. Ambas garantizan la eliminación de nuevas generaciones de malezas y una excelente selectividad al cultivo (SCM 2004).

En investigación realizada en Monagas, Venezuela (2007); donde se evaluó los efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031; donde se concluyó que la germinación, altura de las plántulas, longitud de las radículas, peso seco del vástago y relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula disminuyeron proporcionalmente al aumento de la concentración de extracto, contrariamente, el peso seco de la radícula incrementó. La relación altura de la plántula/longitud de la radícula no presentó diferencias significativas en las fuentes de variación (Layne 2006).

3. MARCO TEORICO.

3.1 Origen y distribución del arroz.

Aunque en sus orígenes el arroz crecía de manera salvaje, hoy en día las variedades que se cultivan en la mayoría de los países pertenecen al tipo **Oryza**, que cuenta con una veintena de especies, de las cuales solamente dos presentan un interés agrícola para el hombre:

- **Oryza sativa** (arroz común asiático y presente en la mayoría de los países orizícolas en el mundo) originario de Extremo Oriente al pie del Himalaya dando por el lado chino la subespecie **O. sativa japónica** y del lado indio la subespecie **O. sativa indica**. La gran mayoría de las variedades que se cultivan pertenecen a esta especie, que se caracteriza por su plasticidad y por su cualidad gustativa;
- **Oryza glaberrima**, especie anual originaria de África occidental, desde el delta central del Níger hasta Senegal (Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo [UNCTAD] 2000).

Se cree que el cultivo del arroz se inició hace más de 6500 años, desarrollándose paralelamente en varios países: los primeros cultivos aparecen en la China 5000 años antes de nuestra era, en el paraje de Hemu Du, así como en Tailandia hacia 4500 años antes de J.C., para aparecer luego en Camboya, Vietnam y al sur de la India. De ahí, las especies derivadas llamadas **japónica** (tipo de cultura irrigada de zona templada, de granos medianos o pequeños, llamados también granos redondos y de cultura inundada, - de zona tropical cálida) e **indica** (tipo de cultura irrigada de zona tropical cálida, de granos alargados, delgados y planos) se extendieron hacia otros países asiáticos: Corea, Japón, Myanmar, Pakistán, Sri Lanka, Filipinas e Indonesia (UNCTAD 2000).

Hacia el año 800 antes de Jesucristo [J.C] el arroz asiático se aclimató en el Cercano Oriente y en Europa meridional. Los Moros lo introdujeron en España en el momento de la conquista de este país alrededor del año 700 de nuestra era. Más tarde, se propagó a Italia a partir de mediados del siglo XV, a Francia y, tras la época de los grandes descubrimientos, se implantó en todos los continentes. Es así como en 1694, el arroz llega a Carolina del Sur, proveniente probablemente de Madagascar y los españoles lo llevan a América del Sur a principios del siglo XVIII (UNCTAD 2000).

La especie africana llamada ***Oryza glaberrima*** se extendió desde su foco original, el delta del Níger, hasta el Senegal entre 1500 y 800 antes de J.C., pero nunca se desarrolló lejos de su zona de origen. Su cultivo incluso sufrió un declive en favor de la especie asiática, que probablemente fueron introducidas en el continente africano por las caravanas árabes que procedían de la costa oriental entre el siglo VII y el siglo XI (UNCTAD 2000).

El arroz es el cereal que más se consume en el mundo después del trigo. A más de la mitad de la población mundial les proporciona más del 50% de las calorías de su alimentación. Ocupa un lugar tan importante en Asia que llega incluso a tener repercusiones sobre el idioma y las creencias locales. En chino clásico, el mismo término sirve a la vez a definir "arroz" y "agricultura". En varias lenguas oficiales y dialectos locales, la palabra "comer" significa "comer arroz". Finalmente en la semántica oriental, las palabras "arroz" y "comida" son a veces equivalentes (UNCTAD 2000).

3.2 Tipos y clases de arroz.

Existe una gran cantidad de variedades de arroz; las cuales se clasifican en cuatro grandes tipos:

Arroz redondo: es el arroz con mayor cantidad de almidones, es el arroz "común", sobretodo en la cocina española, necesita algo mas de 15 minutos de cocción, y nunca hay que lavarlo antes de cocinarlo, su textura una vez cocido es tierna y jugosa, y no destaca por sus aromas. Es de una tonalidad blanquecina que permanece después de su hervido (starmedia 2009).

Arroz Patna: es un arroz de grano largo, de un blanco lechoso, se debe hervir en abundante agua a la que añadiremos sal. Cuando esta cocido, el centro de cada grano debe ofrecer una leve resistencia, pero sin la menor textura de tiza. El Patna perfectamente cocido da un hermoso arroz de granos perfectamente separados, es bueno para pilafs, ensalada, rellenos y toda clase de platos que requieran arroz seco (starmedia 2009).

Arroz integral: es cualquier arroz que ha sido descascarillado pero al cual no se le ha quitado el salvado, este contiene más sustancias nutritivas, especialmente vitamina B. Necesita bastante más tiempo de cocción que el blanco y mejora si se remoja antes. Hay que hervirlo en abundante agua salada durante unos 45 minutos aproximadamente. Se consigue arroz integral de grano largo, mediano y corto. Los de

grano largo son mejores para comer solos o como base de pilafs, mientras que los de grano cortó son los ideales para elaborar budines. Este arroz sacia más rápido la sensación de hambre (starmedia 2009).

Arroz silvestre: es la semilla de una planta acuática relacionada con la familia del arroz, que se da en los Estados Unidos, es difícil de encontrar tiene un sabor distinto y peculiar. Para cocinarlo se le da un hervor en agua salada, se cuele y después se cuece en un mínimo de agua durante media hora, o hasta que los granos empiecen a abrirse. Se sirve tal cual o se incorpora a rellenos de aves de corral o de caza (starmedia 2009).

3.3 Mercado mundial del arroz.

La cantidad de arroz que entra en el comercio internacional se estima entre 25 y 27 millones de toneladas anuales, que representan apenas 5-7% de la producción mundial, haciendo de éste uno de los más pequeños mercados de granos (113 Mt para el trigo y 80 Mt par el maíz) (UNCTAD 2000).

Fuera de los grandes exportadores habituales que son los países de Asia (Tailandia, Vietnam, India y Pakistán), una parte relativamente importante del arroz proviene de los países desarrollados como Estados Unidos o Europa mediterránea (aunque el volumen de sus exportaciones sea todavía limitado). Dos factores explican en este caso el desarrollo del cultivo del arroz: los nuevos hábitos de alimentación en los países industrializados y la emergencia de nuevos nichos de comercialización en los países en desarrollo (UNCTAD 2000).

Extremo Oriente es el principal foco de importación y de exportación: 35% de las importaciones mundiales y aproximadamente el 75% de las exportaciones.

Se estima que a medio plazo el mercado mundial debería crecer a un ritmo de 3% anual. Sin embargo, persiste la incertidumbre ya que el comportamiento de los países importadores, de ingresos medios o bajos es muy aleatorio como consecuencia de la vulnerabilidad de sus economías (UNCTAD 2000).

El estimado de comercialización mundial es de 28.191 millones de toneladas métricas al año. Debido a las características del mercado mundial del arroz, este contribuye a la volatilidad de los precios. Por tanto se consideran los siguientes aspectos en el mercado internacional del arroz: destacan las pequeñas cantidades comercializadas

respecto a las cantidades producidas o consumidas, por ello pequeños cambios en la producción o en el consumo de alguno de los principales productores/consumidores o países compradores vendedores, puede dar lugar a un gran impacto sobre el volumen puesto en el mercado y por tanto, sobre los precios (Argentina 2010).

Otro aspecto a destacar es el alto grado de concentración entre los exportadores de arroz en el mundo. Ya que el 85% de la exportación procede de 7-9 países, por tanto variaciones de las ofertas de las existencias de arroz, debidas a la climatología por ejemplo, repercute finalmente sobre los precios (Argentina 2010).

3.4 Importancia económica y social.

En El Salvador, el arroz es de gran importancia alimenticia y representa el 5.26% de la estructura de la dieta de la población, siendo su mayor consumo en el área rural en donde alcanza el 5.31% de la dieta, contra 4.72% del área urbana, a pesar de que todavía su consumo per cápita (9.0 kg) es todavía bajo (50%) en relación con el mínimo recomendado por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [INCAP] que es de 18.0 kg per cápita. Desde el marco de seguridad alimentaria se debe garantizar la ingesta calórico suficiente para satisfacer las necesidades de la población (CENTA 2002).

Además de todos los cereales existentes o conocidos, el arroz es sin duda alguna, el que ofrece la posibilidad de llenar más rápidamente un déficit de producción agrícola para la alimentación del hombre y junto con el trigo y la carne o el pescado, constituye la base de la alimentación humana. El 75% de la población mundial lo incluye en su dieta alimenticia diaria, ya que proporciona entre el 25 y el 80% de las calorías de la dieta diaria a 2.7 mil millones de personas de Asia (donde se produce el 90% de la producción mundial), es decir a más del 50% de la población mundial donde se le considera el alimento básico (Franquet 2004).

Por este motivo es el cereal más utilizado en la alimentación humana (básicamente sólo se destina a esa finalidad), aunque su producción todavía no alcanza a la del trigo (considerado como el alimento básico de la civilización occidental). Supera en algunos casos el consumo de otros cereales como el maíz y el trigo. La producción mundial de arroz supera los 500 millones de toneladas, teniendo en cuenta que sólo los países asiáticos obtienen el 90% de la producción. La historia nos ha demostrado en efecto cuánta consideración los hombres han tenido siempre por el arroz y por sus preciosas

cualidades nutritivas. Miles de años atrás, en China se cultivaba el arroz sólo para la alimentación del emperador y de los miembros de su familia (Franquet 2004).

Lo que sí es cierto es que el arroz es uno de los productos agrícolas cuyo cultivo y consumo más auge ha experimentado en los últimos años. Es el recurso alimenticio más utilizado por los países pobres en su alimentación y la demanda en los países ricos aumenta cada año. En la Unión Europea [UE], el ritmo del incremento de esta demanda, si bien ha decrecido en los últimos años, sigue estando entorno al 2% anual, situándose actualmente entre los 4.5 y 5.0 kilogramos por persona al año. Aliado ecológico en algunos países, en donde los campos de arroz conviven en buena armonía con humedales y ecosistemas protegidos de altísimo valor faunístico y florístico (Franquet 2009).

En la mayoría de los principales países productores de arroz se produce para el consumo interno. Es precisamente en Asia donde están los seis primeros productores de arroz del mundo: China, India, Indonesia, Vietnam, Bangladesh y Tailandia. Son, además de grandes productores, grandes consumidores de dicho cereal de verano, por lo que pocos de estos países se encuentran entre los más exportadores, como es el caso de China e India que, aunque juntos acaparan el 60% de la producción mundial, sólo exportan el 1% de su propia producción, dedicando el resto al consumo interno (Franquet 2009).

El comercio del arroz es en cualquier caso pequeño comparado con el de otros productos agrícolas; así, en la primera mitad de los años 90 del pasado siglo, ha sido del 4% sobre el total de la producción, mientras que en el caso de otros productos como el trigo, el comercio mundial ha representado en el mismo período un 18% con respecto a la producción mundial. A pesar de que algunos de los principales exportadores, como Estados Unidos [EE.UU] y Tailandia, han aumentado sus ventas, en el año 1996 la comercialización fue de 18 millones de toneladas, 2.7 millones de toneladas menos que en el año 1995 (Franquet 2009).

El arroz proporciona mayor contenido calórico y proteínas por hectárea que el trigo y el maíz. Es por esta razón por la que algunos investigadores han encontrado correlaciones entre el crecimiento de la población así como la expansión de su cultivo.

El arroz posee una elevada posición entre los cereales al considerar su aporte energético en calorías así como en proteína (Wikipedia 2009).

3.5 Clasificación taxonómica.

Reino: Plantae.

División: [Magnoliophyta](#).

Clase: Liliopsida.

Orden: Poales

Familia: Poaceae.

Genero: *Oriza*.

Especie: *sativa*.

El arroz (***Oryza sativa***) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae de las gramináceas. Planta herbácea anual que se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación y crece con mayor facilidad en los climas tropicales. Originariamente el arroz era una planta cultivada en seco pero con las mutaciones se convirtió en semi-acuática, aunque puede crecer en medios bastante diversos, crecerá más rápidamente y con mayor vigor en un medio caliente y húmedo (Caicedo 2008).

3.6 Descripción botánica.

3.6.1 Órganos vegetativos.

3.6.1.1 Raíces.

Las raíces son fibrosas de color blanco y el sistema radicular esta formado por raicillas y pelos radiculares. Después y progresivamente las raíces se desarrollan en cada tallo formado durante el ahijamiento y a menudo también en los nudos mas elevados como en el caso del transplante.

La extensión y la densidad del aparato radicular están estrechamente correlacionados con la forma del cultivo, aireación del suelo, altura de la capa de agua, tipo y preparación del suelo, sistema de riego y fertilización del terreno (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA] 2005).

El desarrollo del sistema radicular es casi paralelo al desarrollo de la parte aérea. Se incrementa desde los estados tempranos de crecimiento de la planta hacia la fase reproductiva alcanzando su máximo valor a la floración y decrece hacia la maduración (INIA 2005).

3.6.1.2 Tallo.

El tallo es más o menos erecto, cilíndrico, liso y hueco excepto en los nudos. El tallo está conformado por una serie de nudos y entrenudos que se dispone en forma alternada, en cada nudo se inserta una hoja que cubre una yema axilar que puede desarrollar una macolla (INIA 2005).

Transcurridos 20 o 30 días de la siembra, la plántula comienza la diferenciación de los tallos secundarios o de ahijamiento a partir de las yemas laterales, situadas en la base del tallo primario en la axila de las hojas. El fenómeno se repite en los tallos nuevos, dando lugar a la formación de tallos de tercer orden.

El Tallo alcanza una altura variable comprendida entre los 80 y 150 centímetros, según la variedad y las condiciones ambientales de cultivo (fenotipo) (INIA 2005).

3.6.1.3 Hojas.

La primera hoja de la planta es el coleóptilo. La segunda hoja emerge de la hendidura del coleóptilo, es pequeña y casi sin lámina. Las demás hojas son normales a excepción de la hoja superior llamada hoja panicular u hoja bandera. La primera hoja que se forma en los nudos basales es el bracteolo hoja rudimentaria que adhiere la macolla juvenil al tallo (INIA 2005).

Las hojas son órganos vegetativos que nacen en forma alternada en cada nudo y dispuestos en dos hileras a lo largo el tallo. Consta de dos partes: la vaina foliar que envuelve al tallo y el limbo o lámina. En las articulaciones de la vaina y el limbo se encuentran la lígula y las aurículas (INIA 2005).

La lígula es de forma triangular y de estructura membranosa. Se encuentra presente en casi todos los cultivares, tiene 2 cm. de longitud y puede ser incolora o coloreada. Las aurículas son dos apéndices que se encuentran uno a cada lado de la base del limbo. Son pequeñas y de forma arqueada coloreadas o incoloras. La presencia de estas permite diferenciar las plantas de arroz de las especies de *Echinochloa spp*, maleza denominada en nuestro medio (INIA 2005).

3.6.2 Órganos reproductivos.

3.6.2.1 Flores.

La flor es una espiguilla monoflora de color verde blanquecino la cual producirá un grano de arroz, un número determinado de espiguillas conforma la llamada panícula que es la inflorescencia que nace del último nudo del tallo, denominado nudo ciliar. Del eje principal o raquis de la panoja nacen las ramificaciones primarias y de estos las secundarias y a veces las terciarias. Las espiguillas están insertadas por el pedicelo a las ramificaciones de la panoja (INIA 2005).

Existe un promedio de 250 espiguillas o flores en la panoja, donde las condiciones nutritivas de la planta en esta fase, además de las terminales y luminosas precedentes, determinaron el número de flores de la panícula (INIA 2005).

3.6.2.2 Inflorescencia.

Es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemas estériles, la raquilla y el flósculo (INIA 2005).

3.6.2.3 Semilla o grano.

Luego de la fecundación, el ovario inicia el desarrollo y alcanza sus dimensiones, ésta se completa en un período de tiempo variable entre los 30 y 60 días después de la floración; sin embargo el embrión se encuentra ya morfológicamente completo a los 10- 15 días.

Una vez formado el embrión, el grano de arroz se ensancha en su porción basal y más tarde se alarga, la última parte en formarse es la central. Como consecuencia y después del transplante de los elementos plásticos acumulados por la planta en sus diversos órganos vegetativos, se forma el fruto llamado arroz cáscara o paddy, que consiste en un cariósipide envuelto por las glumillas los vestigios de la flor (INIA 2005).

3.7 Etapas de crecimiento y desarrollo.

3.7.1 Etapa vegetativa.

3.7.1.1 Germinación o Emergencia

Cuando se dan las condiciones requeridas de temperatura y humedad, la semilla se hincha y germina (INIA 2005).

3.7.1.2 Plántula.

Al estado de plántula, es el que sigue después de la germinación y se caracteriza por el crecimiento del sistema radicular. Las reservas de la semilla que se encuentran en el endosperma son usadas hasta el estado de 3 a 4 hojas (INIA 2005).

3.7.1.3 Macollamiento.

Las macollas son los tallos formados a partir de las yemas basales del tallo principal y se desarrollan a partir de los 20 días de la siembra. Del tallo principal nace el tallo secundario (macolla primaria) y de este el tallo terciario (macolla secundaria). Cada macolla, una vez desarrollada, es una planta independiente de la planta madre, con su propia raíz y puede ser separada de ésta (INIA 2005).

3.7.1.4 Formación de Nudos y Entrenudos.

La formación de entrenudos por encima de la corona (zona en donde se unen el tallo y las raíces), es lo que da lugar al tallo y determina el largo de éste. Los nudos del tallo se forman por encima de los nudos de la corona y comienza a formarse un entrenudo entre el último nudo de la corona y el primero del tallo. El largo de los entrenudos depende de la variedad y del manejo (INIA 2005).

Los nudos se caracterizan por el espesor, que es mayor que el de los entrenudos, se ensanchan por la presencia de un engrosamiento llamado Pulvínulo, sobre este se articula la vaina foliar (INIA 2005).

3.7.2 Etapa reproductiva.

Se inicia antes del período máximo de macollas, casi simultáneamente con la máxima actividad de macollamiento o inmediatamente después. Esta etapa comprende el período desde la diferenciación de la panoja hasta la emergencia de la misma.

La Floración inicia cuando la panoja emerge a través de la vaina de la hoja bandera y se hace visible, debido al alargamiento de los entrenudos superiores realizándolo en unos 3 a 5 días. Lo anterior es seguido inmediatamente por la antesis de las flores en el tercio superior de la panícula. Las panojas son de diferentes tipos, formas y tamaños que responden a características varietales (INIA 2005).

La floración propiamente dicha es el período en el que las flores se abren, son fecundadas y se cierran. Este período lleva de 3 a 5 días luego que la panoja emerge de la hoja bandera (INIA 2005).

3.7.3 Etapa de llenado y maduración del grano.

Esta etapa se divide en tres estados:

Etapa de grano lechoso, se caracteriza por presentar un líquido lechoso dentro del grano; los carbohidratos son translocados de las hojas y tallos al grano; etapa de grano pastoso, del estado lechoso el grano va perdiendo humedad y se vuelve pastoso. La consistencia cambia primero a pastoso suave y luego se endurece en 15 días, el color cambia a verdoso amarillento.

La panícula dobla su punta formando un arco debido a que sus granos incrementan en peso y el estado de grano duro, a medida que pierde mas humedad, el grano se va endureciendo y finalmente no hay mas aportes de carbohidratos llegando a su estado de madurez fisiológica (INIA 2005).

Los granos del extremo superior de la panoja se llenan primero y por lo tanto son los más grandes y pesados; por ésta razón la panoja comienza a doblarse hacia abajo. Debido a la diferencia en el llenado en una panoja se encuentran de arriba hacia abajo granos duros, pastosos y lechosos (INIA 2005).

3.8 Requerimiento climático.

3.8.1 Clima.

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los trópicos y en climas templados y mediterráneos. El cultivo se extiende desde los 49 - 50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultiva en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (infoagro 1997).

3.8.2 Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades (infoagro 1997).

El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días. La panícula usualmente llamada “espiga” por el agricultor, comienza a formarse unos 30 días antes del espigado y 7 días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2.0 milímetros. A partir de los 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas (infoagro 1997).

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C y el óptimo de 30 °C, por encima de los 50 °C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo correlativamente después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función

clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos (infoagro 1997).

3.8.3 Suelo.

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa; se suele cultivar en suelos de textura fina y media. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por lo tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos (infoagro 1997).

3.8.4 pH

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para los suelos alcalinos o básicos ocurre justamente lo contrario.

El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico (infoagro 1997).

3.9 Aspectos agronómicos.

3.9.1. Preparación del terreno.

El laboreo de los suelos arroceros de tierras húmedas o de tierras en seco depende de la técnica de establecimiento del cultivo, de la humedad y de los recursos mecanizados. La labranza permite suministrar a la semilla una cama apropiada y control de malezas antes de establecer el cultivo. En sistemas de pequeños productores de arroz, la práctica varía de cero labranza, como sucede en muchos de los sistemas de cultivo de desplazamiento, a producción repetida con laboreo profundo para remover malezas perennes de difícil control, tales como *Oryza longistaminata* la cual tiene un extenso sistema de rizomas.

El laboreo superficial a menudo no es efectivo para el control de malezas y el control de malezas de post emergencia normalmente es necesario independientemente de las prácticas de labranza (infoagro 1997).

En El Salvador esta actividad consiste en 3 pasos de rastra y un paso para tapado de la semilla; y se realiza generalmente en los meses de Mayo y Diciembre.

3.9.2 Siembra.

3.9.2.1 Época de siembra.

El arroz de secano se siembra a principios de la estación lluviosa, recomendándose realizar la siembra entre la segunda quincena de mayo y la primera de junio. Bajo estas condiciones, el cultivo depende de la precipitación. La siembra bajo riego se realiza durante los meses de diciembre y enero (CENTA 2002).

3.9.2.2 Métodos de Siembra.

La siembra directa consiste en depositar la semilla seca a chorro seguido en surcos distanciados desde 0.20 a 0.30 m entre sí. En este sistema se recomienda la utilización de 150 libras de semilla por manzana (CENTA 2002).

La siembra al voleo consiste en esparcir homogéneamente en forma manual o mecánica, semilla seca sobre el terreno previamente preparado, semilla que posteriormente será tapada utilizando ramas de arbustos o rastras livianas. Para este caso, la densidad a se puede utilizar las 300 libras de semilla por manzana (CENTA 2002).

La siembra por trasplante se realiza sobre suelo fangueado y muy bien nivelado. Es un sistema de siembra indirecta, en el cual las plantas de arroz crecen inicialmente en semilleros o almácigos, para ser llevados posteriormente al campo definitivo.

La época promedio de trasplante es de 25 días y se requieren 70 libras de semilla seca para trasplantar una manzana. El distanciamiento al momento de trasplante entre plantas está en torno de 0.25 m en cuadro (CENTA 2002).

3.9.2.3 Fertilización.

Es indudable que para proveer a la planta de arroz de todos los elementos esenciales en las cantidades necesarias, se deberá recurrir al análisis de suelo. Sin embargo en forma general puede realizarse la fertilización de plantaciones de arroz bajo el plan siguiente:

La primera fertilización se realiza al momento de siembra utilizando formula completa 15-15-15 a razón 286 kilogramos por hectárea; la Segunda fertilización se realiza a los 30 días después de siembra, utilizando sulfato de amonio a razón de 286 kilogramos por hectárea; y la tercera fertilización se realiza 30 días después de la segunda (60 días después de la siembra), utilizando urea a razón de 200 kilogramos y formula 0 – 0 – 60 a razón 68 kilogramos de por hectárea (CENTA 2002).

3.9.2.4 Control de Malezas.

El cultivo de arroz debe mantenerse libre de malezas durante los primeros 45 días del ciclo (para evitar competencia). Tomando en cuenta que el control en forma manual es bastante difícil, se recomienda hacerlo por medio de productos químicos.

Por su época de aplicación, los herbicidas pueden ser de pre siembra, pre emergente y post emergente.

Para la selección de herbicidas, sus mezclas, dosis y épocas de aplicación; deberá realizarse un buen diagnóstico de campo que nos permita verificar el estado del terreno, tipo y desarrollo de malezas, así como el cultivo (CENTA 2006).

3.9.2.5 Control de plagas y Enfermedades.

3.9.2.5.1 Plagas.

Los insectos que pueden ocasionar daños económicos al cultivo de arroz se describen a continuación:

Plagas del Suelo: Gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) y Cucarro (*Eutheola sp.*); para su control se recomienda una buena preparación de suelo, además se debe tratar la semilla con un producto a base de Imidacloprid 70 WS, a razón de 2.0 gramos por kilogramo de semilla (CENTA 2006).

Plagas del Follaje: Raspadores, loritos verdes (*Hortensia sp.*), acaro del vaneamiento del arroz (*Steneotarsonemus spinki*); barrenadores, novia del arroz

(*Rupela albinella*); Masticadores, falso medidor (*Mocis sp.*), gusano cogollero (*Spodoptera sp.*), saltamontes (*Conocephalus sp.*); chupadores, Sogata (*Tagosodes sp.*), Chinchas (*Blissus sp.*, *Oebalus sp.*), mosca blanca (*Aleurocybotus occidus*).

Para el control de estas plagas, se recomienda realizar muestreos en los campos arroceros para verificar y cuantificar la presencia de estos; así como también, enemigos naturales, los que reducirán los daños a través del control biológico. Su control químico únicamente se deberá realizar cuando existan altas infestaciones (CENTA 2006).

3.9.2.5.2 Enfermedades.

***Rhizoctonia solani*:** Esta enfermedad está considerada como la segunda en importancia económica después de la *Pyricularia*, este incremento se debe a la intensidad del cultivo, al amplio uso de variedades tempranas o semi-tempranas y al aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados (infoagro 1997).

Las lesiones se producen principalmente en la vaina, siendo éstas en un principio de forma ovoide, de color gris verdoso, con una longitud que varía entre 1 y 3 cm. de largo. El centro de la lesión se torna blanco-grisáceo con un margen marrón. La presencia de diferentes lesiones que lleguen a unirse causando la muerte de las hojas o hasta de la planta entera (infoagro 1997).

La enfermedad se acentúa en condiciones de elevada humedad y temperatura. La humedad está muy influenciada por la densidad de siembra, por tanto una alta densidad de siembra y elevadas dosis de aplicación de fertilizantes, tienden a incrementar el efecto de esta enfermedad. El desarrollo de esta enfermedad puede ser vertical u horizontal, siendo esta última más rápida y más grave, sobre todo durante la estación húmeda y en parcelas con un contenido elevado de abonos nitrogenados.

Control: Recolectar las plantas afectadas, manejar adecuadamente el agua drenando 5-7 días en el estado de máximo ahijamiento, implementar la siembra en línea en vez de la manual y realizar aplicaciones de superfosfato de calcio (infoagro 1997).

Podredumbre de la vaina: (*Sarocladium oryzae*), se produce en la hoja que envuelve a la panícula. Estas manchas pueden llegar a unirse pudiendo cubrir la mayor parte de la superficie de la hoja, las panículas sólo sufren una podredumbre parcial, aunque puede observarse un polvo blanquecino dentro de la vaina y en la panícula; ataques tempranos impiden la formación de las espigas, producen esterilidad, granos livianos y manchado del grano (infoagro 1997).

Control: Saneamiento del suelo, utilizar altas dosis de potasio y dosis equilibradas de nitrógeno, utilizar cultivares mejorados genéticamente resistentes a la podredumbre, eliminar los rastrojos después de la cosecha, desinfectar la semilla y el mejor control esta asociado con un manejo agronómico adecuado del cultivo (infoagro 1997).

Mancha marrón: (*Cochliobolus miyabeanus*), esta enfermedad produce manchas de forma oval y de color marrón con un centro blanquecino o gris. En ocasiones, numerosas manchas en una hoja causan que éstas se tornen de color blanco. Estas manchas además de aparecer en las hojas, pueden observarse en las glumas, vaina y brácteas de la panícula. Los granos infectados tienen menor peso y como consecuencia menor calidad (infoagro 1997).

Control: Siembra de semilla certificada, ya que esta enfermedad se transmite principalmente por las semillas y controlar las condiciones del suelo (drenaje y nutrientes).

Tungro (*Baciliform badnavirus*): se trata de una de las enfermedades más destructivas del arroz, los síntomas se manifiestan en las hojas, pues estas se tornan de color amarillo o naranja. Esta enfermedad está causada por un complejo vírico formado por el virus esférico (RTSV) y el virus baciforme (RTBV), siendo transmitido este complejo vírico por varias especies de homópteros. El incremento de esta enfermedad está asociado con el incremento de la población del vector (infoagro 1997).

Control: Realizar siembra muy temprana o muy tardía, realizar aplicaciones suplementarias de nitrógeno y aplicaciones tempranas de insecticidas sistémicos.

Nematodos: *Hirschmaniella oryzae*, es un nematodo muy abundante en los arrozales, pues la inundación del terreno es necesaria para que complete su ciclo. *Ditylenchus angustus*, está presente principalmente en arrozales de aguas

profundas. *Aphelenchoides besseyi* está presente en todos los ecosistemas de arroz, alimentándose de forma ectoparásita del meristemo apical del tallo. Seguidamente, emigra a la panícula en desarrollo, penetrando en las espiguillas antes de la antesis alimentándose de los ovarios y los estambres (infoagro 1997).

Durante la maduración del grano, los nematodos entran en estado de anaerobiosis, pudiendo sobrevivir en los granos hasta más de tres años.

Meloidogyne graminicola, *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*, son las especies más importantes de nemátodos de raíz. Los síntomas incluyen clorosis, reducción del crecimiento, retraso en la floración y aumento en el número de granos vacíos. *Pratylenchus indicus* y *Pratylenchus zae* causan lesiones en la raíz y son endoparásitos migratorios, que producen necrosis en las raíces, reduciendo como consecuencia la altura de las plantas y el número de hijos (infoagro 1997).

Control: Eliminar los restos de cosechas anteriores, tratar las semillas con agua caliente a 52 - 57° C durante 15 minutos, después de haber remojado las semillas en agua fría durante 3 horas y realiza rotación de cultivos para reducir los niveles de población (infoagro 1997).

3.9.3 Cosecha.

El momento óptimo de la cosecha del arroz, es cuando la panícula alcanza su madurez fisiológica, es decir, cuando el 95% de los granos en las panojas tengan el color paja y el resto estén amarillentos; y la humedad del grano es de 20 a 27 %. En el país la cosecha se realiza en forma manual o mecanizada de acuerdo con el desarrollo tecnológico o sistema de producción de las diferentes áreas productivas (CENTA 2006).

Después de la cosecha, hay que eliminar parte de la humedad que tiene la semilla, con el objeto de protegerla del ataque de hongos e insectos durante el tiempo de almacenamiento.

La humedad adecuada en la semilla de arroz, es de 12% a la cual se inhibe en alta proporción los procesos metabólicos de la semilla y le permiten permanecer almacenada durante períodos largos sin deteriorarse. En el trópico, sin embargo, la humedad es de 14% (CENTA 2006).

3.9.4 Comercio.

El consumo y comercio del arroz, está diferenciado por los tipos de arroz y por la calidad de los mismos. Se consideran los siguientes tipos de arroz:

De grano largo de perfil indica: éste a su vez, se clasifica de acuerdo al porcentaje de granos partidos y el hecho de que sean o no aromáticos. Este tipo de arroz representa el 85% del comercio mundial de arroz, incluyendo aproximadamente del 10-15% de arroces aromáticos (tipos jazmín y basmati), 35-40% de arroces de alta calidad (menos del 10% de granos partidos) y del 30-35% de arroces de baja calidad.

De grano medio/corto de tipo japónica: el comercio de este tipo de arroces representa solamente una cuota del 15%. El comercio mundial del arroz durante estos 15 años (de 18 millones de toneladas en el 1996 a los 21 millones de toneladas previstas en el 2010), se estima que se incrementará a razón de una tasa anual de 1.11%, tasa de crecimiento significativamente inferior a la actual (8,82%) y refleja el hecho de que el impacto mayor de la liberalización comercial mundial que propugna la OMC (Organización Mundial del Comercio) ya surtió efecto (infoagro 1997).

4. COMPETENCIA DE LAS MALEZAS.

Las principales malezas que se encuentran en los arrozales incluyen ***Ageratum conyzoides***, ***Cyperus difformis***, ***Cyperus iria***, ***Echinochloa colona***, ***Echinochloa crusgalli***, ***Fimbristylis miliacea***, ***Ischaemum rugosum*** y ***Monochoria vaginalis***. El arroz rojo (***Oryza rufipogon***) es una maleza importante en América Latina y el Caribe y en los países de Europa; aparte de la rotación de cultivos, un cultivo cuidadoso y el uso de buena semilla, no existe un control químico adecuado (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] 2003).

Las malezas acompañan en forma casi universal a los cultivos de arroz en las zonas tropicales y en muchos casos su crecimiento es tan prolífico que, solo si son erradicadas en el momento oportuno, se evitan reducciones drásticas del rendimiento. Las malezas compiten con el cultivo y reducen los rendimientos (FAO 2003)

El manejo de las malezas es, por lo tanto, sumamente importante. En Asia, la pérdida directa de la producción de arroz debido a la presencia de malezas en los arrozales se estima en cerca de 20 por ciento con pérdidas que pueden llegar a 40-100 por ciento cuando las malezas no son controladas. El arroz de secano también sufre sensiblemente a causa de la falta de un correcto control de las malezas (FAO 2003).

En los sistemas bajo riego y en tierras bajas donde se practica la siembra directa las malezas son un problema primario porque el arroz y las malezas emergen al mismo tiempo; el control de las malezas por medio de la inundación es difícil en el caso del arroz de siembra directa (FAO 2003).

Las malezas pueden ser controladas por medio de una combinación de prácticas culturales adecuadas por medios mecánicos y químicos, conocida como Manejo Integrado de Plagas (FAO 2003).

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 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 (Doll 1996).

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 aleloquímico (Doll 1996).

Varios autores coinciden en señalar a las malezas como uno de los principales factores que afectan negativamente la producción del maíz. Nieto (1970) indica que las pérdidas en la cosecha de maíz pudieron haber alcanzado 45% en Alemania, 30% en Rusia, 50% en India y 40% en Indonesia, si las malas hierbas no hubiesen sido controladas; además, señala que malezas de los géneros ***Setaria***, ***Echinochloa***, ***Amaranthus*** y ***Cyperus***, causan las mayores pérdidas a escala comercial (Fontana y González 2000).

En el Servicio Shell para el Agricultor (1960) encontraron en doce (12) ensayos de maíz, distribuidos en Cojedes, Portuguesa y Yaracuy, que el rendimiento promedio en las áreas tratadas con herbicidas fue de 3211 kg/ha y donde se usó cultivadoras mecánicas fue de 2416 kg/ha, es decir, un 25% de diferencia. Ésta aun cuando no es señalada en el trabajo, podría ser causada por la interferencia de las malezas que ocurre mientras se inician los pases de cultivadora, los cuales no se pueden hacer antes de las tres semanas de edad del cultivo (Fontana y González 2000).

Ramírez (1972) señala que las malezas ocasionan reducción del rendimiento del maíz entre 18% y 80%, según la zona y el híbrido de maíz usado. Rodríguez (1981), en trabajos realizados durante tres años consecutivos, concluyó que los rendimientos del maíz se redujeron en más de un 70% por efecto de la interferencia (competencia más alelopática de la maleza, siendo mayor tal efecto (hasta 92%) en aquellas parcelas que además de estar enmalezado, no recibieron fertilización. Además la maleza afectó

la calidad de la semilla producida, medida en función del porcentaje del tipo y tamaño obtenido (Fontana y González 2000).

Ennis (1976) y Shaw (1978) concluyeron que en los Estados Unidos las mayores pérdidas anuales de los cultivos, en rendimiento y calidad, son debidas a las malezas, y que el costo para controlarlas es superior al del combate de insectos, fitopatógenos y nematodos.

Ashby y Pfeiffer (1956) afirman que las pérdidas de rendimiento, debido a la competencia de las malezas, son muy altas en el trópico (50% o más), mientras que en la zona templada promedian un 20% (Fontana y González 2000).

Koch *et al* (1982) señalan que las pérdidas debidas a las malezas varían entre 5 y 25%, de acuerdo con el grado de tecnificación de la producción agrícola, pudiéndose perder totalmente la cosecha cuando no se combaten las malezas, u ocurrir pérdidas severas en rendimiento, de no combatirlas a tiempo. Igualmente establecen que en ciertos sistemas tradicionales de siembras en el trópico húmedo, hasta un 70% de la mano de obra es usada para combatir malezas (Fontana y González 2000).

Rodríguez (1984) señala que, según sus cálculos, los gastos por concepto de adquisición de herbicidas usados en Venezuela equivalían, para 1983, a 34 millones de dólares y que alrededor de 60 millones de dólares era el valor de la reducción de los rendimientos, es decir un 17,5 %, de las pérdidas estimadas en el subsector agrícola vegetal en Venezuela (Fontana y González 2000).

Rodríguez y Tovar (1984), luego de analizarlas ventas de plaguicidas en el estado Portuguesa, durante el período de 1978 a 1983, concluyeron que el 52,3% de ese volumen correspondió a herbicidas.

Horowitz (1971) encontró que el coyolillo (***C. rotundus***) contiene sustancias capaces de inhibir el crecimiento de plantas asociadas con él (Fontana y González 2000).

Drost y Doll (1980), en estudios de invernadero, concluyeron que otra especie de coyolillo (***C. esculentus L.***) también es capaz de inhibir el desarrollo del maíz y de la soya, tanto con los residuos mezclados con el suelo como con los extractos obtenidos.

Similares resultados fueron obtenidos por Browmik y Doll (1982), con las especies ***Chenopodium album L***, ***Amaranthus retroflexus L*** y ***Abutilon theophrasti***, siendo mayor el efecto en suelos arenosos que en suelos franco limosos. Los mismos

autores, en 1983, obtuvieron resultados con la temperatura ambiental y la densidad del fluido fotosintetizado (PPFD), que alteran los efectos alelopáticos de las malezas sobre los cultivos de maíz y soya (Fontana y González 2000).

El control de malezas en el arroz no se reduce al uso exclusivo de herbicidas, sino más bien al uso de un conjunto de prácticas que van desde la preparación de suelos, época de siembra oportuna, uso de semilla buena calidad, nivelación adecuada de suelos, etc.

Es importante considerar que el período en el cual el cultivo debe estar libre de malezas va desde los 20 hasta los 50 días después de la siembra. Este período se denomina el Período Crítico de Interferencia (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] 2004)

La primera práctica para iniciar bien el cultivo es el uso de semillas de buena calidad. Esta medida tan simple implicará que tendremos un adecuado establecimiento de la semilla en el cultivo, disminuyendo las pérdidas de emergencia, lo que eventualmente, deja espacios para la instalación de las malezas. Una buena preparación de suelos a través de araduras y rastrajes, permitirá la destrucción de partes vegetativas de las plantas perennes (FAO 2004)

Las malezas pueden causar severas pérdidas de rendimiento al arroz cultivado en relación con la densidad, tipo de malezas y variedades cultivadas. Las variedades bajas son por lo general más susceptibles a la competencia con las malezas, que las variedades altas. Se han llevado a cabo varios estudios para evaluar los efectos de diferentes densidades de malezas. Con 11 plantas/m² de malezas, Abud (1989) observó una pérdida de rendimiento de 43 por ciento (FAO 2004).

En estudios llevados a cabo en Arkansas, Estados Unidos de América, el rendimiento del cultivar semienano 'Lemont' fue afectado por una densidad de malezas tan baja como dos plantas/m² (Kwon *et al.*, 1991). Cinco y 20 plantas/m² de malezas causaron una pérdida de rendimiento de 40 y 60 por ciento, respectivamente, en el cultivar '**Oryzica** 1' (Fisher y Ramírez, 1993). Algunos estudios indicaron que los efectos de la competencia también están estrechamente relacionados con la duración de la interferencia (FAO 2004).

4.1 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).

4.2 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 cacahuetes 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).

5. FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DE LAS MALEZAS

Es sabido que las malezas causan su mayor daño a las plantas cultivables durante ciertos períodos de su crecimiento y las medidas de control durante este período son de especial importancia. Las malezas que se desarrollan en períodos más tardíos del crecimiento de las plantas cultivables, suelen causar daños de menor importancia (Labrada y Parker 1996).

En la agricultura tradicional el conocimiento del denominado "período crítico" permite al agricultor hacer un uso más eficiente de los limitados recursos de que dispone, lo que se revierte en un ahorro sustancial del tiempo y otros gastos por concepto de control de malezas. Si la infestación presente consiste sólo de una especie predominante lo más indicado es el uso del criterio de umbral económico, o sea la densidad de la especie que interfiere significativamente con el cultivo y que justifica plenamente la realización de la medida para su control (Labrada y Parker 1996)

El uso de los umbrales económicos es también apropiado en aquellas áreas donde los herbicidas se utilizan intensivamente, ya que su aplicación tiende normalmente a provocar la presencia de especies tolerantes o resistentes, lo que al final obliga a realizar una aplicación herbicida post-emergente suplementaria (Labrada y Parker 1996)

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).

6. MÉTODOS DE CONTROL DE MALEZAS.

Las pérdidas anuales causadas por las malezas en la agricultura de los países en desarrollo han sido estimadas en 125 millones de alimentos, cantidad suficiente para alimentar 250 millones de personas.

Es bien sabido que las malezas compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, agua y luz. Estas plantas indeseables sirven de hospederas a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables. Sus exudados radicales y lixiviados foliares resultan ser tóxicos a las plantas cultivables (Labrada y Parker 1996).

Las malezas también obstruyen el proceso de cosecha y aumentan los costos de tales operaciones. Además al momento de la cosecha las semillas de las malezas contaminan la producción obtenida. De esta forma, la presencia de las malezas en áreas cultivables reduce la eficiencia de la fertilización y la irrigación facilita el aumento de la densidad de otras plagas y al final los rendimientos agrícolas y su calidad decrecen severamente (Labrada y Parker 1996).

En cualquier sistema agrícola varias operaciones son dirigidas netamente al control de malezas. La preparación del terreno y las labores de cultivo en el ciclo de las plantas cultivables tienen como objetivo principal el combate de malezas (Labrada y Parker 1996).

El control de malezas no desarrollado a tiempo puede causar serios problemas, no sólo a las áreas cultivables donde inciden, sino también a áreas cultivables vecinas. Estos son sólo algunos ejemplos de la importancia del control de malezas practicado a tiempo en cualquier sistema de cultivo. Desafortunadamente, como Akobundu (1987) indica, las malezas son plagas subestimadas en la agricultura tropical (Labrada y Parker 1996).

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 Arroz son:

6.1 Control Manual.

Las malezas deben ser eliminadas durante el período en el cual el cultivo es más sensible a la competencia y la presencia de las malezas esté sobre una densidad tal que causará reducción importante de los rendimientos.

El tiempo preciso y la duración de este período depende de muchos factores, tales como la flora de malezas, las características de crecimiento del arroz y las malezas, prácticas culturales y factores ambientales (Moody 1977).

Es por consiguiente difícil decir cuando después de la siembra del cultivo se deberá deshierbar y el número de veces a realizar esta operación en el período de mayor competencia. Sin embargo es sabido que durante el período de 2 a 6 semanas después del trasplante o la emergencia es que el rendimiento del arroz se afecta más debido a la competencia de las malezas (Moody, citado por Labrada y Parker 1996).

Los métodos de control manual de malezas son todavía practicados, pero son laboriosos y caros en su costo. Un deshierbe en arroz trasplantado realizado en el momento apropiado requiere cerca de 25 días/hombre/ha. Cuando el arroz se trasplanta en filas o hileras, un cultivador rotatorio puede ser usado y la fuerza laboral requerida para el deshierbe de una hectárea podrá ser reducida a sólo 10 días (Moody, citado por Labrada y Parker 1996).

Las plántulas de ***Echinochloa spp.*** son a veces trasplantadas en el campo con plantas de arroz, ya que resulta casi imposible diferenciarlas. Estas son altamente competitivas y causan pérdidas apreciables de los rendimientos del cultivo. El deshierbe manual es laborioso e inefectivo debido a las similitudes morfológicas entre las plantas de arroz y las de ***Echinochloa spp.*** (Moody, citado por Labrada y Parker 1996).

La separación manual de las plántulas de malezas de las del arroz antes del trasplante es una operación inefectiva, laboriosa, consume tiempo y es costosa. Sin embargo el tratamiento de herbicida es barato (70 centavos EE.UU. o menos para tratar 440 m² de semillero) y es practico para el control de las malezas en los semilleros de arroz (Moody, citado por Labrada y Parker 1996).

6.2 Control Mecánico.

Consiste en la utilización de implementos agrícolas para eliminar las malezas emergidas: machete y azadones, pero ésta práctica está limitada a pequeñas áreas, porque regularmente cuando se les controla el perjuicio en el rendimiento ya está hecho (Medina 2009).

6.3 Control Químico.

En muchos casos los herbicidas ofrecen el medio más práctico, efectivo y económico para reducir la competencia de las malezas, las pérdidas de rendimientos y los costos de producción. La adopción del uso de los herbicidas dependerá de su costo relativo al costo de la fuerza laboral, el precio del arroz y de varias limitantes socio-económicas e institucionales (Labrada y Parker 1996).

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 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 áreas, donde la fuerza laboral es escasa y la producción de arroz es más alta que los niveles de subsistencia, los herbicidas resultan ser sustitutos viables de la fuerza laboral.

El uso de los herbicidas es a veces más económico que el deshierbe manual. El nivel de costo-beneficio alcanza hasta más de 15:1 cuando se utilizan herbicidas en arroz de trasplante y en siembra directa- húmeda. En Filipinas, comparado con 4:1 para el de trasplante y menor de 1.0 para el de siembra directa-húmeda con prácticas de desyerbe manual (Labrada y Parker 1996).

De acuerdo a Ruthenberg (1977), para que una nueva práctica de control sea adoptada por el agricultor el nivel de costo- beneficio marginal deberá ser al menos de 2: 1.

Los herbicidas de mayor uso en arroz trasplantado son bensulfuron-metil, pyrazosulfuron-etil, bentazon, butachlor, pretilachlor, 2, 4-D, MCPA, piperophos+ 2, 4 D, propanil, thiobencarb, quinclorac y fenoxaprop-etil. En arroz sembrado directo en seco en tierras bajas se ha logrado un efectivo control de malezas con propanil, thiobencarb, butachlor, oxadiazon y pendimetalin (Labrada y Parker 1996).

En arroz de secano, los herbicidas pre-emergentes más efectivos en el control de las malezas son thiobencarb, pendimetalin, butachlor, oxadiazon y piperophos + dimetametrina, mientras que los post-emergentes con mayor efecto sobre especies gramíneas son propanil y fenoxaprop-etil. El 2, 4 D es ampliamente utilizado en postemergencia para el control de malezas de hoja ancha y ciperáceas (Labrada y Parker 1996).

Antes de utilizar cualquier herbicida, es importante leer la etiqueta para informarse sobre las dosis y momento de aplicación, tipo de cultivo de arroz, espectro de control sobre las malezas y precauciones. A la hora de la aplicación, cuidado debe observarse a fin de evitar el gasto excesivo de herbicidas, prevenir daños al personal que realiza la aplicación y evitar cualquier problema de contaminación en el lugar (Labrada y Parker 1996).

Una mezcla de dos o más herbicidas puede combinar las ventajas de cada compuesto por separado y reducir sus desventajas. El resultado más lógico de la mezcla es un mejor efecto de control sobre las malezas presentes, así como una mejor tolerancia del cultivo a los herbicidas en uso, con menos posibilidades de residuos en el suelo.

Debido a los efectos sinérgicos derivados de la mezcla, la aplicación de ésta puede resultar en el uso de cantidades disminuidas de los compuestos en uso, muy inferiores

a las dosis de cada compuesto cuando se utiliza por separado (Labrada y Parker 1996).

Los herbicidas no deberán ser considerados como sustitutos de otras prácticas de control de malezas, sino que su aplicación deberá ser combinada con las medidas de control existentes. Por ejemplo, en arroz de secano sembrado en seco, los herbicidas no persisten por tanto tiempo como para dar un efecto prolongado de control de malezas. De no utilizarse medidas adicionales de control de malezas (deshierbe manual o mecánico), se podrán registrar reducciones sustanciales de los rendimientos del cultivo (Labrada y Parker 1996).

Otro concepto importante es el de Umbral de Ganancia (UG), el cual es el costo de una medida de control en términos de rendimiento del cultivo. Si un agricultor gasta \$40/ha para eliminar las malezas con herbicidas y el precio del arroz es \$0.40/kg, el Umbral de Ganancia ($UG = c/v$) es 100 kg/ha, el cual es el costo del tratamiento. Si los rendimientos del cultivo son 4 t/h, el costo del herbicida es igual al 2.5% del valor del mismo (Labrada y Parker 1996).

El cultivo de arroz debe mantenerse libre de malezas durante los primeros 45 días del ciclo. En investigaciones realizadas se ha demostrado que las malezas afectan el rendimiento de arroz en un 50% o más en esta etapa.

Tomando en cuenta que el control en forma manual es bastante difícil, es recomendado hacerlo por medio de productos químicos. Se recomiendan específicamente algunos herbicidas que pueden ser aplicados, en mezclas y épocas, dependiendo del tipo de maleza, estado de desarrollo de las mismas y del cultivo de arroz (CENTA2006).

Por su época de aplicación, los herbicidas pueden ser de presiembrado, preemergentes y postemergentes.

Los herbicidas presiembrados: generalmente sistémicos, son aplicados en malezas en crecimiento activo y de preferencia cuando alcanzan como máximo un tamaño de 20-30 cm. Principalmente son utilizados para este fin, glifosatos (Round-up, Ranger, etc) siendo estos químicos de amplio espectro (CENTA2006).

Los Herbicidas preemergente: En cuanto a las aplicaciones de acción preemergente son utilizados el Pendimethalin (2.50 - 3.50 l/ha), Butachlor (2.50 - 3.50 l/ha). Para este tipo de aplicación, principalmente es necesario que el suelo esté húmedo.

Los Herbicidas postemergentes: regularmente son utilizados productos, tales como propaniles (5.5 – 10 l/ha, Bentazon + MCPA (1.5 – 2.0 l/ha), Nominec 4 0 SC (145cc/ha) Fenoxaprop-etyl, éste último en dosis de (1.4 – 1.7 l/ha), específico para gramíneas de difícil control, tales como el ***Ixophorus, Cynodon, Digitaria, Echinochloa***, entre otras.

Es de considerar que para la selección del herbicida, sus mezclas, dosis y épocas de aplicación, deberá realizarse un buen diagnóstico de campo, que nos permita verificar el estado del terreno, tipo y desarrollo de malezas, así como del cultivo (CENTA2006).

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 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 (Caseley 1996).

Es importante mencionar, 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 (Caseley 1996).

En esta investigación se hizo uso de los herbicidas preemergentes PROWL 50 EC (Pendimethalin) y MACHETE 60 EC (Butachlor); y su modo de acción es inhibiendo el crecimiento y causando la muerte de la planta luego de la germinación de la semilla o poco tiempo después de su emergencia del suelo. Afectando el crecimiento radical cuando el meristema de la raíz absorbe el herbicida del suelo.

Además butachlor tiene una alta capacidad para absorberse a las partículas coloidales del suelo, por lo que se lixivia poco dentro del perfil del suelo y es absorbido entre la unión nodal de los cotiledones y el primer nudo del epicotilo de las plántulas en proceso de germinación, inhibiendo el crecimiento del hipocotilo y la radícula, causando de esta forma la muerte la malezas.

7. CONTROL DE LAS MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ.

Las malezas son plantas indeseables que crecen como organismos macroscópicos junto con las plantas cultivadas, a las cuales le interfieren su normal desarrollo. Son una de las principales causas de la disminución de rendimientos del maíz, al igual que en otros cultivos, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrientes y bióxido de carbono; segregan sustancias alelopáticas; son albergue de plagas y patógenos, dificultando su combate y finalmente obstaculizan la cosecha, bien sea ésta manual o mecanizada (Mortimer 1990).

Las malezas generan en la agricultura pérdidas tanto en calidad como en cantidad, de los alimentos y otros rubros producidos, desperdiciándose enormes cantidades de energía sobre todo no renovable. Los costos del combate y los efectos sobre los rendimientos son muy variables pues dependen del agricultor, del manejo de las especies de malezas predominantes, de la superficie sembrada y de las condiciones agroecológicas de la unidad de producción, entre otros factores (Mortimer 1990).

Las malezas constituyen riesgos naturales dentro de los intereses y actividades del hombre (Mortimer 1990).

El combate de las malezas se originó cuando el hombre abandonó la recolección y la caza, haciéndose sedentario y por ello, desde el inicio de la agricultura, el hombre ha dedicado grandes esfuerzos para combatir las: primero en forma manual, posteriormente con el empleo de algunos artefactos, herramientas y equipos para mejorar la eficiencia en su control (Mortimer 1990).

En nuestros días existen equipos sofisticados mecánicos (cultivadoras) para remoción de las malezas, así como sustancias químicas o biológicas que se aplican, sobre el suelo o las malezas, para prevenir o retardar su germinación o crecimiento.

En el transcurso de las últimas cinco décadas se han logrado avances científicos y tecnológicos significativos para obtener sustancias químicas o biológicas que sean menos tóxicas al hombre, menos agresivas al ambiente y, al mismo tiempo, más selectivas respecto a los cultivos donde se usen (Mortimer 1990).

Estas plantas son frecuentemente descritas como dañinas a los sistemas de producción de cultivos y también a los procesos industriales y comerciales. Por ejemplo, en muchos países en desarrollo, las líneas férreas pueden ser objeto de tanta atención en términos financieros, por parte de los técnicos en malezas como la que se

le da a cada unidad de área donde se cultivan plantas de alto valor nutritivo (Fletcher, citado por Mortimer 1996).

Asimismo las malezas acuáticas pueden seriamente obstruir la corriente del agua y ocasionar inundaciones que impiden el drenaje y a través de una sedimentación elevada deterioran gradualmente los canales. Por lo tanto 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 (Fletcher, citado por Mortimer 1996).

Las Malezas pueden considerarse como todas aquellas plantas que provocan cambios desfavorables de la vegetación y que afectan el aspecto estético de las áreas de interés a preservar.

El mayor conocimiento del daño de las malezas proviene de las evaluaciones de pérdidas de cosechas agrícolas. De manera general se estima 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 del arroz fueron de 10,6%, 15.1% en caña de azúcar y 5, 8% en algodón (Fletcher, citado por Mortimer 1996).

8. ALELOPATÍA

8.1 Concepto y generalidades

En la naturaleza, las plantas están expuestas a factores bióticos y abióticos con los cuales han co-evolucionado. La presión de selección ejercida por estos a lo largo del proceso evolutivo provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Se sabe que muchos de los mismos juegan un importante rol en interacciones complejas entre organismos vivos en el entorno natural (Samprieto, 2003).

Entre ellos existen sustancias que producidas por una planta le proporcionan beneficios al provocar determinados efectos sobre otras plantas o animales. Estas sustancias se denominan aleloquímicos y el fenómeno en el cual están involucradas se designa con el nombre de aleloquimia. Las características de un tipo especial de aleloquimia que se establece entre individuos vegetales denominado alelopatía (Samprieto, 2003).

El término alelopatía (del griego *allelon* = uno al otro, del griego *pathos* = sufrir; efecto injurioso de uno sobre otro) fue utilizado por primera vez por Molisch (1937) para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son, ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que liberados por una planta ejercen su acción en otra (Samprieto, 2003).

Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta (donora) que libera al medio ambiente por una determinada vía (por ej. lixiviación, volatilización, exudados radicales, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre la germinación, crecimiento o desarrollo de esta última. Los compuestos que desencadenan el proceso, se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas (Samprieto, 2003).

La definición abarca tanto los efectos perjudiciales como benéficos. Es necesario puntualizar que muchas sustancias con actividad alelopática tienen efectos benéficos a muy bajas concentraciones y superado un determinado umbral, actúan

negativamente sobre la planta receptora. Aun así, predomina en la literatura especializada la descripción de efectos negativos.

Por otra parte el término definido por Molisch incluye a hongos y otros microorganismos además de las plantas superiores, puesto que en su tiempo todos ellos se consideraban miembros del reino vegetal. La confusión aumenta si se tiene en cuenta que muchos agentes alelopáticos además de tener un efecto sobre plantas, también lo tienen sobre otros tipos de organismos distantes a éstas tales como herbívoros e insectos fitófagos. Evolutivamente es lógico esperar por selección natural la preferencia por modelos de defensa basados en sustancias que presentan actividad biológica sobre un amplio espectro de organismos, lo cual implica para la planta una mayor eficiencia en el uso de su energía (Samprieto, 2003).

Grummer propuso una designación específica para los diferentes agentes alelopáticos basada en el tipo de planta productora de los mismos y el tipo de planta aceptora. Sin embargo no tuvo amplia aceptación.

En opinión de Einhellig esto sería consecuencia de que frecuentemente la fuente emisora de un compuesto alelopático no se conoce con claridad. Por ejemplo, compuestos liberados por plantas superiores pueden ser alterados por microorganismos en el suelo antes de que ejerzan su acción sobre la planta receptora. A su vez es difícil establecer la fuente de producción de un compuesto aislado en el medio edáfico.

También la terminología sugerida no permite aclarar el rol de la sustancia con actividad biológica cuando ésta tiene múltiples funciones afectando varios tipos de organismos. Tomando en cuenta el criterio enunciado por Müller, el cual utiliza el término alelopatía para referirse a los efectos nocivos de un compuesto químico producido por una planta superior sobre otra planta inferior (Samprieto, 2003).

En la literatura a veces al analizar las interacciones entre plantas superiores existió cierta confusión en el uso de los términos alelopatía y competencia. Algunos biólogos han considerado que la alelopatía es parte de la competencia. La competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún factor del entorno, debido a su utilización por un individuo vegetal, que es requerido también por otra planta que comparte el mismo hábitat (Samprieto, 2003).

Entre estos factores esta el agua, los nutrientes minerales y la luz. En cambio la alelopatía implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otras, por lo tanto el efecto detrimental en crecimiento y desarrollo en la competencia es debido a la reducción en la disponibilidad de recursos comunes, mientras que en la alelopatía tiene su origen en compuestos químicos liberados por una planta que afectan a otra. Estos conceptos son diferentes entre sí pero desde un punto de vista ecofisiológico se pueden considerar estrechamente ligados y complementarios en su efecto. Para evitar confusiones se utiliza el término interferencia para designar al efecto total de una planta sobre otra, es decir, la suma de efectos debidos a los fenómenos de competencia y alelopatía (Samprieto, 2003).

En la alelopatía existe una planta productora del agente alelopático y otra receptora de diferente especie. Cuando la planta productora y la receptora son de la misma especie estamos en presencia de lo que se puede considerar un caso especial en alelopatía llamado autotoxicidad (Samprieto, 2003).

La definición más tradicional del fenómeno de alelopatía, es la postulada por Rice en 1984, descrito como "cualquier efecto directo o indirecto causado por una planta (incluyendo microorganismos) sobre otras a través de la producción de compuestos químicos que escapan al medio ambiente". Con el espíritu de englobar muchas otras interacciones, una definición más amplia, es la desarrollada por la Sociedad Internacional de Alelopatía en 1996. Definiéndola como: "cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos y agrícolas (Samprieto, 2003).

De este modo, el término de alelopatía se refiere al conjunto de interacciones entre especies de plantas, que en un balance general, se traduce en un efecto perjudicial a una de ellas para aumentar la prevalencia de la especie productora.

Aunque el término alelopatía es comúnmente usado para describir las interacciones químicas entre dos plantas, éste también ha sido usado para describir la comunicación microbio-microbio y planta-microbio. Sin embargo, dependiendo de cada sistema y de las condiciones de trabajo, han sido introducidas otras definiciones para describir el fenómeno, como por ejemplo, en los estudios realizados por Inderjit y Dakshini en sistemas acuáticos, definiendo la alelopatía como "un fenómeno donde las alomonas

generadas por las algas pueden afectar otra alga en su vecindad, su propio crecimiento, la asociación con los microbios, plantas superiores de su vecindad y acumulación y disponibilidad de iones nutrientes; los cuales influyen sobre la distribución, crecimiento y establecimiento de otras algas, microorganismos y plantas" (Samprieto, 2003).

A diferencia de las dos anteriores, esta representa una definición más precisa y detallada del sistema al que hacen referencias (sistemas acuáticos). Así como esta definición, han sido descritas otras, tales como " mecanismo de interferencia mediante el cual una planta libera una sustancia que afecta a otra planta, el efecto negativo de una sustancia liberado por una especie de planta sobre el crecimiento y reproducción de otra, la liberación extracelular de compuestos que inhiben el crecimiento de otros microorganismos, supresión del crecimiento de la planta vecina por la liberación de compuestos tóxicos, la liberación de compuestos químicos por un invasor que tiene efectos perjudiciales sobre los miembros de la comunidad de plantas hospederas y la supresión química de especies de plantas competidoras (Samprieto, 2003).

La bióloga norteamericana Elroy L. Rice amplió la definición: a "Todo efecto directo o indirecto, positivo o negativo, de una planta sobre otra, (incluidos los organismos), ejercido indirectamente por compuestos bioquímicos liberados en el ambiente". Es importante no confundir la alelopatía con parasitismo (Samprieto, 2003).

A partir de estas definiciones es posible extraer tres rasgos imprescindibles a ser tomados en cuenta al estudiar la existencia del fenómeno alelopático: I) la liberación de un compuesto al ambiente encargado de transmitir un efecto, II) la absorción por el organismo receptor y III) provocar un efecto sobre su normal crecimiento. La complejidad del fenómeno resulta de las variables nacientes de cada uno de estos procesos, como por ejemplo, el mecanismo de liberación del aleloquímico y su estabilidad en el ambiente, que definirán los niveles y la forma en que lo absorberá el organismo receptor, y los innumerables modos de acción encontrados, muchas veces dependiente del ente receptor (Oliveros. 2009).

8.2. La alelopatía en la agricultura

Por exudados radiculares se entienden todos aquellos compuestos orgánicos, liberados al medio por las raíces de plantas sanas e intactas. En condiciones no estériles de trabajo, se hace difícil establecer si los compuestos detectados son

realmente excretados por las raíces, o son el resultado de la actividad de microorganismos presentes en el suelo o medio de cultivo (Blanco 2006).

Un gran número de plantas exudan una variada gama de compuestos orgánicos en condiciones estériles de trabajo. Algunos de estos compuestos exudados por las raíces ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies. La bibliografía establece que estos compuestos fitotóxicos son producidos tanto por ciertas especies cultivadas como por especies no cultivadas, entre las cuales se incluyen las malezas (Blanco 2006).

Entre las especies cultivadas que presentan estas características, se pueden citar: el centeno, la avena, la cebada, el maíz, el tomate y el pepino, entre otros. También son varias las especies no cultivadas y malezas que producen exudados radicales inhibitorios para otras especies, entre las cuales se pueden citar: ***Setaria faberii***, ***Sorghum halepense* (L)**, ***Aristida* sp**, ***Bromus* sp** y ***Digitaria sanguinalis* (L.)**.

Son varios los factores que pueden afectar las exudaciones en las raíces producidas por una especie determinada. Dentro de ellos los más importantes serían: edad de la planta, temperatura, luz, nutrición, medio de cultivo y enfermedades en las raíces (Blanco 2006).

8.3 Estudios realizados de alelopatía en la agricultura.

Se evaluó la influencia alelopática de extractos acuosos de girasol en la germinación y el crecimiento de plántulas de trigo, donde se observó que los extractos acuosos de girasol a una concentración de 25, 50, 75 y 100 % mostraron efecto inhibitorio en la germinación del trigo, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos. En el crecimiento de las plántulas no se encontró diferencia significativa en la raíz, por el contrario de las longitudes de las plántulas que son mayores, y estas a su vez no influyen para las masas frescas y secas comparándolas con el testigo (Blanco 2006).

Al estudiar el efecto de extractos acuosos de ***Cyperus rotundus***, ***Sorghum halepense***, ***Cynodon dactilon***, ***Cannaivalia ensiformes*** y ***Brassica napus***, sobre la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas de tomate, se observó que los extractos afectaron con mayor o menor intensidad todos los casos.

Por otra parte, los extractos acuosos de ***Simsia amplexicaulis pers***, ***Oxalis***, ***Cyperus rotundus*** y ***Brassica campestris L.***, provocaron efectos inhibitorios sobre algunos

cultivos como cebolla, frijol, maíz, sorgo y trigo; en cada uno de ellos se afectó la germinación, la longitud, el número de raíces y la altura de la planta (Blanco 2006).

En estudios de campo realizados, se evaluó la interferencia de ***Euphorbia heterophylla*** sobre el cultivo de soya, donde dichos estudios concluyeron que a distancias entre 10, 20 y 40 cm entre la maleza y el cultivo, se hallaron los índices más bajos de materia seca para ambas especies y que el rendimiento de la soya fue afectado cuando se comparó a distancias entre 80 y 100 cm (Blanco 2006).

Ciertas malezas perennes como ***Lantana cámara***, grama falsa o del norte (***Agropyron repens***), el pasto Jonson, la chufa y ciertas mostazas (***Brassica negra***), son particularmente dañinas. Otros géneros que incluyen especies conocidas por sus efectos alelopáticos son: Ambrosia, Avena, Bromus, Helianthus, Palygonum, Portulaca y Setaria. En otros estudios, se han evaluado las interferencias de otras especies de malezas sobre el cultivo de la soya, como es el caso de ***Rottboellia cochinchinensis***, que afectó las masas fresca y seca de la soya sembrada a 20 cm de distancia durante 10 semanas, donde ambas especies redujeron sus pesos en aproximadamente 80 % (Blanco 2006).

Las especies ***Cucúrbita pepo***, ***Cyperus rotundus*** y ***Sorghum halepense*** mostraron potencial alelopático negativo sobre el crecimiento normal del epicotilo de plántulas de tomate; así mismo se comprobó el efecto negativo sobre la normalidad del cultivo, de estas especies y de otras como: ***Parthenium hysterophorus*** y ***Raphanus comunis*** (Blanco 2006).

Algunos estudios llevados a cabo han demostrado que el millo controla el 93 % de la población de la maleza ***Trianthema portulacastrum***, comparada con el maíz, sorgo y caupí (Blanco 2006).

Se experimentó el potencial alelopático del arroz para el control de malezas de varias especies como: ***Heteranthera limosa***, ***Mañana eoecivea***, ***Rottboellia*** y ***Brachiaria platyphylla***; también se observó en pruebas de campo la reducción del crecimiento de dos especies de malezas: ***Echinochloa crus-galli*** y ***Cyperus rotundus***.

En un experimento en condiciones semicontroladas, se demostró que varias especies de ***Sorghum*** tuvieron efectos alelopáticos sobre la germinación, el ahijamiento y la longitud de las raíces en rábano, trigo, arroz y maíz (Blanco 2006).

El fríjol y el sorgo son afectados por los residuos de *Manihot esculentus* y por la propia paja del fríjol; el extracto líquido de la paja del arroz en descomposición, inhibió el crecimiento de tres especies de rizobium en cada lámina de agar y redujo la fijación del nitrógeno en el fríjol negro (Blanco 2006).

Se realizaron varios ensayos, en condiciones de laboratorio, para comprobar el efecto provocado por extractos acuosos, al 5 y 10 %, de *Cyperus rotundus* L, *Euphorbia heterophylla* y *Parthenium hysterophorus* L. aplicados a girasol, maíz, fríjol, soja y algodón. Los mayores efectos inhibitorios lo provocaron las malezas *P. hysterophorus* y *C. rotundus* al 10 % sobre los cultivos de girasol, maíz y algodón, disminuyendo tanto su germinación como la elongación del tallo y las raíces. Al final del ensayo se llegó a la conclusión de que el fríjol y la soja son resistentes al efecto alelopático de estas malezas (Blanco 2006).

En experimentos de campo se demostró que *Phaseolus vulgaris* L. no sobrevivió cuando se sembró junto a *Eucaliptus terricornis*, lo cual se demostró posteriormente en ensayos de laboratorio, donde las hojas de este árbol lixiviaron toxinas que afectaron hasta un 100 % del cultivo. Durante la preparación del suelo, en ocasiones se incorporan altos volúmenes de malezas que potencialmente pueden liberar a estas sustancias alelopáticas (Blanco 2006).

La distribución espacial de los cultivos y la distancia entre hileras, tienen una gran importancia en la regulación de la vegetación indeseable en un sistema de cultivo, no solo por un efecto de competencia, sino por el efecto alelopático que pueden provocar con la distribución y concentración de exudados al suelo. La rotación de cultivos, las plantas de cobertura y los abonos verdes revisten una gran importancia en las tecnologías actuales de la producción agrícola. Sin embargo es necesario tener muy en cuenta las relaciones que se establecen entre las especies que interactúan en estos sistemas (Blanco 2006).

El cultivo de la cebada es afectado por sustancias alelopáticas de cultivos establecidos anteriormente en el mismo suelo. La mayor reducción ocurrió después del cultivo del algodón, pero al entrar en la rotación después de soja, dicho cultivo se vio estimulado. Resultados obtenidos con la paja y residuos de cosecha de arroz inhiben considerablemente la germinación y el crecimiento inicial de la avena y el trigo, y totalmente la lenteja (Blanco 2006).

Después de varios experimentos, se demostró que ***Sorghum hybridus*** presenta un efecto alelopático inhibitorio marcado sobre el cultivo del trigo, y que cuando se emplean sistemas de rotación con ambas especies, se afectan grandemente los rendimientos del trigo, si no se espera el tiempo necesario para eliminar las sustancias tóxicas del suelo. Algunas especies cultivadas han mostrado efectos autotóxicos cuando se cultivan continuamente sobre el mismo suelo (Blanco 2006).

En experimentos realizados, se detectó que cultivos continuos de ***Colocasia esculenta*** provocaban un decrecimiento superior al 50 % de los rendimientos. Al comparar las propiedades químicas del suelo en cuanto a C, N y ácido fosfórico asimilables, las diferencias con respecto al suelo del cultivo en rotación con otras especies, no fueron significativas; sin embargo, encontraron que extractos de ***C. esculenta*** reducen el largo del epicotilo y de las raíces en un 87 y 68 % respectivamente, comparados con el control. Al realizar la prueba con residuos en el suelo encontraron el mismo efecto (Blanco 2006).

En el cultivo de girasol (***Helianthus spp.***) existe poca presencia de malezas, debido a su fuerte acción alelopática contra diversas especies, que puede llegar a ser autotóxica con altas concentraciones (Blanco 2006).

El maíz en particular produce metabolitos secundarios en hojas, raíces y polen (ácido hidroxámico, fenilacético, fenilbutírico y benzóico). Algunos de estos compuestos poseen actividad alelopática, lo que explica el porqué algunos campesinos aseguran que la fructificación de la calabaza (***Cucúrbita pepo L.***), el chayote (***Sechium edule S.W.***) y la sandía (***Citrillus vulgaris L.***) puede ser reducida por el polen del maíz que cae sobre estas plantas o que las hojas de frijol muestren síntomas de intoxicación con el mismo tipo de polen (Blanco 2006).

8.4 Naturaleza química de los agentes alelopáticos.

Los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios y los compuestos conocidos fueron aislados de las plantas y el suelo. La naturaleza química de los agentes alelopáticos es muy variada. A medida que progresan las investigaciones en el tema se incorporan nuevos grupos de sustancias a las cuales no se les atribuía esta actividad biológica. Normalmente la literatura especializada los ordena en los siguientes grupos:

8.4.1 Compuestos alifáticos.

Pocos de estos compuestos son conocidos por su actividad inhibitoria de la germinación de semillas y el crecimiento de plantas. Comprenden varios ácidos (por ej. oxálico, crotónico, fórmico, butírico, acético, láctico y succínico) y alcoholes (tales como metanol, etanol, n-propanol y butanol) solubles en agua, que son constituyentes comunes presentes en plantas y suelo. Bajo condiciones aeróbicas los ácidos alifáticos son rápidamente metabolizados en el suelo, por lo cual no pueden considerarse una importante fuente de actividad alelopática (Samprieto 2003).

8.4.2 Lactonas no saturadas.

La psilotina y psilotinina son producidas por *Psilotum nudum* y *Twesiperis tannensis*, respectivamente. La protoanemonina es producida por varias ranunculáceas. Son poderosos inhibidores de crecimiento aunque el rol de estos compuestos en alelopatía no se conoce completamente (Samprieto 2003).

8.4.3 Lípidos y ácidos grasos.

Existen varios ácidos grasos tanto de plantas terrestres como acuáticas que son inhibitorios de crecimiento vegetal. Se pueden citar entre otros los ácidos linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxisteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado (Samprieto 2003).

8.4.4 Terpenoides.

Las plantas superiores producen una gran variedad de terpenoides, pero de ellos sólo unos pocos parecen estar involucrados en alelopatía. Frecuentemente estas sustancias se aislaron de plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas. Los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, a y bpineno, 1,8-cineol, y dipenteno.

Dentro de las plantas que los producen podemos citar los géneros *Salvia spp*, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*. Un sesquiterpeno destacado es el ácido abscísico una importante [hormona vegetal](#) y también agente alelopático (Samprieto 2003).

8.4.5 Glicósidos cianogénicos.

Entre ellos se encuentran la durrina y amigdalina (o su forma reducida prunasina) de reconocida actividad alelopática. La hidrólisis de estos compuestos da lugar no sólo a cianhídrico sino también a hidroxibenzaldehído que al oxidarse origina el ácido p-hidroxibenzoico, el cual posee por sí mismo actividad alelopática. La durrina es frecuente entre especies tanto cultivadas como silvestres del genero *Sorghum*. Amigdalina y Prunasina son

frecuentes en semillas de *Prunaceae* y *Pomaceae*, actuando como inhibidores de germinación.

La mayoría de los miembros de la familia *Brassicaceae* producen grandes cantidades de estos glicósidos, los que por hidrólisis producen isotiocianato con igual actividad biológica (Samprieto 2003).

8.4.6 Compuestos aromáticos.

Estos comprenden la mas extensa cantidad de agentes alelopáticos. Incluye fenoles, derivados del ácidos benzoico, ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos (Samprieto 2003).

8.4.7 Fenoles simples.

Entre ellos las hidroxiquinonas y la arbutina, se aislaron de lixiviados de *Arctostaphylos* e inhiben el crecimiento de varias plantas (Samprieto 2003).

8.4.8 Acido benzoico y sus derivados.

Derivados del ácido benzoico tales como los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar el pepino, la avena (*Avena sativa*) y el sorgo. También se detectó la presencia de estos frecuentemente en el suelo (Samprieto 2003).

8.4.9 Acido cinámico y sus derivados.

La mayoría de estos compuestos son derivados de la ruta metabólica del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas. Se identificó la presencia de los mismos en pepino, girasol (*Helianthus annuus*) y guayule (*Parthenium argentatum*). Otros derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico, están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son inhibitorios de una gran variedad de cultivos y malezas.

Los efectos tóxicos de estos compuestos son pronunciados debido a su larga persistencia en el suelo y muchos derivados del ácido cinámico han sido identificados como inhibidores de la germinación (Samprieto 2003).

8.4.10 Quinonas y sus derivados.

Varias de las quinonas y sus derivados provienen de la ruta metabólica del ácido shikímico. El ejemplo clásico de estos compuestos es la Juglona y naftoquinonas relacionadas que se aislaron del nogal (Samprieto 2003).

8.4.11 Cumarinas.

La cumarinas están presentes en muchas plantas. La metil esculina fué identificada en **Ruta**, Avena e Imperata. Compuestos tales como escopolina, escopoletina y furanocumarinas tienen capacidad inhibitoria del crecimiento vegetal (Samprieto 2003).

8.4.12 Flavonoides.

Una amplia variedad de flavonoides tales como floridzina (producida por **Malusy** algunas ericáceas) y sus productos de degradación tales como glicósidos de quemferol, quercetina y myrcetina son agentes alelopáticos bien conocidos (Samprieto 2003).

8.4.13 Taninos.

Los taninos, tanto los hidrolizables como los condensados, tienen efectos inhibitorios debido a su capacidad para unirse a proteínas. Taninos hidrolizables comunes tales como los ácidos gálico, elágico, trigálico, tetragálico y quebúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. La mayoría están presentes en suelos de bosques en concentraciones suficientes para inhibir nitrificación. Los taninos condensados, los cuales se originan de la polimerización oxidativa de las catequinas, inhiben las bacterias nitrificantes en suelos forestales y reducen el ritmo de descomposición de la materia orgánica el cual es importante para los ciclos de circulación de minerales en el suelo (Samprieto 2003).

8.4.14 Alcaloides.

Pocos alcaloides se conocen con actividad alelopática. Algunos como la cocaína, cafeína, cinconina, fisostigmina, quinina, cinconidina, estricnina son reconocidos inhibidores de la germinación. La cebada exuda por sus raíces la gramina que inhibe el crecimiento de **Stellaria media**. La cafeína mata ciertas hierbas sin afectar algunas especies cultivadas como, por ejemplo, el poroto (Samprieto 2003).

8.5 Modo de liberación de los agentes alelopáticos.

Una variedad de agentes alelopáticos son sintetizados y almacenados en diferentes células de la planta ya sea en forma libre o conjugada con otras moléculas y son liberados en el entorno en respuesta a diferentes stresses bióticos y abióticos. Muy poco se sabe sobre la liberación de aleloquímicos de tejido viviente, incluyendo los modos de regulación o influencia ambiental sobre esos procesos (Samprieto 2003).

Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies y a través de lixiviados de hojas y exudados de raíces. Eventualmente los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición, incorporándose a la matriz del suelo. Por lo tanto existen 4 vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos, entre ellos tenemos:

8.5.1 Volatilización.

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen Artemisia, Salvia, Parthenium, Eucalyptus y Brassica. Estas sustancias han demostrado también actividad insecticida y como disuasivos alimenticios. La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él (Samprieto 2003).

8.5.2 Lixiviación.

La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides (Samprieto 2003).

8.5.3 Exudados radiculares

La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuido a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta. La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cualitativamente y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces (Samprieto 2003)

8.6 La raíz y sus exudados

La arquitectura radicular de una planta, referida comúnmente como "la mitad oculta", está compuesta por un órgano subterráneo de forma lineal con patrones de arquitectura y crecimiento muy complejos, estando el sistema radicular en sí definido principalmente por el tipo de planta, la estructura del suelo, y las interacciones entre los dos. Mientras que la forma de las hojas y otros órganos pueden ser interpretados como adaptaciones a un ambiente o condiciones ambientales, esta situación no es paralela a lo ocurrido en las partes subterráneas de las plantas (Oliveros 2009).

En el ambiente de la raíz son muy pocas las variaciones significativas encontradas, y por ello, la carencia de variaciones importantes en los rasgos externos o morfológicos de las raíces. Sin embargo, se ha registrado una cierta plasticidad fenotípica, pues el ambiente, aunque macroscópicamente homogéneo, es micro heterogéneo, pero lo suficiente para ser detectado por la raíz durante su crecimiento, tanto en el tiempo como en el espacio, y es gracias a esta plasticidad la que le ha permitido al sistema radicular desarrollar raíces fibrosas llamados "cabellos radiculares", cuya función primordial ha sido asociado al anclaje de la planta con el medio suelo (Oliveros 2009).

Además de esta función, las raíces también poseen otras, no tan obvias, que le confieren una importancia vital para la supervivencia y ecología de la planta, por ser además un sitio con una alta actividad fisiológica, dando origen a la síntesis, acumulación y liberación de compuestos, que interfieren en los patrones poblacionales intra e inter especie (Oliveros 2009).

8.7 Descomposición de residuos vegetales.

Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción (Samprieto 2003)

Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microflora del mismo, que pueden originar productos con actividad biológica mayor que sus precursores. Investigaciones utilizando extractos acuosos vegetales han demostrado que los inhibidores solubles en

agua presentes en la planta de cultivo pueden ser rápidamente liberados durante el proceso de descomposición (Samprieto 2003)

La toxicidad originada en los residuos de plantas proporciona algunos problemas y oportunidades importantes para agrónomos y mateólogos. Por otro lado, también los residuos pueden afectar de igual manera a ciertas malezas (Samprieto 2003)

8.8 Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos.

8.8.1 Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción

Debido a la diversidad de naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora. La comprensión del mecanismo de acción de un compuesto alelopático determinado tiene varios inconvenientes. En condiciones naturales las cantidades en que se encuentran disponibles muchas de estas sustancias son inferiores a las que presentan actividad en bioensayos en laboratorio. Esto se debe a que frecuentemente existen interacciones sinérgicas y aditivas, lo cuál dificulta determinar la actuación de cada compuesto (Samprieto 2003)

Esa presencia mínima de sustancia también dificulta su recuperación para ser utilizados en estudios de efectos fisiológicos y a nivel subcelular. Estudiando un agente alelopático en particular, muchas veces es difícil diferenciar efectos secundarios de la causa primaria de acción (Samprieto 2003).

La importancia del estudio de cómo actúan estas sustancias es evidente si se tiene en cuenta que son aproximadamente sólo doce los sitios moleculares de acción conocidos de los herbicidas actualmente utilizados en agricultura y entre las malezas es logarítmico el ritmo de aparición de resistencias a los productos comerciales en uso. Se deduce fácilmente que la utilización de sustancias con nuevos sitios de acción diferentes a los explotados hasta el momento permitiría reducir el impacto de éste problema (Samprieto 2003)

La literatura nos brinda alguna comprensión de los mecanismos de acción de agentes alelopáticos pero, por todo lo señalado anteriormente, falta todavía más claridad respecto a cómo afectan el crecimiento de las plantas receptoras. Los más estudiados hasta el presente en este aspecto son los compuestos fenólicos (Samprieto 2003).

Es una aproximación interesante seguir la trayectoria de estas sustancias a través de la planta mediante moléculas de las mismas marcadas con C¹⁴. Esto permite entender a qué partes son predominantemente transportados y en qué tejidos es factible que ejerzan su acción. Los primeros estudios de este tipo mostraron que semillas en germinación de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebada son capaces de incorporar cumarina y los ácidos cinámico, cafeico y ferúlico (Samprieto 2003)

Otros trabajos con plantines indican que los ácidos salicílicos, ferúlico y p-hidroxibenzoico son rápidamente extraídos de medios nutritivos y traslocados a través de la planta. Desgraciadamente, no se han utilizado moléculas marcadas con radioisótopos para la mayoría de los agentes alelopáticos (Samprieto 2003).

8.8.2 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos.

Los compuestos fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de Acido Indol Acético (AIA), una fitohormona del grupo de las auxinas. Monofenoles tales como los ácidos p-hidroxibenzoico, vainíllico, p-cumárico y siríngico reducen la disponibilidad de AIA promoviendo su decarboxilación. En contraste, muchos di y polifenoles (p. ej. los ácidos clorogénico, cafeico, ferúlico y protocatéuico) sinergizan el crecimiento inducido por AIA suprimiendo la degradación de la hormona. Estos resultados sugirieron que existiría un control en los niveles de AIA a través del balance entre mono y polifenoles (Samprieto 2003).

La enzima polifenoloxidasas, actúa sintetizando polifenoles a partir de fenoles simples, su actividad regularía por tanto la destrucción y preservación de la auxina (Samprieto 2003).

Ciertos glicósidos de flavonoides como la naringenina, la 2',4,4'-trihidroxichalcona y la floridzina estimulan fuertemente enzimas del tipo AIA oxidasa, involucradas en la degradación de auxinas (Samprieto 2003)

Los ácidos hidroxámicos 6,7-dimetoxi-2-benzoxazolinona (DIMBOA) y 6-metoxi-2-benzoxazolinona (MBOA) modifican la afinidad de unión de las auxinas a sitios receptores de unión de las mismas a [membrana](#). Esta actividad guarda correlación con la inhibición de crecimiento inducido por auxinas en secciones de coleóptilo de avena. Por ello se ha propuesto que la toxicidad de los ácidos hidroxámicos sería debida a la interferencia que provocan en la actividad normal de las auxinas (Samprieto 2003)

El etileno es una importante hormona vegetal cuya síntesis es estimulada por las auxinas en muchos tipos de células vegetales. A pesar de los efectos observados sobre los niveles de éstas últimas descritos anteriormente, hasta el presente no se han detectado cambios que se espera provocarían los mismos sobre los niveles de etileno.

Es importante destacar que el etileno se puede considerar también un agente alelopático, siendo liberado en cantidades significativas por los residuos vegetales en descomposición con capacidad para provocar retardo en la elongación de tallos y raíces (Samprieto 2003).

Varios compuestos fenólicos inhiben la acción de otras fitohormonas, las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por las mismas. Se sabe que los ácidos ferúlico, p-cumárico, vainílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Muchos taninos también lo hacen, provocando paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas tales como la amilasa y la fosfatasa ácida en endosperma de semillas de cebada. En simiente de maíz el ácido ferúlico provoca un efecto similar (Samprieto 2003).

El ácido abscísico (ABA), es una hormona vegetal cuyo incremento en la planta normalmente está asociado a una condición de stress fisiológico. Un stress hídrico conduce a un incremento en los niveles de esta sustancia provocando el cierre de estomas (Samprieto 2003).

Aparentemente la cumarina y varios flavonoides tienen actividad antagónica contra el efecto inhibitorio del ABA y estimulan el crecimiento inducido por el ácido giberélico. La inhibición de crecimiento de plántulas de pepino debida a ácido ferúlico y otros compuestos fenólicos ha sido correlacionada con el incremento en los niveles de ácido abscísico (Samprieto 2003).

En definitiva, parece que muchos compuestos fenólicos son capaces de provocar alteraciones en el balance hormonal de la planta receptora, lo cual en ciertos casos conducen a una inhibición del crecimiento. Tal vez, algunas sustancias de esta naturaleza de origen endógeno tengan algún rol en la regulación del crecimiento en la propia planta productora (Samprieto 2003)

8.8.3 Efectos sobre la actividad enzimática.

Existen muchos compuestos alelopáticos con capacidad de modificar ya sea la síntesis o la actividad de enzimas tanto *in vivo* como *in vitro*. La mayoría de estas sustancias han demostrado un efecto dual sobre la regulación de la actividad enzimática. Provocan un incremento en ésta última cuando se encuentran en bajas concentraciones (Samprieto 2003).

En la situación opuesta se observa una reducción de actividad. Por ejemplo, plántulas de maíz tratadas con ácido ferúlico mostraron un incremento en los niveles de enzimas oxidativas (peroxidasa, catalasa y ácido indol acético oxidasa) junto con una elevación de enzimas de la ruta del ácido shikímico tales como fenil alanina amonio liasa y la cinamil alcohol deshidrogenasa involucrada en la síntesis de compuestos fenilpropanoides. También al ácido ferúlico se le atribuye la inhibición de enzimas hidrolíticas tales como amilasa, maltasa, invertasa, proteasa y fosfatasa ácida involucradas en la movilización de material de alimento (Samprieto 2003).

8.8.4 Efectos sobre la fotosíntesis.

Se han realizado experimentos con plantas enteras, suspensiones de células y cloroplastos para averiguar si los agentes alelopáticos eran capaces de inhibir el proceso fotosintético. Bioensayos con *Abutilon theophrasti* y *Lemna minor* demostraron que varios ácidos derivados del benzoico y el cinámico (p. ej. el ácido ferúlico), escopoletina y clorogénico en bajas concentraciones eran capaces de inhibir la fotosíntesis de plantas enteras (Samprieto 2003).

Experimentos con suspensiones de células foliares de *Abutilon theophrasti*, mostraron que el ácido ferúlico, p-cumárico, clorogénico y vainíllico son capaces de inhibir la fotosíntesis con concentraciones de los aleloquímicos menores a las requeridas para planta entera. Es necesario aclarar que el efecto inhibitorio del agente alelopático sobre la fotosíntesis no necesariamente acontece en los eventos primarios del proceso, sino como resultado de una modificación en los niveles de clorofila o por cierre de los estomas y la subsecuente reducción en la provisión de CO₂ vital para la producción de fotosintatos (Samprieto 2003).

En soja los ácidos ferúlico, vainíllico y p-cumárico reducen el contenido de clorofila. En sorgo, las mismas sustancias no provocan esa disminución. Los ácidos ferúlico, p-cumárico y otros cinámicos a bajas concentraciones revierten el cierre de estomas

mediado por ABA y estimulan la fotosíntesis. A concentraciones altas, sin embargo, provocan el cierre de los estomas e inhibición del proceso fotosintético. La experimentación con cloroplastos permite eliminar la interferencia de los factores indicados (Samprieto 2003).

Los ácidos fenólicos actúan en concentraciones relativamente altas inhibiendo el transporte de electrones lo que sugeriría según Einhellig que el sitio blanco de acción de estas sustancias es otro. Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto. El quemferol, por ejemplo, aparentemente actúa como un inhibidor de transferencia de energía, impidiendo la síntesis de ATP. Un caso especial son las quinonas.

Existen compuestos sintéticos de esta naturaleza que son empleados como herbicidas. Algunas de origen natural son reconocidos agentes alelopáticos como el sorgoleone y la juglona (Samprieto 2003).

El sorgoleone, una benzoquinona presente en los exudados radiculares de sorgo, a concentraciones similares a las empleadas con el herbicida atrazina, es capaz de desacoplar el transporte de electrones en el fotosistema II. La juglona afecta también la evolución del oxígeno en el cloroplasto, sin aparentemente desacoplar la fotofosforilación. Compuestos de otro tipo como el alcaloide gramina también provocan desacople en el transporte de electrones (Samprieto 2003).

8.8.5 Efectos sobre respiración.

Para estudiar el efecto de los aleloquímicos sobre la respiración, normalmente se ensayan los mismos sobre suspensiones mitocondriales. Entre los compuestos fenólicos el orden de mayor a menor actividad es quinonas > flavonoides > cumarinas > ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores a muy baja concentración. Nuevamente el sorgoleone afecta el transporte de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno (Samprieto 2003).

Flavonoides tales como la quercetina, naringenina y umbeliferona inhiben la producción de ATP en la mitocondria (Samprieto 2003).

8.8.6 Efectos sobre procesos asociados a membranas.

Los derivados de los ácidos benzoico y cinámico tienen profundos efectos sobre las membranas. Son capaces de provocar cambios en la polaridad lo cual provocaría alteraciones en la estructura y permeabilidad de las mismas. Otras sustancias como el ácido hidroxibutírico también presente en rastros, provoca efectos similares (Samprieto 2003).

Los ácidos fenólicos tienen un efecto directo sobre la incorporación de iones. Todos los ácidos benzoicos y cinámicos implicados en alelopatía inhiben el ritmo de incorporación de fósforo y potasio en raíces cortadas. También algunos flavonoides inhiben la absorción mineral. La inhibición de las ATPasas de membranas y la alteración en la permeabilidad de las mismas pueden contribuir a la reducción en la incorporación mineral (Samprieto 2003).

Estudios en sorgo muestran que el ácido ferúlico reduce los niveles de fósforo y potasio en la parte aérea y las raíces de la planta después de 3 a 6 días de tratamiento. Los contenidos de magnesio, hierro y calcio también se ven afectados. Se conocen efectos aditivos sobre la incorporación de minerales como el observado en la incorporación de fósforo por plantas de pepino (*Cucumis sativus*) cuando se las trata con una mezcla de los ácidos ferúlico, vainílico y p-cumárico (Samprieto 2003).

Los ácidos fenólicos también pueden alterar el contenido de minerales en la planta receptora. En Caupí (*Vigna sinensis*) bioensayos mostraron que los ácidos cafeico, siríngico, y protocatéuico reducen los contenidos en nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y molibdeno, pero los niveles de magnesio no son alterados (Samprieto 2003).

Experiencias a lo largo de 7 semanas con el ácido clorogénico en *Amaranthus retroflexus* mostraron alteraciones en los contenidos minerales de ésta especie. Los niveles de fósforo descendieron y se incrementaron los de nitrógeno, sin sufrir alteraciones los de potasio (Samprieto 2003).

Los ácidos fenólicos y las cumarinas alelopáticas también provocan alteraciones en el contenido de agua en la planta. Para estudiar su variación se determinaron las relaciones de isótopos de carbono asimilados en tejido foliar. Se observó una alteración crónica en la eficiencia en el uso del agua por exposición sostenida a diferentes aleloquímicos fenólicos a concentraciones cercanas a las que inhiben el crecimiento (Samprieto 2003).

8.8.7 Modelo de acción alelopática de compuestos fenólicos.

Según Einhellig, si bien muchos compuestos fenólicos actuarían a nivel celular simultáneamente en varios blancos alterándola fisiológicamente, parece que algunos efectos son mas importantes que otros y es central la acción que estas sustancias tienen sobre membrana plasmática para provocar la interrupción de la mayoría de los restantes procesos en que están involucrados (Samprieto 2003).

9. HERBICIDAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION.

9.1 Herbicida Prowl 50 EC (pendimethalin).

Pendimethalina es preemergente y es una dinitroanilina. Pertenece a los herbicidas que inhiben el crecimiento de las plántulas, específicamente inhibiendo el crecimiento de las raíces. Según Pitty (1995) el modo de acción de las dinitroanilinas es interferir en el proceso normal de la mitosis, lo cual reduce el crecimiento de las raíces y de la planta en general.

Las raíces, especialmente las laterales, son cortas con poca capacidad de absorber nutrientes. La planta no crece y tiene una coloración morada debido a la falta de fósforo (Cyanamid, 1992).

Por regla general, la incorporación de pendimethalina aumenta su actividad contra las malezas monocotiledóneas al permitir la absorción a través de los meristemas sensibles del tallo (el nudo coleoptilar) y la raíz. En especies dicotiledóneas, en cambio, la incorporación puede disminuir la eficacia debido a la dilución del herbicida

en el perfil del suelo. De manera que el efecto herbicida de pendimetalina depende de la ubicación relativa de los meristemas sensibles y de la colocación del herbicida en el suelo (Cyanamid, 1992).

Es un herbicida no sistémico pre-emergente que controla eficazmente la mayoría de las gramíneas anuales y las principales malezas de hoja ancha en muchos cultivos. Actúa inhibiendo la división celular en los puntos de crecimiento de las raíces (meristemas), en el suelo es fuertemente retenido por los coloides del suelo en los primeros centímetros, con una mínima probabilidad de lixiviación o escurrimiento.

Por su modo de acción no controla malezas ya establecidas ni ciperáceas. Sus residuos en los cultivos al momento de la cosecha generalmente se encuentran por debajo de los niveles detectables (BASF The Chemical company 2001)

Modo de acción:

Es un herbicida selectivo absorbido por las raíces y tallos. Interrumpe la división y la elongación celular en los meristemas del tallo y la raíz de las malezas susceptibles. La Inhibición del crecimiento y muerte de la planta ocurren luego de la germinación de la semilla o poco tiempo después de su emergencia del suelo.

El crecimiento radical se afecta cuando el meristema de la raíz absorbe el herbicida del suelo. La muerte de la maleza ocurre cuando los meristemas del tallo entran en contacto con el herbicida y su crecimiento de interrumpe irreversiblemente (BASF The Chemical company 2001)

Mecanismo de acción:

Es absorbido por raíces y follaje, y se trasloca vía xilema y floema que inhibe la división y enlogación celular en meristemas de tallo y de raíz de las malezas susceptibles. Cuando es absorbido por las raíces, se trasloca rápidamente por la corriente respiratoria hacia los puntos de crecimiento, donde se acumulan. Actúa impidiendo la fotosíntesis y también por contacto, destruyendo los tejidos (ecuaquímica 2009).

Especies Controladas:

El ingrediente activo pendimentalin controla las siguientes malezas:

Gramíneas: *Echinochloa colonum*, *Echinochloa crus – galli*, *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis*, *Ischaemun rugosum*, *Leptochloa filiformis*, *Cenchrus echinatus*, *Cynodon spp*, *Hyparrhenia rufa*, *Ixophorus unisetus*, *Panicum maximum*, *Rottboellia exaltata*, *Setaria sp*.

Malezas de hoja ancha: *Amaranthus sp*, *Portulaca oleracea* (BASF The Chemical company 2001)

Compatibilidad:

Es compatible con la mayoría de herbicidas de uso común. Incompatible con agentes de oxidación fuerte y altamente alcalinos; se recomienda efectuar una premezcla antes de su aplicación.

9.2 Machete 60 EC (butachlor).

Butachlor es un herbicida selectivo y sistémico, que pertenece al grupo de los herbicidas Cloroacetamida. Es un herbicida preemergente que controla gramíneas anuales en germinación y algunas malezas de hoja ancha en diferentes cultivos (Silvestre 2009).

Es altamente eficaz para el control de las malezas anuales más agresivas en el cultivo de arroz. Controla malezas anuales, principalmente aquellas pertenecientes a la familia de las gramíneas, comelináceas y ciperáceas, también controla algunas hojas anchas anuales (Silvestre 2009).

En las plántulas en germinación se absorben fácilmente por la parte aérea y las raíces, pero su movilidad dentro de la planta es limitada. La actividad meristemática se detiene en las puntas de las raíces y tallos, mientras que en las gramíneas generalmente se inhibe la emergencia de las hojas a partir de la vaina foliar, por lo que las malezas no emergen (Silvestre 2009).

Modo de acción:

Su ingrediente activo, el butachlor se absorbe entre la unión nodal de los cotiledones y el primer nudo del epicotilo de las plántulas en proceso de germinación, inhibiendo el

crecimiento del hipocotilo y la radícula. El butachlor inhibe múltiples procesos bioquímicas, en los que se incluye la división y elongación celular, síntesis de proteínas, lípidos, ácidos grasos, terpenos, flavonoides y el balance hormonal, lo cual le confiere alta efectividad en un amplio espectro de malezas.

Es rápidamente descompuesto en el arroz en metabolitos solubles en agua. Tiene una alta capacidad para absorberse a las partículas coloidales, por lo que se lixivia poco dentro del perfil del suelo (Monsanto 2001).

Mecanismo de acción:

Butachlor es un herbicida pre emergente, selectivo y sistémico. Además es un herbicida residual que se absorbe principalmente por los brotes germinales y luego a través de las raíces con traslocación a través de toda la planta concentrándose mayormente en las partes vegetativas que en las reproductivas (Silvestre 2009).

Especies Controladas:

El ingrediente activo Butachlor controla las siguientes malezas:

Gramíneas: ***Cenchrus brownii*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colonum*, *Echinochloa crusgalli*, *Echinochloa cruspavonis*, *Eleusine indica*, *Leptochloa filiformis*, *Ischaemum rugosum*.**

Ciperáceas: ***Cyperus diffusus*, *Cyperus esculentus*, *Fimbristylis annua*.**

Hoja anchas: ***Amaranthus dubius*, *Amaranthus spinosus*, *Ammania coccinea*, *Euphorbia eterophylla*, *Jussiaea linifolia*, *Phyllanthus niuri*, *Physalis angulata*, *Portulaca oleracea*** (Monsanto 2001)

Compatibilidad:

Es compatible con la mayoría de los herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes aplicados en mezclas de tanque o en aspersiones.

10. MATERIALES Y METODOS.

10.1 Ubicación y duración de los ensayos.

La fase experimental de la investigación se realizó en dos etapas, la primera se estableció en la Zona del Distrito de Riego Atiocoyo Norte, específicamente en la parcela ubicada en el caserío Chacalcoyo, Cantón Santa Rosa, Jurisdicción de Nueva Concepción, Departamento de Chalatenango; en el periodo comprendido entre los meses de Enero a Junio de 2009.

La segunda etapa fue realizada en terreno ubicado en Cantón San Bartolo, jurisdicción de Chalatenango, departamento de Chalatenango; en el periodo comprendido entre los meses de Octubre a Febrero 2010.

10.2 Metodología.

10.2.1 Descripción de los Tratamientos.

La primera etapa de la investigación comprendió la aplicación de diferentes dosis de la mezcla de los herbicidas preemergentes Pendimethalin y Butachlor en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego, con el objetivo de determinar cual de las dosis es la mas apropiada para minimizar el efecto de las malezas en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 1: Tratamientos, ingredientes activos y dosis de aplicación utilizados durante la primera fase de la investigación.

▪ T ₁ = 1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha = 5.4 ml de Butachlor + 2.7 ml de Pendimethalin/ 54 mt ²
▪ T ₂ = 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ / ha = 10.8 ml de Butachlor + 5.4 ml de Pendimethalin/ 54 mt ²
▪ T ₃ = 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ / ha = 16.2 ml de Butachlor + 10.8 ml de Pendimethalin/ 54 mt ²
▪ T ₄ = 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha = 21.60 ml de Butachlor + 16.20 ml de Pendimethalin/ 54 mt ²
▪ T ₅ = Siempre limpio.
▪ T ₆ = Siempre sucio.

10.2.2 Metodología de Campo.

La investigación se realizó en dos fases, la primera fase consistió en la aplicación de diferentes dosis de la mezcla de Pendimethalin + Butachlor, en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego. Las actividades realizadas fueron:

10.2.2.1 Selección y preparación del terreno.

Se identificó la parcela donde se estableció la investigación, la cual estuvo conformada de un área de 378 m²; dicha parcela reunía las mismas características como: topografía, fertilidad, humedad, textura, entre otros.

La preparación del terreno se realizó con tres pasos de rastra en toda el área donde se desarrollo la investigación.

10.2.2.2 Delimitación del terreno y siembra.



Figura 1: Delimitación del terreno, de los bloques y los tratamientos.

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 empleó el método 3,4,5 el cual es muy práctico; se utilizaron estacas de madera y pita nylon; estas parcelas fueron debidamente identificadas según el tratamiento aplicado. Las dimensiones de los bloques fueron de 3 m de ancho x 6 m de largo con un espacio entre bloques de 1 m, conformando un área total de 378 m². La siembra se realizó bajo el sistema de siembra al voleo, utilizando la variedad CENTA A - 8.

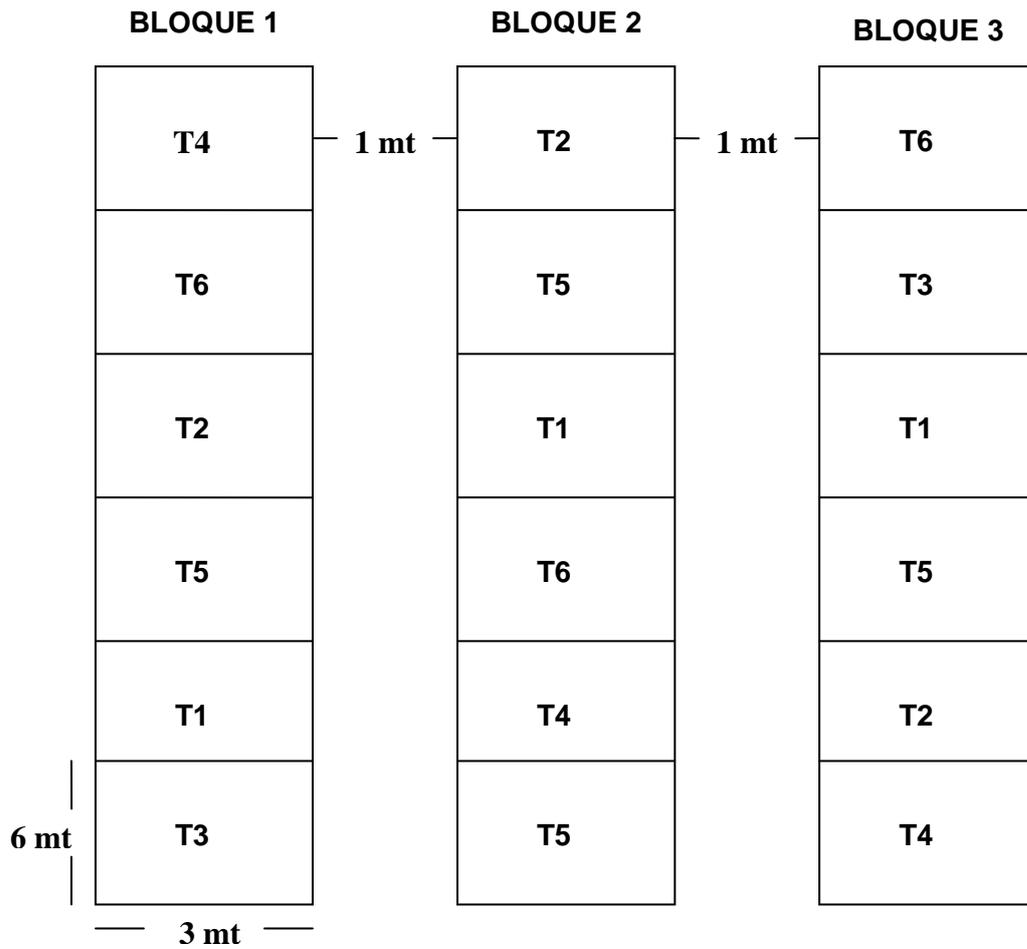


Figura 2: Distribución de los tratamientos bajo el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar.

10.2.2.3 Aplicación de los tratamientos.



Figura 3: Aplicación de las dosis de la mezcla de los herbicidas preemergentes pendimethalin + butaclor.

La aplicación de las diferentes dosis de la mezcla de los herbicidas pendimethalin y butaclor, se realizó 5 días después de la siembra del cultivo de arroz y se realizó una sola vez al inicio del establecimiento del ensayo.

La aplicación se efectuó con bomba asperjadora de mochila previamente calibrada a 40 PSI, con boquilla de abanico TK – VS 3. Al momento de la aplicación de los productos, ya se tenía presencia de malezas, principalmente gramíneas, ya que se habían realizado dos riegos.

10.2.2.4 Fertilización y control de plagas.

Durante toda la fase del cultivo se realizaron tres aplicaciones de fertilizante así:

La primera a los 10 días de nacido el cultivo, con fórmula 16-16-0, la segunda a los 40 días de edad del cultivo con fórmula 16-16-0 + sulfato de amonio y la tercera a los 60 días de edad del cultivo con Urea.

Para el control de plagas se realizaron aplicaciones de plaguicida, fungicida y acaricida, de acuerdo a la incidencia y necesidad del cultivo.

10.2.2.5 Limpieza del tratamiento siempre limpio (T₅).

La limpieza del tratamiento (T₅) siempre limpio, se realizó cada 8 días de forma manual, eliminando todas las malezas existentes en dicho tratamiento.

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

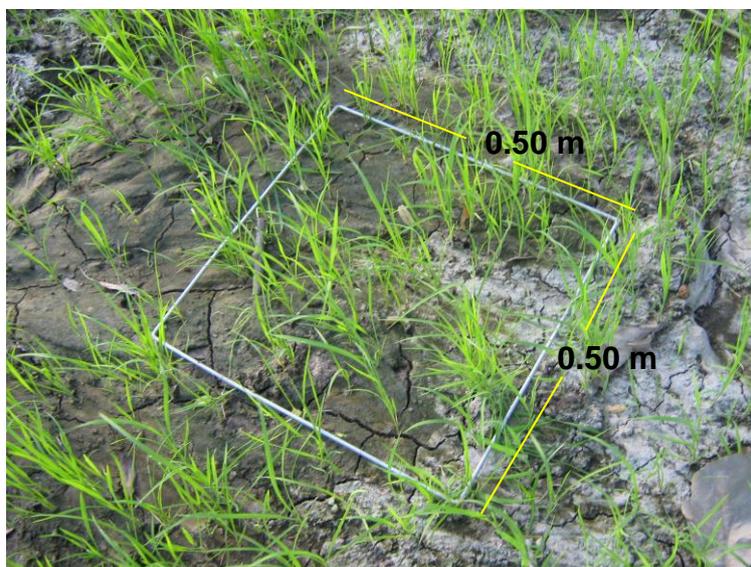


Figura 4: Método del botanal (marco de 0.50 m x 0.50 m)

10.2.3 Segunda etapa de la investigación.

La segunda etapa de la investigación fue realizada en terreno ubicado en cantón San Bartolo, jurisdicción de Chalatenango, departamento de Chalatenango, donde predominaron las condiciones climáticas siguientes: se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Sabana Tropical Caliente ó Tierra Caliente (0 – 800 msnm) la elevación es determinante (240 msnm) (SNET 2010).

De acuerdo a Holdridge (1975) la zona se ubica en la zona de vida de bosque húmedo subtropical caliente, esta es la principal zona de vida de El Salvador, y se caracteriza por presentar una topografía variada su precipitación que va desde 1,400 mm hasta más de 2,000 mm anuales. La zona climática corresponde a la zona de montaña de elevación mediana, mesetas y valles altos 500 a 800 m (Vásquez 2001).

La segunda etapa consistió en la evaluación del efecto alelopático de los exudados radicales de las malezas identificadas con mayor agresividad para el cultivo, las cuales fueron: ***Echinochloa colona***, ***Cyperus esculentus*** y ***Cyperus rotundus***.

Cuadro 2: Tratamientos, plantas donadoras y plantas receptoras utilizados durante la segunda fase de la investigación, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamientos	
Plantas donadoras	Plantas receptoras
T1: <i>Echinochloa colona</i>	Arroz variedad CENTA A – 8
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	Arroz variedad CENTA A – 8
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	Arroz variedad CENTA A – 8
T4: Testigo	Arroz variedad CENTA A – 8

En esta etapa se utilizó la misma variedad de Arroz (CENTA A- 8), el mismo tipo de suelo pero con la variante que se estableció bajo el diseño de “escalera” descrito por Radosevich y Holt (1984), el cual consiste en establecer escalones, donde en la parte superior se colocan las plantas donadoras, en esta caso las malezas y en la parte superior las plantas receptoras (plantas de arroz), para dicha prueba se utilizó la parte superior de botellas plásticas de gaseosa de 2.5 lts, con una profundidad de 0.25 m, las cuales se llenaron hasta la mitad con un volumen de tierra de 0.01552 m³.



Figura 5: Plantas donadoras (malezas) y plantas receptoras (arroz var. CENTA A – 8).

Las plantas donadoras (malezas) utilizadas fueron las que representaron mayor agresividad en la primera etapa de la investigación, las cuales fueron: ***Echinochloa colona***, ***Cyperus esculentus*** y ***Cyperus rotundus***. Dichas malezas fueron transplantadas del área utilizada en la primera etapa, y a los 15 días después de transplantadas las malezas; cuando estas presentaron un 90 % de adaptación al medio transplantado, se realizó la siembra de las plantas receptoras (arroz), sembrando dos semillas por recipiente a una profundidad de tres cm.

En esta etapa no se realizaron aplicaciones de herbicidas, únicamente se realizaron riegos cada seis días, tal como se realizó en la primera etapa, con un volumen de agua de 300 ml, aplicados a las plantas donadoras (malezas); ya que el objetivo principal de esta fase fue evaluar el grado de alelopatía de los exudados radicales sobre la germinación y desarrollo del cultivo de arroz.

10.3 Análisis estadístico.

La investigación se realizó bajo el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar, en ambas etapas, en la primera etapa con seis tratamientos y tres repeticiones. Y en la segunda etapa con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

10.3.1 Análisis de Varianza (ANVA).

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

10.3.2 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 ($P < 0.05$), lo anterior permitió detectar aquellos grupos de medias estadísticamente diferentes.

En el ensayo de campo, las unidades experimentales estaban delimitadas en bloques de parcelas de 3.0 metros de ancho por 36.00 metros de largo, con un área útil de 3.0 metros de ancho por 6.00 metros de largo haciendo un total de 18.0 metros cuadrados, dentro de los cuales se hicieron las aplicaciones de las diferentes dosis de la mezcla de Pendimethalin + Butachlor, los cuales constituyeron los tratamientos y fueron distribuidos en una forma azarizada.

Para la segunda etapa las unidades experimentales estuvieron constituidas por plantas donadoras (maleza) y plantas receptoras (Arroz), las cuales fueron plantadas en la parte superior de envases plásticos de gaseoso de 2.5 lts con una profundidad de 0.25 m, y se llenaron con un volumen de tierra de 0.01552 m³, dentro de estas se transplantaron las plantas donadoras *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, que se colocaron en la parte superior de la escalera y en la parte inferior se colocaron las plantas receptoras (plantas de arroz) las cuales se sembraron a los 15 días de transplantadas las plantas donadoras.

10.4 Descripción de variables.

En la primera etapa de la investigación se realizaron evaluaciones a los 15, 30 y 45 días de edad del cultivo, con el propósito de identificar las malezas con mayor agresividad, durante esta etapa del ciclo vegetativo del cultivo, utilizando el método del botanal (marco de 0.50 m x 0.50 m), dicho marco se lanzaba en forma azarizada dentro del área útil de la parcela en estudio y esto permitió hacer un recuento de las malezas que se encontraban dentro del marco.



Figura 6: Evaluación de las malezas con mayor agresividad en el cultivo, utilizando el método de botanal.

Se identificaron malezas de hojas ancha como son *Lugdvia sp*, *Sphanochloea zeylanica*, *Ammania latifolia*, *Sesbania exaltata* y *Caperonia polustris*, las cuales no presentaron mayor incidencia durante el desarrollo del cultivo.

Sin embargo con las evaluaciones realizadas se identificaron tres malezas, las cuales presentaron mayor agresividad en el desarrollo del cultivo las cuales fueron: *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, ya que a pesar de las aplicaciones de los herbicidas preemergentes siempre estuvieron presentes en todo el ciclo del cultivo, y la maleza *Echinochloa colona* fue la que mayor agresividad presento, ya que se encontró presente en toda el área de la investigación.

10.4.1 Variables evaluadas al momento de la cosecha.

Al momento de la cosecha se tomarón datos, donde se estudiaron las variables: Altura planta de arroz, número de macollas/m², número de panículas/m², número de granos/panícula, porcentaje de cobertura arroz, peso fresco arroz, Peso seco arroz, Altura maleza y porcentaje de cobertura maleza.

10.4.1.1 Altura de la planta de arroz.



Figura 7: Toma de datos de la variable altura de la planta de arroz.

Para la toma de datos de la variable altura de la planta de arroz al momento de la cosecha, se utilizó el método del botanal (marco de 0.50 m x 0.50 m), el cual fue lanzado en forma azarizada en los diferentes tratamientos, donde se seleccionaron al azar cinco plantas de arroz dentro del marco, a las que se les midió la altura, desde la superficie del suelo hasta el ápice mas alto de la planta, para la medición de esta variable se utilizó cinta métrica.

10.4.1.2 Número de macollas/ m².



Figura 8: Conteo del número de macollas/ m².

Para la evaluación de la variable número de macollas / m² al momento de la cosecha, al igual que la variables anteriores se utilizó el método del botanal y el lanzamiento de este se realizó por cuatro veces en cada tratamiento, y se hizo un conteo del número de macollas que se encontraban dentro del marco en cada lanzamiento.

10.4.1.3 Número de panículas/ m².

Al momento de la cosecha se tomaron los datos de la variable número de panículas/ m², de las macollas contabilizadas en la variable anterior, se realizó un conteo de forma manual de las panículas que presentaban estas.

10.4.1.4 Número de granos/ panícula.

Se seleccionaron diez plantas al azar en cada tratamiento, a las cuales se les cosecharon las panículas y se realizó un recuento manual del número de granos que estas presentaban.

10.4.1.5 Porcentaje de cobertura del arroz.

La variable porcentaje de cobertura del arroz, fue evaluada a través del método de estimación visual, determinando el porcentaje del área utilizada por el cultivo.

10.4.1.6 Peso Fresco del grano de arroz.

Realizado el recuento de granos de las diez plantas seleccionadas de cada tratamiento, se tomo el peso fresco de una muestra y luego se mezclaron todos los granos obtenidos y se colocaron en bolsas de de papel Manila y se tomó el peso fresco de la muestra total, para lo cual se utilizó una balanza digital.

10.4.1.7 Peso seco del grano de arroz.

Luego de obtener el peso fresco de la muestra y del total de los granos cosechados de cada tratamiento, se procedió al secado de los mismos; para evaluar esta variable se utilizó una estufa, proporcionada por el laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador; las muestras fueron secadas por un periodo de 24 hr a una temperatura de 100 °C; pasado el periodo de secado de las muestras, estas se extrajeron con pinzas y se tomó el primer peso seco utilizando

una balanza digital. Posteriormente se realizó el mismo procedimiento para la toma del segundo peso.

10.4.1.8 Altura de la maleza.

Al momento de la cosecha se tomó la altura de cinco malezas las cuales fueron seleccionadas al azar, la evaluación de esta variable se realizó utilizando cinta métrica.

10.4.1.9 Porcentaje de cobertura de la maleza.

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 en determinada área y este método consiste en detectar de forma visual los sitios que se encuentran infestados por malezas.

10.4.2 Evaluación del grado de alelopatía de los exudados radicales de las malezas identificadas con mayor agresividad sobre el cultivo de arroz.

Para el desarrollo de esta etapa, se utilizaron las malezas *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, identificadas en la primera etapa como las de mayor agresividad en el cultivo de arroz.

Las variables estudiadas en esta etapa de la investigación fueron: altura de la planta de arroz, peso fresco de arroz, peso seco de arroz, altura de malezas, peso fresco de maleza y peso seco de maleza.

10.4.2.1 Altura de la planta de arroz.



Figura 9: Toma de datos de altura de la planta de arroz a los 45 DDS.

La evaluación de esta variable se realizó a los 45 días después de la siembra del arroz, utilizando una cinta métrica, con la que se midió la altura de la planta desde la superficie del suelo hasta el ápice más alto de la misma.

10.4.2.2 Peso fresco de la planta de arroz.



Figura 10: Toma de datos de peso fresco de la planta de arroz.

En la misma fecha de la toma de datos de la altura de la planta de arroz, se extrajeron estas con todo y raíz, para la toma de su peso fresco; las muestras colectadas fueron colocadas una por una en bolsas de Manila, para luego ser pesadas de forma individual y obtener su peso fresco; para la realización de esta actividad se utilizó una balanza digital.

10.4.2.3 Peso seco de la planta de arroz.

Luego de obtener el peso fresco de las muestras, estas fueron secadas en estufa proporcionada por el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador, a una temperatura de 100 °C durante 24 horas, pasado el periodo de secado de las muestras, estas se extrajeron con pinzas y se obtuvo el peso seco, utilizando una balanza digital.

10.4.2.4 Altura de malezas.

La evaluación de esta variable se realizó a los 45 días de transplantada la maleza, utilizando una cinta métrica, con la que se midió la altura de la maleza desde la superficie del suelo hasta el ápice más alto de la misma.

10.4.2.5 Peso fresco de las malezas.

Se realizó en la misma fecha de la evaluación de la altura de la maleza, extrayendo las malezas con todo y raíz, para la obtención de su peso fresco; las muestras colectadas fueron colocadas una por una en bolsas de Manila, para luego ser pesadas de forma individual y obtener su peso fresco; para la realización de esta actividad se utilizó una balanza digital.

10.4.2.6 Peso seco de las malezas.

Después de obtener el peso fresco de las malezas; estas fueron secadas en estufa proporcionada por el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador, a una temperatura de 100 °C durante 24 horas, pasado el periodo de secado de las muestras, estas se extrajeron con pinzas y se tomo el peso seco utilizando una balanza digital.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las malezas afectan el cultivo de arroz en su desarrollo, rendimiento y calidad del grano, por tal razón están identificadas como uno de los problemas de mayor importancia para dicho cultivo.

Debido a la importancia que representa el combatir esta problemática, la cual se debe controlar desde el inicio del cultivo; se realizó esta investigación en dos etapas; la primera etapa consistió en evaluar la efectividad de la combinación de los herbicidas preemergentes Pendimethalin y Butaclhor; aplicados en diferentes dosis y la segunda etapa, consistió en evaluar el efecto alelopático que presentan los exudados radicales de las malezas identificadas con mayor agresividad sobre el cultivo de arroz.

11.1 Malezas identificadas con mayor agresividad en el cultivo.

Al realizar evaluaciones a los 15, 30 y 45 días después de aplicados (DDA) los herbicidas, se identificaron tres malezas con mayor agresividad en el cultivo, una gramínea *Echinochloa colonum*, la cual presentó la mayor agresividad y dos Cyperáceas *Cyperus rotundus* y *Cyperus esculentus*. Dichas malezas se describen a continuación:

Echinochloa colona. (L). Link. (Galdamez *et al.* 1994; Muñoz y Pitty 1995; Leonardo 1998).



Figura 11: Especie de *Echinochloa colona*.

Familia: Gramineae.

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

Nombres comunes: Zacate pinto, leindrepuerco, arrocillo, grama pintada, paja americana, arroz de monte, paja arroz, pasto colorado, zacate de agua (Muñoz y Pitty 1995).

Descripción Botánica.

Habitat: Es una planta anual, que puede llegar a medir de 20 – 60 cm de alto, y crece en lugares húmedos e inundados, es comun en arrozales, lugares bajos de la costa y hasta 1,100 de elevación. Además puede desarrollarse en lugares con poca incidencia de luz (Muñoz y Pitty 1995).

Raíz: Presenta raíz fibrosa y puede formar raíces en los nudos inferiores.

Tallo: Es hueco o aerenquina y erecto o recostado sobre el suelo, con las puntas ascendentes, ramificado, a veces con raíces en los nudos inferiores y con pelillos en los nudos. Tiene ramificaciones cerca de la base de color verde a morado (Muñoz y Pitty 1995).

Hojas: Son planas, lampiñas o con algunos pelos en la base, borde dentado, algunas presentan líneas moradas, sin lígula, más corta que los entrenudos (Muñoz y Pitty 1995).

Flores: Esta formada por cinco a diez racimos con raquis aplanados; las espiguillas se presentan sin arista o con un pico corto, en cuatro hileras a lo largo de la parte de abajo del raquis; el pedicelo es corto. Las espiguillas no tienen arista; es frecuente encontrar plantas con frutos rojizos (Muñoz y Pitty 1995).

Fruto: Cariopsis verde, a veces rojizo.

Propagación: Semilla.

Es una maleza muy problemática en arrozales. Se ha reportado como hospedero del virus del mosaico de la caña de azúcar y del nematodo *Meloidogyne incognita* (Muñoz y Pitty 1995).

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

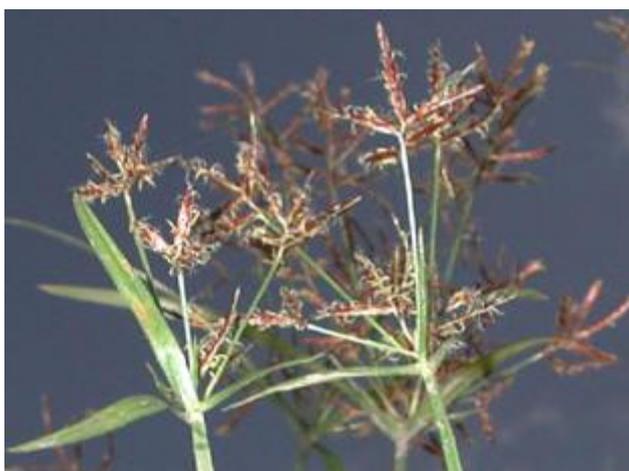


Figura 12: Especie de ***Cyperus rotundus***.

Familia: Cyperaceae.

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

Nombre común: Coyolillo, coquito, coquillo, pimientilla.

Descripción Botánica

Hábitat: Planta perenne, 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 (Muñoz y Pitty 1995).

- 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 (Muñoz y Pitty 1995).
- 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 (Muñoz y Pitty 1995).
- Flores:** Es una úmbela 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 (Muñoz y Pitty 1995).
- Fruto:** Es un aquenio de 1.3 a 1.9 mm de longitud y de 0.9 a 1 mm de ancho, de sección triangular, con la superficie punticulada, de color negro brillante (Muñoz y Pitty 1995).
- Propagación:** Se propaga principalmente por medios vegetativos; la semilla tiene bajo porcentaje de germinación (Muñoz y Pitty 1995).

Esta especie ha sido reportada como la maleza más problemática en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. La planta es sensible a la sombra; en condiciones húmedas el control mecánico favorece la propagación.

Es hospedero del nematodo *Meloidogyne spp.* Los tubérculos producen sustancias alelopáticas, es una planta melífera (Muñoz y Pitty 1995).

Cyperus esculentus (L). (Muñoz y Pitty 1995; Galdámez *et al.* 1994; Leonardo 1998).



Figura 13: Especie de ***Cyperus esculentus***.

Familia: Cyperaceae.

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

Nombre común: Coyolillo, coquito, coquillo, coyolito.

Descripción Botánica

Hábitat: Planta perenne, común en cultivos, rastrojos y pastizales.

Raíz: Rizomas hasta de 20 cm de longitud, cubiertos con escamas envainantes, de 0.3 a 1 mm de grueso, con frecuencia terminando en tubérculos (Muñoz y Pitty 1995).

Tallo: Es triangular, de 1.5 a 3 mm de grueso en el ápice.

Hojas: Son alternas y se desarrollan en series de 3; de 3 a 10 mm de ancho, de color verde pálido y el ápice de la hoja es finamente agudo; la vaina basal es cerrada, pálida a café-rojizo; brácteas 2

a 6, desiguales hasta de 28 cm de largo y de 0.5 a 6 mm de ancho (Muñoz y Pitty 1995).

Flores: Es una úmbela terminal con una espiguilla de color amarillo a café pálido y raquilla alada; las brácteas son más largas que la inflorescencia (Muñoz y Pitty 1995).

Fruto: Aquenio de sección triangular y oblongo, de 1.3 a 2 mm de longitud y de 0.6 a 0.8 mm de ancho, con la superficie punticulada, de color grisáceo o café claro (Muñoz y Pitty 1995).

Propagación: Se propaga principalmente por medios vegetativos.

Esta especie es hospedera de plagas, como también de virosis como el enanismo de la alfalfa y nemátodos en algodón.

Sus tubérculos, llamados "**chufas**" se consumen como alimento en algunas partes de Europa y el norte de África. Las hojas sirven como alimento para ganado, además se le atribuyen cualidades medicinales como diuréticas, diaforéticas y emenagogo. A nivel mundial en interacción con *Cyperus rotundus* provoca una reducción en el rendimiento que oscila entre 0 y 87% dependiendo del tipo de cultivo, época de siembra, densidad poblacional.

11.2 Variables evaluadas en el cultivo de arroz, al momento de la cosecha.

Al momento de la cosecha se evaluaron las variables siguientes: Altura de la planta de arroz, porcentaje de cobertura del cultivo de arroz, número de macollas / m², número de panículas / m², número de granos / panícula, peso fresco del grano de arroz, peso seco del grano de arroz, altura de la maleza y porcentaje de cobertura de la maleza; obteniendo los siguientes resultados:

11.2.1 Variable Altura de la planta de arroz.

De acuerdo al análisis estadístico para la variable altura de la planta de arroz promedio al momento de la cosecha, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.9880$), lo que implica que todos los tratamientos produjeron similar efecto. Sin embargo, al ordenar las medias obtenidas se observa que el tratamiento tres (3 lts de Butachlor + 2 lt de Pendimthalin/ ha), presentó la mayor altura de la

planta de arroz a diferencia del tratamiento cinco (siempre limpio), donde dicha característica fue menor.

Cuadro 3. Altura de la planta de arroz al momento de la cosecha. Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	84.80	A
T1: 1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	80.40	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	80.20	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	78.60	A
T6: Siempre sucio.	78.53	A
T5: Siempre limpio.	77.80	A

En el tratamiento 3 (**3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha**) se obtuvo la mayor altura de la planta de arroz, con una altura promedio de 84.80 cm. Y de acuerdo a lo observado esto se debe a que en dicho tratamiento se presentó un mayor desarrollo de las plantas de arroz, ya que se obtuvo menor influencia de las malezas identificadas con mayor agresividad en el cultivo. Además no se observó toxicidad en el cultivo, por lo que su desarrollo no fue afectado.

Guerrero (2007), estudios realizados en Ecuador, donde se realizaron estudios comparativos de tratamientos herbicidas post – emergentes sobre el complejo de malezas en arroz de riego, donde se utilizó la mezcla de Butachlor + Prowl, se reportaron los resultados siguientes: La altura de planta al momento de la cosecha no mostró diferencias significativas en sus promedios, lo que se debe principalmente porque la mezclas de herbicidas en todos los tratamientos no causó toxicidad al cultivo, no afectando el desarrollo del mismo y dicha mezcla se obtuvo una altura promedio de la planta de arroz de 93.50 cm.

La altura de la planta de arroz también esta influenciada por el porcentaje de humedad en el suelo. El cual en el ensayo realizado no causo interferencia en el desarrollo de planta de arroz, ya que el área del cultivo mantuvo un porcentaje de humedad suelo óptimo para el desarrollo de las mismas, debido a que se realizaban riegos constantes.

En trabajos realizados por Mathews y Boyer (1984), informan que al disminuir el contenido de agua en la planta, se reduce la fotosíntesis y la producción de fotosintatos, afectando el desarrollo de la planta; a lo que agregan Yoshida et al (1981) e IRRI (1986), que este déficit de agua provoca una reducción en la altura de las plantas que se acentúa con la duración del estrés y varía con la etapa de crecimiento; y es más afectada si la variedad ha sido seleccionada sólo para condiciones de riego.

Alfonso (1986) y Ramírez et al (1991), reportan que al someter las plantas de arroz a estrés hídrico durante el desarrollo del cultivo se redujo significativamente la altura de la planta y la producción de materia seca, lo que provocó la disminución en el rendimiento agrícola y su cuantía depende de la variedad y fenofase en que se produce el estrés.

Las malezas son, sin duda alguna, la mayor razón de contracción para el crecimiento de la producción de arroz, interfiriendo con el crecimiento de ese cultivo en diferentes formas: a) Competencia con la luz, nutriente y agua, b) exudación de secreciones tóxicas que deprimen el normal desarrollo de la planta de arroz, c) Altas densidades de malezas crean un óptimo hábitat para el desarrollo de plagas (insectos, hongos y nemátodos), d) Demandan altos costos y labores para su control (Labrada y Parker, 1996).

Para el tratamiento 5 (siempre limpio) se obtuvo la menor altura de la planta de arroz, con un promedio de 77.80 cm. Este resultado se debe a que en dicho tratamiento se realizaban limpiezas cada 8 días de forma manual, eliminando todas las malezas existentes en el tratamiento, lo que provocaba estrés a las plantas de arroz por la eliminación de la maleza, ya que estas eran eliminadas con su sistema radicular; afectando así el desarrollo de las plantas de arroz (Figura 14).

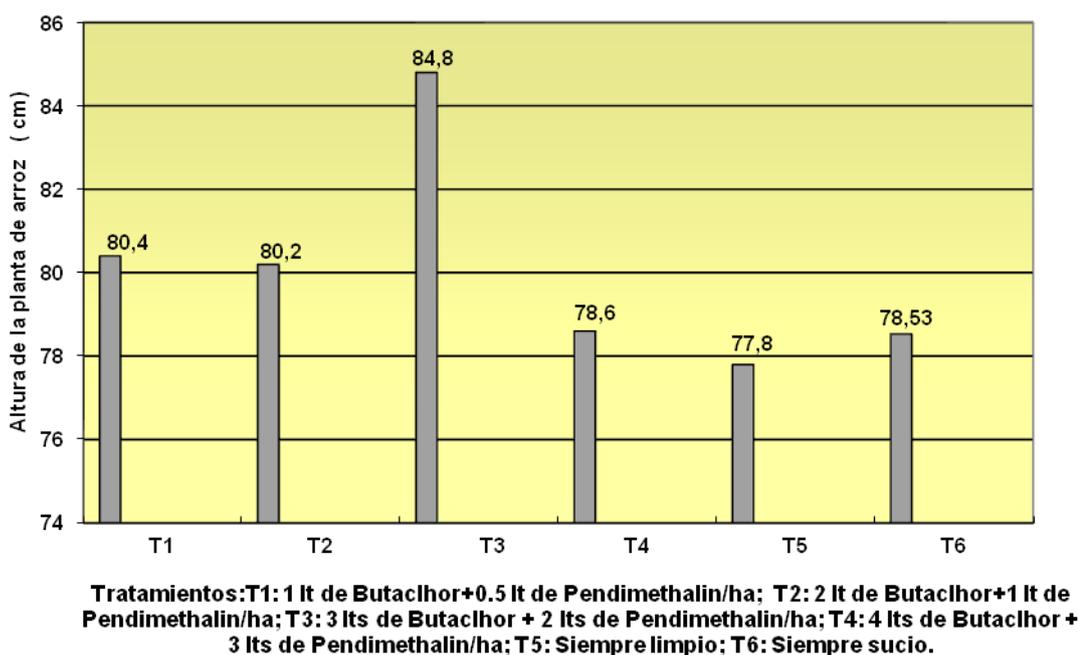


Figura 14: Altura de la planta de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.2.2 Variable porcentaje de cobertura del cultivo de arroz.

Al analizar la variable porcentaje de cobertura del cultivo de arroz al momento de la cosecha, se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.1140$); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento cuatro (4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha), el que presentó el mayor porcentaje de cobertura del cultivo de arroz, el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes dosificaciones de Butachlor + Pendimethalin ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento uno (1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha) es el que presentó el menor porcentaje de cobertura del cultivo de arroz (cuadro 4)

Cuadro 4. Porcentaje de cobertura del cultivo de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	56.67	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	50.00	A
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	46.67	A
T5: Siempre limpio.	43.33	A
T1: 1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	38.33	A
T6: Siempre sucio.	10.00	A

En el tratamiento 4 (**4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha**) se reporto el mayor porcentaje de cobertura del cultivo de arroz, con un porcentaje promedio de 56.67 %, de acuerdo a lo observado en este tratamiento se presentó un mayor control de las malezas, en comparación de los otros tratamientos y dicho tratamiento no presento efectos de toxicidad hacia la planta de arroz, por lo que su desarrollo no fue interferido. Sin embargo se observó presencia de malezas en el tratamiento al momento de la cosecha, principalmente ***Echinochloa colona***, lo cual no fue significativo.

Pruebas similares en esta línea de trabajo se llevaron a cabo en el programa de investigaciones de FEDEARROZ (1987), evaluando los herbicidas preemergentes Prowl, Ronstar, Machete y Saturno, aplicados en condiciones de postemergencia temprana, mezclados con el Propanil al 36%. En ellas, los porcentajes de control de malezas (gramíneas, cyperáceas y hoja ancha) fueron muy altos, y los efectos fitotóxicos sobre el arroz mantienen la misma tendencia, que lo observado en esta investigación.

García y Rivero (1997) en estudio realizados en la Habana, Cuba en el Control de malezas con mezcla formulada y mezcla de tanque propanil 36 ce + butaclor 60 ce en sancti spíritus, se obtuvieron los siguientes resultados: Los tratamientos de pendimentalina en mezcla con clorsulfurón en preemergencia, garantizaron una efectividad bastante elevada en el control de gramíneas, particularmente las del género ***Echinochloa*** y muy buen control sobre ciperáceas, manteniendo muy bajo efecto sobre malezas de hoja ancha a los 10 DDA.

Los resultados son muy similares a los que se alcanzaron con la aplicación del testigo estándar Butachlor, con el cual se obtuvo una elevada efectividad contra malezas gramíneas, satisfactoria contra ciperáceas y pobre ante hojas anchas

Kogan (1993), señala que pendimetalín controla principalmente malezas gramíneas anuales y algunas importantes malezas dicotiledóneas como *Polygonum persicaria*. Es un herbicida fuertemente absorbido a las partículas coloidales, en suelos con contenidos de materia orgánica, superior a 5%. El uso de este herbicida puede restringirse debido a la alta absorción. No requiere incorporación antes de 10-14 días luego de su aplicación. Kogan y Pérez (2003), indican que es un producto absorbido por raíces de plántulas y brotes en emergencia.

En el tratamiento 6 (siempre sucio) se reportó el menor porcentaje de cobertura de cultivo de arroz con un porcentaje promedio de 10.0 %, este resultado se debe a que en dicho tratamiento no se realizó la aplicación de ninguna dosis de Butachlor y pendimethalin, además no se realizaron limpiezas de forma manual; por lo que la proliferación de las malezas y su desarrollo no fue interferido. (Figura 15).

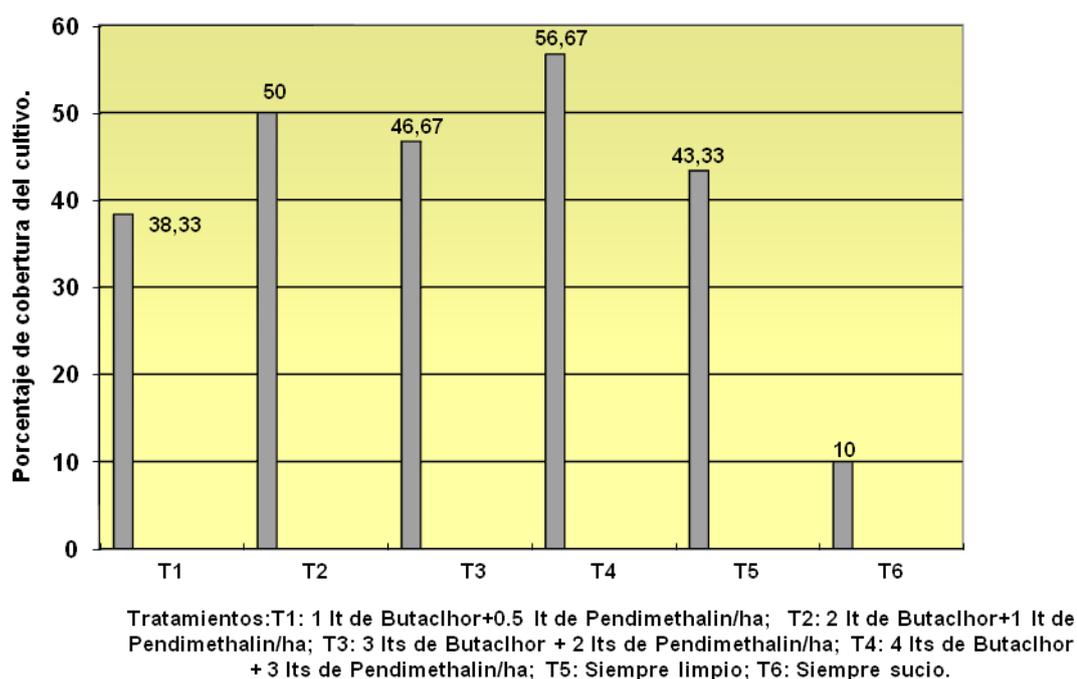


Figura 15: Porcentaje de cobertura del cultivo de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepcion, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.2.3 Variable número de macollas / m².

Al analizar la variable número de macollas / m² al momento de la cosecha, se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.4838$); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento tres (3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin / ha), el que presentó el mayor número de macollas / m², el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes dosificaciones de Butachlor + Pendimethalin ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento seis (siempre sucio) es el que presentó el menor número de macollas / m² (cuadro 5)

Cuadro 5. Número de macollas / m². Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009

Tratamiento	Media	Significancia.
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	20.00	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	19.66	A
T1:		
T1: 1lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	18.66	A
T5: Siempre limpio.	18.66	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	16.00	A
T6: Siempre sucio.	10.66	A

El tratamiento 3 (**3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha**) presentó el mayor número de macollas/ m², este resultado se debe a que en dicho tratamiento se presento el mayor desarrollo de la planta de arroz, obteniéndose además la mayor altura de la planta.

Sin embargo el tratamiento 6 (siempre sucio) presentó el menor número de macollas/ m², con un número promedio de 10.66 macollas/m², los resultados se deben a que en este tratamiento el desarrollo de las plantas de arroz estuvo influenciado por la presencia de las malezas, las cuales no fueron combatidas con ningún método (Figura 16).

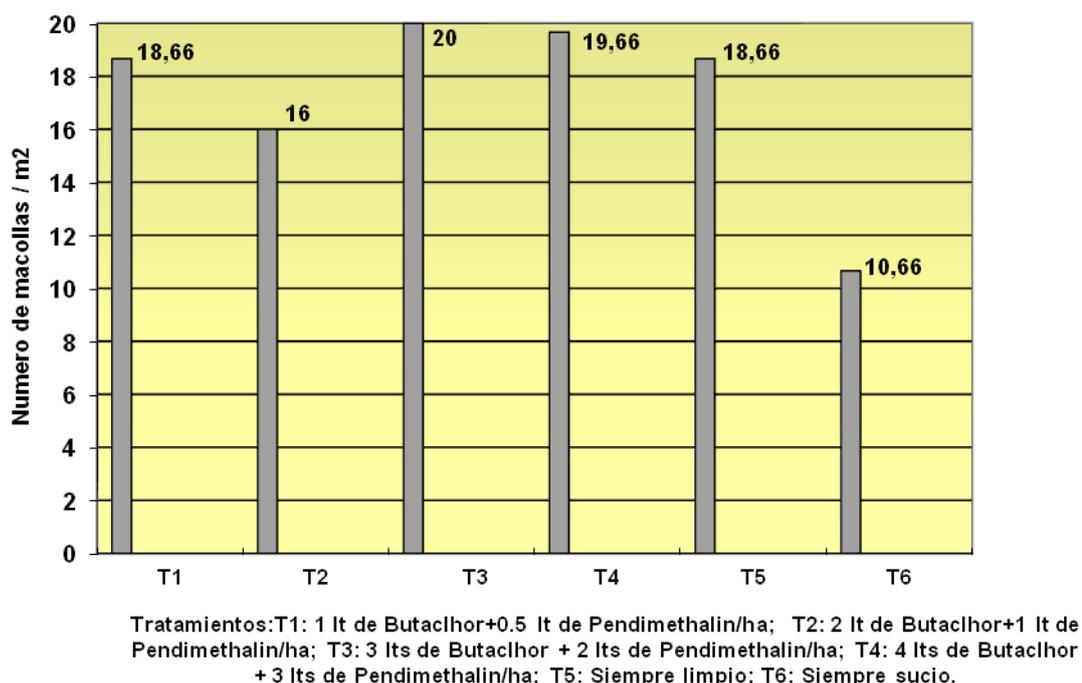


Figura 16: Número de macollas /m² al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009

11.2.4 Variable número de panículas/ m².

Al analizar la variable número de macollas / m² al momento de la cosecha, se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.1917$); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento dos (2 lt de Butaclhor + 1 lt de Pendimethalin/ ha), el que presentó el mayor número de panículas / m², el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes dosificaciones de Butaclhor + Pendimethalin ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento seis (siempre sucio) es el que presentó el menor número de macollas / m² (cuadro 6).

Cuadro 6. Número de panículas / m². Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009

Tratamiento	Media	Significancia.
T2: 2 It de Butachlor + 1 It de Pendimethalin/ ha	100.67	A
T1: 1 It de Butachlor + 0.5 It de Pendimethalin/ ha	93.33	A
T3: 3 It de Butachlor + 2 It de Pendimethalin/ ha	84.00	A
T5: Siempre limpio.	67.33	A
T4: 4 It de Butachlor + 3 It de Pendimethalin / ha	53.67	A
T6: Siempre sucio.	37.67	A

Para el tratamiento 2 (**2 It de Butachlor + 1 It de Pendimethalin/ ha**) se obtuvo el mayor número de panículas / m², con un promedio de 100.67 macollas/ m². y en el tratamiento 6 (siempre sucio) se reportó el menor número de panículas / m², este resultado coincide con la variable anterior, ya que el desarrollo de las plantas de arroz fue influenciado por la incidencia de malezas, las cuales no fueron controladas (Figura 17)

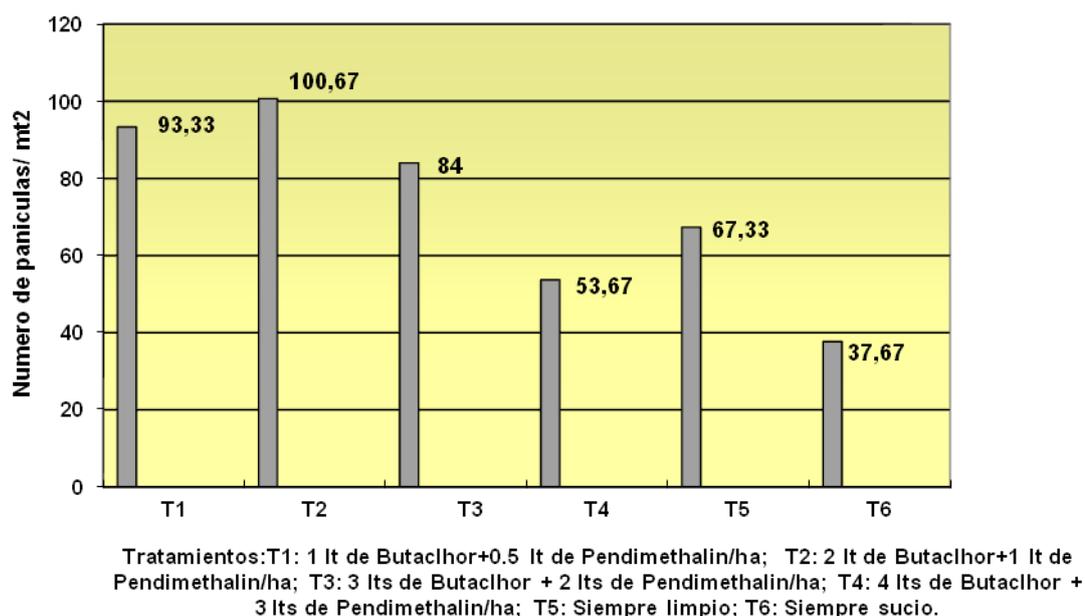


Figura 17: Número de panículas /m² al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009

11.2.5 Variable número de granos / Panícula.

De acuerdo al análisis estadístico para la variable número de granos / panícula promedio al momento de la cosecha, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.6409$), lo que implica que todos los tratamientos produjeron similar efecto. Sin embargo, al ordenar las medias obtenidas se observa que el tratamiento tres (3 lts de Butachlor + 2 lt de Pendimthalin/ ha), presentó la mayor numero de granos / panícula a diferencia del tratamiento seis (siempre sucio), donde dicha característica fue menor (cuadro 7).

Cuadro 7. Número de granos / panícula al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	69.43	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	65.67	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	60.60	A
T5: Siempre limpio.	55.70	A
T1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	54.50	A
T6: Siempre sucio.	36.10	A

Los resultados obtenidos reportan que el tratamiento tres (**3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha**) es el que presentó el mayor número de granos / panícula al momento de la cosecha, con un promedio de 69.43. De acuerdo a lo observado en el tratamiento tres la planta de arroz presentó mayor desarrollo y mayor amacollamiento, por tal razón reporto el mayor número de granos / panícula en comparación de los otros tratamientos.

Por otro lado el tratamiento 6 (siempre sucio), reporto el menor número de granos / panícula. Este resultado se debe a que en dicho tratamiento no se realizó ningún método de control de malezas, por lo que presentó un alto grado de infestación de malezas principalmente del género *Echinochloa*, las cuales interfirieron en el desarrollo de la planta de arroz (Figura 18).

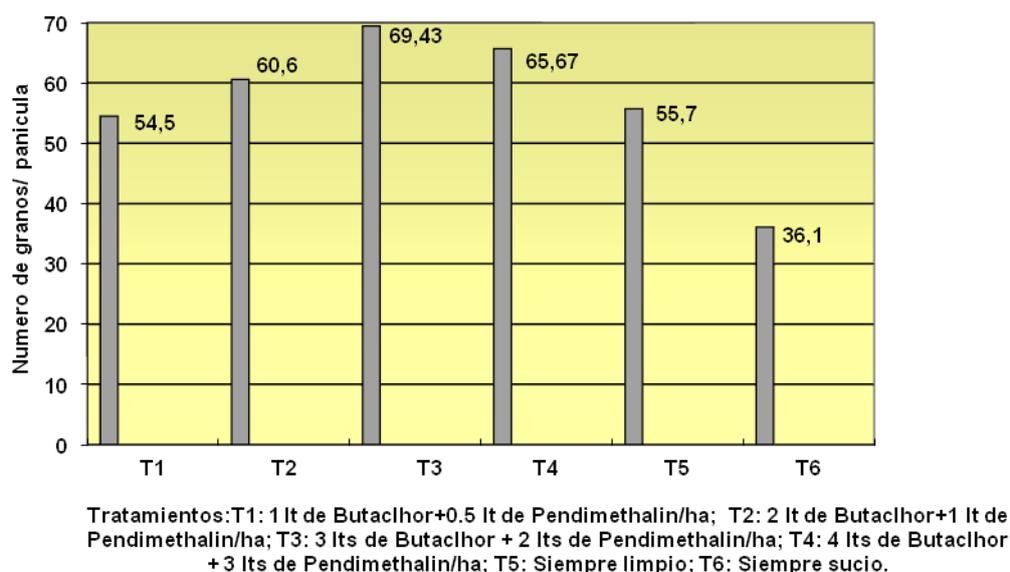


Figura 18: Número de grano / panícula al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.2.6 Variable peso fresco del grano de arroz.

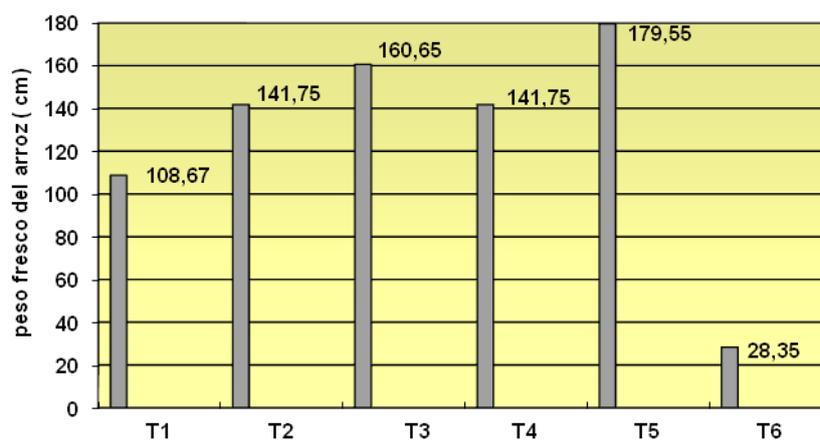
De acuerdo al análisis estadístico para la variable peso fresco del grano de arroz al momento de la cosecha, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.2175$), lo que implica que todos los tratamientos produjeron similar efecto. Sin embargo, al ordenar las medias obtenidas se observa que el tratamiento cinco (siempre limpio), presentó el mayor peso fresco del grano de arroz a diferencia del tratamiento seis (siempre sucio), donde dicha característica fue menor (cuadro 8).

Cuadro 8. Peso fresco del grano de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T5: Siempre limpio.	179.55	A
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	160.65	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	141.75	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	141.75	A
T1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	108.67	A
T6: Siempre sucio.	28.35	A

En esta variable el tratamiento cinco (siempre limpio) se reportó el mayor peso fresco del grano de arroz, con un peso promedio de 179.55 gr, este resultado se debe a que en dicho tratamiento las malezas no presentaron interferencia en el desarrollo de la planta de arroz, ya que las malezas se eliminaban cada 8 días, por lo que se obtuvo un buen desarrollo de las plantas.

Sin embargo el tratamiento seis (siempre sucio) reportó el menor peso fresco del grano de arroz, con un peso promedio de 28.35 gr, este resultado se debe a que las malezas no fueron controladas con ningún método, lo que generó una competencia con el cultivo; y el desarrollo del cultivo fue mas lento que el de las malezas, por lo que estas inhibieron en cierta manera el desarrollo de la planta de arroz (Figura 19).



Tratamientos: T1: 1 lt de Butaclhor+0.5 lt de Pendimethalin/ha; T2: 2 lt de Butaclhor+1 lt de Pendimethalin/ha; T3: 3 lts de Butaclhor + 2 lts de Pendimethalin/ha; T4: 4 lts de Butaclhor + 3 lts de Pendimethalin/ha; T5: Siempre limpio; T6: Siempre sucio.

Figura 19: Peso fresco del grano de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009

11.2.7 Variable peso seco del grano de arroz.

De acuerdo al análisis estadístico para la variable peso seco del grano de arroz promedio al momento de la cosecha, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($pr < 0.3208$), lo que implica que todos los tratamientos produjeron similar efecto. Sin embargo, al ordenar las medias obtenidas se observa que el tratamiento tres (3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha), presentó el mayor peso seco de la planta de arroz a diferencia del tratamiento seis (siempre sucio), donde dicha característica fue menor (cuadro 14).

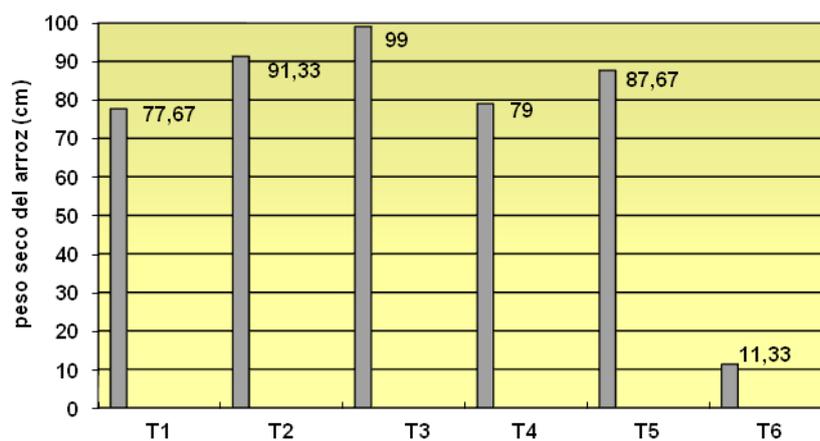
Cuadro 9. Peso seco del grano de arroz al momento de la cosecha del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	99.00	A
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	91.33	A
T5: Siempre limpio.	87.67	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	79.00	A
T1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	77.67	A
T6: Siempre sucio.	11.33	A

Los datos obtenidos reflejan que el tratamiento 3 (**3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha**), presentó el mayor peso seco del grano de arroz, con un peso promedio de 99.00 gr, y coincide con la variable número de macollas / m² donde dicho tratamiento reporto el mayor número de macollas. Por lo que se puede decir que el peso seco del grano de arroz esta relacionado con el macollamiento de la planta.

En arroz según lo reportado por Chida (1993), la producción de materia seca por día es baja en los estadios tempranos de crecimiento y la mayor producción se alcanza en el máximo ahijamiento, después del cual decrece.

Para el tratamiento 6 (siempre sucio) se reportó el menor peso seco del grano de arroz, con un peso promedio de 11.33 gr. Al igual que el tratamiento 3, en la variable número de macollas / m², el tratamiento 6 reporto el menor número de macollas, así como también en la variable porcentaje de cobertura de la planta de arroz, dicho tratamiento presentó el menor porcentaje. Este resultado se debe a que las malezas no fueron controladas con ningún método, lo provocó un mayor desarrollo de estas, afectando las plantas de arroz (Figura 20).



Tratamientos: T1: 1 lt de Butaclhor+0.5 lt de Pendimethalin/ha; T2: 2 lt de Butaclhor+1 lt de Pendimethalin/ha; T3: 3 lts de Butaclhor + 2 lts de Pendimethalin/ha; T4: 4 lts de Butaclhor + 3 lts de Pendimethalin/ha; T5: Siempre limpio; T6: Siempre sucio.

Figura 20: Peso seco del grano de arroz al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.2.8 Variable Altura de la maleza.

Para la variable altura de maleza al momento de la cosecha, no se encontró diferencias estadísticas significativas ($Pr < 0.3870$); es decir, que todos los tratamientos produjeron similar efecto; sin embargo al realizar la comparación de medias para los tratamientos a través de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), se encontró que el tratamiento dos (2 lt de Butaclhor + 1 lt de Pendimethalin/ ha), presentó la mayor altura de la maleza, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 6, 4, 3, 1, sin embargo el tratamiento cinco (siempre limpio) es el que presentó la menor altura de maleza (Cuadro 10)

Cuadro 10: Altura promedio de malezas en 0.25 metros cuadrados al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	101.20	A
T1: 1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	97.80	A
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	88.87	A
T6: Siempre sucio.	83.33	A
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	78.07	A
T5: Siempre limpio.	74.67	A

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 el primer riego fue realizado 8 días antes de la aplicación de los herbicidas.

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.

En investigaciones realizadas por Esqueda en 1996 y 1997, en estudios realizados en el control de malezas en arroz de temporal con Clomazone, solo y en mezcla con propanil y 2,4-D¹, donde se utilizó Pendimetalin a razón de 1,58 kg i.a/ ha, se obtuvo:

Que Pendimetalina aplicada en preemergencia tuvo un efecto temporal sobre **Cyperus iria**, ya que mientras que a los 15 DDA, este herbicida mostraba controles de 97 %, a los 45 DDA, su control se redujo a 30 % y su efecto se había perdido completamente a los 60 DDA.

El control de **E. colona** por pendimetalina en preemergencia fluctuó entre 85 % con la dosis de 0,48 kg/ha y 99% con la dosis de 0,96 kg/ha. A los 60 DDA, este herbicida a las dosis de 0,72 y 0,96 kg/ha todavía mostraba controles de **E. colona** superiores al 90%, mientras que con la dosis de 0.48 kg/ha el control se redujo al 79%.

En conclusión Pendimetalina tuvo un control de bueno a regular de **E. colona**, un efecto temporal sobre **C. iria** y no afectó a **C.rotundus**, **M. fasciata** y **S. setulosociliata**.

Torres en 2002, en estudio realizado en la evaluación de herbicidas para el control de malezas en arroz (**Oriza sativa L**), en la costa de Nayarit, se observó que Prowl (Pendimethalin), mostró buen control de maleza en los primeros 25 días de la aplicación, pero entre los 25 – 30 días aparecieron nuevas emergencias de malezas.

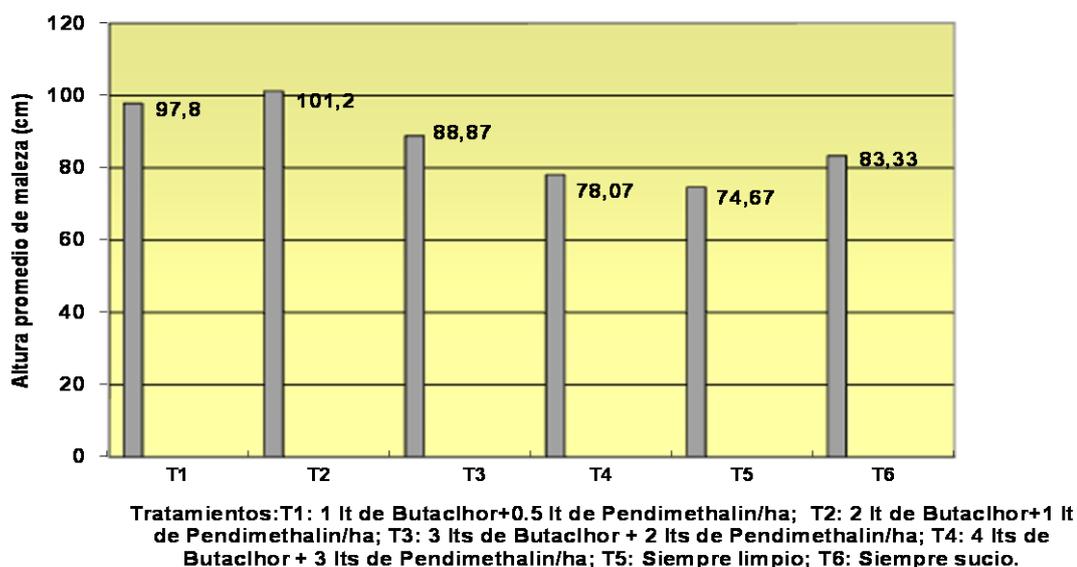


Figura 21. Altura de malezas al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.2.9 Variable porcentaje de cobertura de la maleza.

Al analizar la variable porcentaje de cobertura de la maleza al momento de la cosecha, se encontró que existen diferencias altamente significativas ($Pr > 0.0137$); 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 seis (**siempre sucio**) es el que presentó el mayor porcentaje de cobertura la maleza, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 1, 4, 2 y 3. El tratamiento cinco (**siempre limpio**) es el que presentó el menor porcentaje de cobertura de la maleza (Cuadro 11).

Cuadro 11: Porcentaje de cobertura de la maleza al momento de la cosecha, Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.	
T6: Siempre sucio.	48.33	A	A
T1: 1 lt de Butachlor + 0.5 lt de Pendimethalin/ ha	18.33	A	B
T4: 4 lt de Butachlor + 3 lt de Pendimethalin / ha	10.00		B
T2: 2 lt de Butachlor + 1 lt de Pendimethalin/ ha	10.00		B
T3: 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha	9.33		B
T5: Siempre limpio.	8.33		B

De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento seis (Siempre sucio) presentó el mayor porcentaje de cobertura de la maleza, con un porcentaje promedio de 48.33. Este se debe a que en este tratamiento no se aplicó ningún método de control de malezas, por lo que se reportó un alto grado de infestación.

Sin embargo en el tratamiento cinco (siempre limpio) se reportó el menor porcentaje de cobertura de la maleza, con un porcentaje promedio de 8.33. Este resultado se atribuye a que en dicho tratamiento se realizaron limpiezas cada 8 días eliminando todas las malezas existentes (Figura 21).

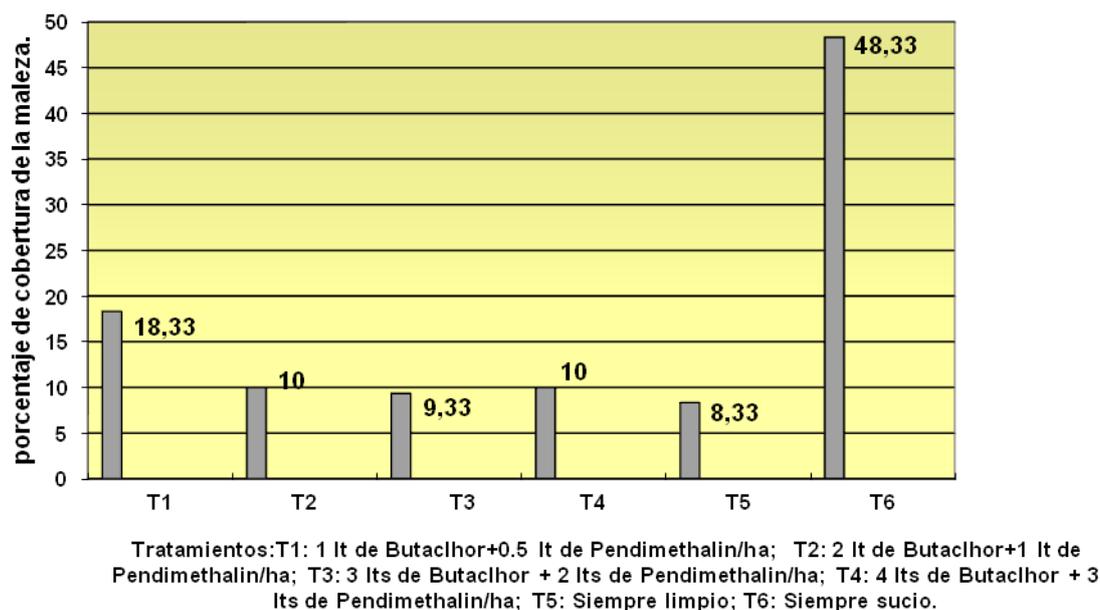


Figura 22. Porcentaje de cobertura de la maleza al momento de la cosecha, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3 Evaluación del efecto alelopático de los exudados radiculares de las malezas *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, sobre el cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

Luego de identificar las malezas de mayor agresividad en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la primera etapa, se evaluó el efecto alelopático de los exudados radicuales de estas sobre el cultivo.

Se realizó bajo el diseño de “escalera” descrito por Radosevich y Holt (1984), el cual consistió en el transplante de las malezas *Echinochloa colona*, *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus*, identificadas con mayor agresividad en el cultivo, las cuales fueron colocadas en la parte superior como plantas donadoras y la siembra de arroz variedad CENTA A - 8 en la parte inferior como plantas receptoras. Se utilizaron 4 tratamientos y 3 repeticiones.



Figura 23: Distribución de los tratamientos

Donde se estudiaron las variables siguientes: altura de la planta de arroz, peso fresco de la planta de arroz, peso seco de la planta de arroz, altura de la maleza, peso fresco de la maleza y peso seco de la maleza; obteniéndose los siguientes resultados:

11.3.1 Variable altura de la planta de arroz.

Para la variable altura de la planta de arroz, la cual se tomó a los 45 días después de la siembra (DDS), se encontró diferencias altamente significativas ($Pr < 0.0149$); 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 tres (*Cyperus rotundus*) es el que presentó la mayor altura de la planta de arroz, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 2 y 4. El tratamiento uno (*Echinochloa colona*) es el que presentó la menor altura de la planta de arroz (Cuadro 2).

Cuadro 12: Altura de planta de arroz (*Oryza sativa*) a los 45 días después de la siembra (DDS), Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.	
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	57.66	A	
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	53.66	A	B
T4: Testigo	53.66	A	B
T1: <i>Echinochloa colona</i>	51.00		B

La siembra del arroz se realizó a los 15 días después de transplantadas las malezas, y la maleza ***Echinochloa colona*** es la que presentó mayor desarrollo radicular al momento del transplante, el cual es muy fibroso; considerándose una maleza muy problemática en arrozales. Se ha reportado como hospedero del virus del mosaico de la caña de azúcar y del nemátodo ***Meloidogyne incognita*** (Muñoz y Pitty 1995).

De acuerdo a lo observado en el ensayo se puede inferir que el tratamiento uno (***Echinochloa colona***), reportó la menor altura de la planta de arroz, con una altura promedio de 51 cm. Este resultado se atribuye a que ***Echinochloa colona*** presento un sistema radicular mas desarrollado que las otras malezas, por lo que se considera produjo un efecto inhibitorio en el desarrollo de la planta de arroz, sin embargo no afecto su germinación.

El potencial alelopático de exudados radicales fue estudiado por Miquilena y Lazo (2005), quienes encontraron que las malezas ***Amaranthus dubius***, ***Echinochloa colona*** y ***Trianthema portulacastrum*** influían sobre el porcentaje de germinación y la longitud radical de las especies cultivadas cebolla, pepino, lechuga, tomate y arroz.

Los resultados permitieron concluir que los extractos metanólicos de las plantas donadoras ejercieron efectos potencialmente alelopáticos, estimulatorios e inhibitorios sobre la longitud radical de las especies indicadoras, según el tratamiento aplicado, el sustrato utilizado y la especie receptora (Miquilena y Lazo 2005). Lo cual concuerda con las apreciaciones realizadas por Koitabashi, **et al**, (1999), quienes afirman que la mayoría de las sustancias con efecto alelopático actúan principalmente a nivel del crecimiento radical (Asociación Latinoamericana de Malezas [ALAM] 2005).

Además Inderjit, Darshini y Foy (1999), indican que los componentes bióticos y abióticos del suelo pueden interactuar para detoxificar o incrementar el efecto inhibitorio de los aleloquímicos liberados durante la biodegradación microbiana que ocurre en el suelo (ALAM 2005).

Estos cambios en la respuesta de las especies indicadoras, bien sea por incremento o disminución del crecimiento radical, coinciden con lo expresado por Inderjit (2001), quienes afirman que en muchos casos los aleloquímicos en su movimiento a través del suelo pueden ser transformados y metabolizados por los microorganismos que son capaces de detoxificar o incrementar la fitotoxicidad de los metabolitos liberados.

De acuerdo a estos resultados se señala que los mismos concuerdan con las apreciaciones realizadas por Schmidt y Ley (1999), quienes afirman que el contenido mineral y los microorganismos en el suelo limitan la expresión de los aleloquímicos (ALAM 2005).

Por tal razón Cheng (1992) propuso una metodología para el estudio de los aleloquímicos en el suelo, integrando todos los procesos involucrados desde la producción del compuesto hasta su llegada a la planta de interés.

El tratamiento tres (***Cyperus rotundus***) reportó la mayor altura de la planta de arroz, con una altura promedio de 57.66 cm; este resultado se atribuye a que la maleza (***Cyperus rotundus***) presentó menor desarrollo a los 15 días después de transplantado, al igual que su sistema radicular; por lo que se considera que los exudados radicales de dicha maleza no produjeron efecto alelopático en la germinación y desarrollo de la planta de arroz (Figura 15).

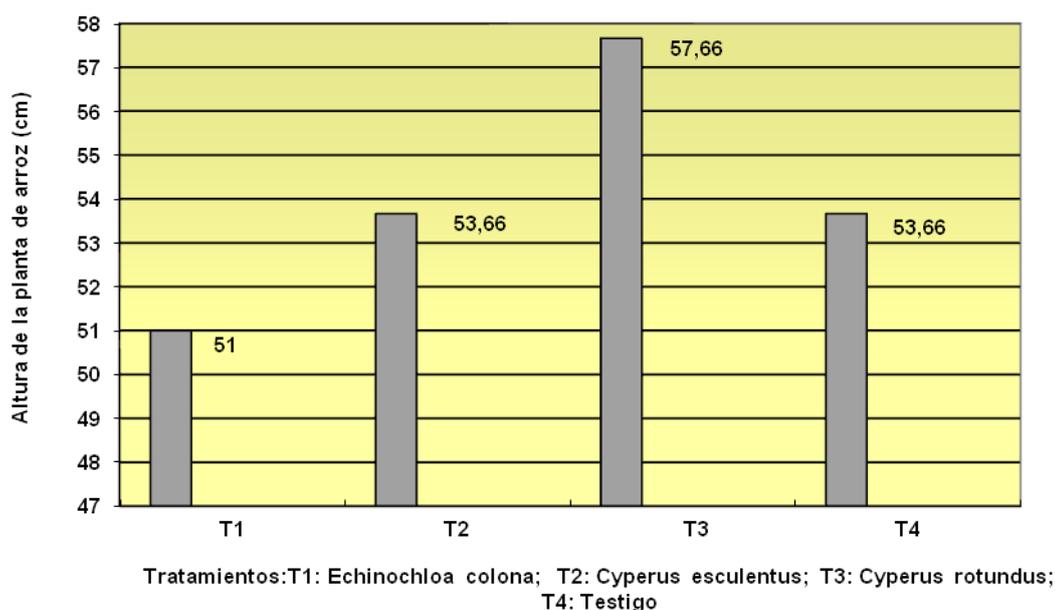


Figura 24: Altura de la planta de arroz (*Oryza sativa*) a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3.2 Variable peso fresco de la planta de arroz.

Para la variable peso fresco de la planta de arroz, la cual se tomó a los 45 días después de la siembra (DDS), se encontró diferencias altamente significativas ($Pr < 0.0068$); 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 tres (*Cyperus rotundus*) es el que presentó el mayor peso fresco de la planta de arroz, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 2 y 4. El tratamiento uno (*Echinochloa colona*) es el que presentó el menor peso fresco de la planta de arroz (Cuadro 3).

Cuadro 13: Peso fresco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.	
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	5.13	A	
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	4.26	A	
T4: Testigo	3.93	A	
T1: <i>Echinochloa colona</i>	3.70		B

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que el tratamiento tres (***Cyperus rotundus***) presentó el mayor peso fresco de la planta de arroz con un peso promedio de 5.13 gr, esto se atribuye a que la maleza ***Cyperus rotundus*** del tratamiento tres, presentó menor desarrollo a los 15 días después de transplantado, esto se debió a que dicha maleza presenta un 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, y de acuerdo al estrés sufrido por la maleza al momento del transplante, su sistema radicular se desarrolló más lento, por tal razón no se observó efecto alelopático de los exudados radicales en la germinación y desarrollo de la planta de arroz.

Lo anterior permitió que la planta de arroz se desarrollara sin ninguna interferencia; además en la variable altura de la planta de arroz antes descrita, en el tratamiento 3 (***Cyperus rotundus***) se obtuvo la mayor altura de la planta de arroz en dicha variable, y se considera que la altura de la planta está relacionada con el peso fresco de esta.

Algunas malezas por sus características alelopáticas inhiben la germinación de algunos cultivos económicos. Torres (1995) expresa que las raíces de la ***Cyperus rotundus*** L. disminuyen por efecto alelopático la germinación de varios cultivos económicos hasta en un 41.9 %.

Mero - Macías (1996) indicó que las cualidades alelopáticas de coyolillo (***Cyperus rotundus***) son: es común encontrar "monocultivos" en infestaciones de moderadas a altas aun cuando no se haya usado ninguna medida de control de malezas anuales; los exudados radicales inhiben el crecimiento de cebada; la siembra en suelos previamente infestados reduce la germinación de cebada, algodón y mostaza; los suelos incubados con piezas de tubérculos y rizomas inhiben el crecimiento radical de los cultivos; el crecimiento de la cebada fue inhibido de 15 a 25% por los residuos (1-3 meses de descomposición) y la acumulación de biomasa de la soya y el sorgo se redujo con la presencia de los tubérculos o el follaje (Layne 2006).

Por exudados radicales se entienden todos aquellos compuestos orgánicos, liberados al medio por raíces de plantas sanas e intactas. Bajo condiciones no estériles de trabajo, se hace difícil establecer si los compuestos detectados son realmente excretados por las raíces, o son el resultado de la actividad de microorganismos presentes en el suelo o medio de cultivo (Pazmiño 1999).

Algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies. La bibliografía establece que estos compuestos fitotóxicos son producidos, tanto por ciertas especies cultivadas, como por especies no cultivadas, entre las cuales se incluyen las malezas.

Rovira (1969) establece que son varios los factores que pueden afectar las exudaciones radiculares producidas por una especie. Dentro de ellos los más importantes serían: edad de la planta, temperatura, luz, nutrición, medio de cultivo y enfermedades radiculares (Pazmiño 1999).

En el tratamiento uno (***Echinochloa colona***) se reportó el menor peso fresco de la planta de arroz, con un peso promedio de 3.70 gr. Este resultado se atribuye a que esta maleza presentó mayor desarrollo del sistema radicular al momento del trasplante, provocando un efecto alelopático de los exudados radiculares en el desarrollo de la planta de arroz; además en la variable altura de la planta de arroz, la menor altura de la misma se reportó en el tratamiento uno (***Echinochloa colona***), por lo que ambas variables están relacionadas (Figura 24).

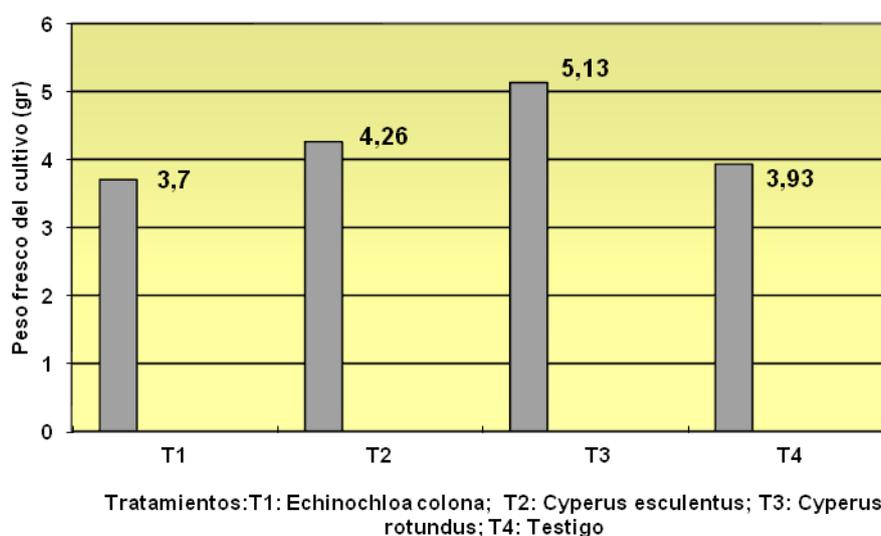


Figura 25: Peso fresco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3.3 Variable peso seco de la planta de arroz.

Al analizar la variable peso seco de la planta de arroz a los 45 DDA se encontró que existen diferencias altamente significativas ($Pr > 0.0073$); 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 dos (***Cyperus esculentus***) es el que presentó el mayor peso seco de la planta de arroz, el cual no difiere estadísticamente de los tratamientos 1 y 3. El tratamiento cuatro (***Testigo***) es el que presentó el menor peso seco de la planta de arroz (Cuadro 4).

Cuadro 14: Peso seco de la planta de arroz (***Oryza sativa***) a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.	
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	1.10	A	
T1: <i>Echinochloa colona</i>	1.06	A	
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	1.00	A	
T4: Testigo	0.80		B

En esta variable peso seco de la planta de arroz, el tratamiento dos (***Cyperus esculentus***) presentó el mayor peso seco de la planta con un peso promedio de 1.10 gr. Este resultado se debe a que en este tratamiento la planta de arroz presentó un mayor amacollamiento, por lo que se obtuvo un incremento en el material vegetativo. En dicho tratamiento la germinación no fue afectada por los exudados radicales de ***Cyperus esculentus***, únicamente se pudo observar que el crecimiento de la planta de arroz fue mas lento en comparación con los demás tratamientos.

Cyperus esculentus se propaga a través de sus tubérculos en los extremos de sus rizomas (no en cadenas); los tubérculos son ingeribles (se utilizan como alimento humano y animal); la inflorescencia de la planta es amarillenta y sus hojas basales son tan o más largas que el tallo y difiere de ***Cyperus rotundus*** en que es menos común en los trópicos, es más abundante en los sub-trópicos y clima templado (Álvarez 2011).

C. esculentus es más fácil de manejar que ***C. rotundus***, lo cual se puede lograr con medidas culturales (con el uso de plantas cultivables competitivas) y con deshierbes manuales o mecánicos. Sin embargo, si no se le controla, las pérdidas de rendimiento pueden ascender a 40% en maíz y soya (Álvarez 2011).

Es generalmente susceptible a los mismos herbicidas efectivos para el control de ***C. rotundus***, aun que el tratamiento de pre-siembra, con incorporación al suelo, a base butylate es más efectivo sobre ***C. esculentus*** que sobre ***C. rotundus***. También se pueden utilizar con éxito las aplicaciones pre-emergentes de Butaclhor y metolachlor, así como las post-emergentes de atrazina y bentazon (Álvarez 2011).

Las malezas de la familia Cyperaceae se caracterizan por su alta capacidad de diseminación e infección de áreas y algunos autores refieren que ejercen efectos alelopáticos sobre otros cultivos. Su reproducción sexual y asexual les garantiza la supervivencia en condiciones adversas de poca humedad y el hecho de poseer tubérculos les ayuda a escapar a la acción de algunos herbicidas. Algunos estudios sugieren que algunos géneros de cyperaceas perturban los rendimientos entre un 22-47 % (Instituto de Investigaciones del Arroz de la República de Cuba [IIA] 2000).

Mero - Macías (1996) indicó que las cualidades alelopáticas de ***Cyperus esculentus*** son: tejidos secos pueden inhibir el crecimiento y desarrollo de otras plantas; los residuos de los tubérculos causan una mayor inhibición del crecimiento y desarrollo del

maíz y soya que los residuos del follaje; la soya es más susceptible a los residuos de ***Cyperus esculentus*** que el maíz (Layne 2006).

El tratamiento cuatro (Testigo) presentó el menor peso seco de la planta de arroz, con un peso promedio de 0.80 gr. A pesar de que en dicho tratamiento no se utilizó ninguna maleza únicamente sustrato (tierra), la planta de arroz presentó una disminución en su desarrollo, según lo observado durante el ensayo; este resultado se debe a que el sustrato (tierra) utilizado presentaba partículas de raíces y la descomposición de estas generaron algún efecto alelopático en el desarrollo de la planta de arroz, sin embargo la germinación no fue afectada. (Figura 25).

Lo anterior concuerda con Inderjit, Darshini y Foy (1999), quienes indican que los componentes bióticos y abióticos del suelo pueden interactuar para detoxificar o incrementar el efecto inhibitorio de los aleloquímicos liberados durante la biodegradación microbiana que ocurre en el suelo (ALAM 2005).

Las plantas pueden incorporar sustancias en el suelo ya sea mediante exudados radicales, residuos de fitomasa, descomposición de residuos, degradación de lignina; además los componentes bióticos y abióticos del suelo pueden aumentar o disminuir la toxicidad de las sustancias alelopáticas en el suelo. Por ejemplo, se sabe que los microorganismos del suelo son muy importantes en la alelopatía (ALAM 2005).

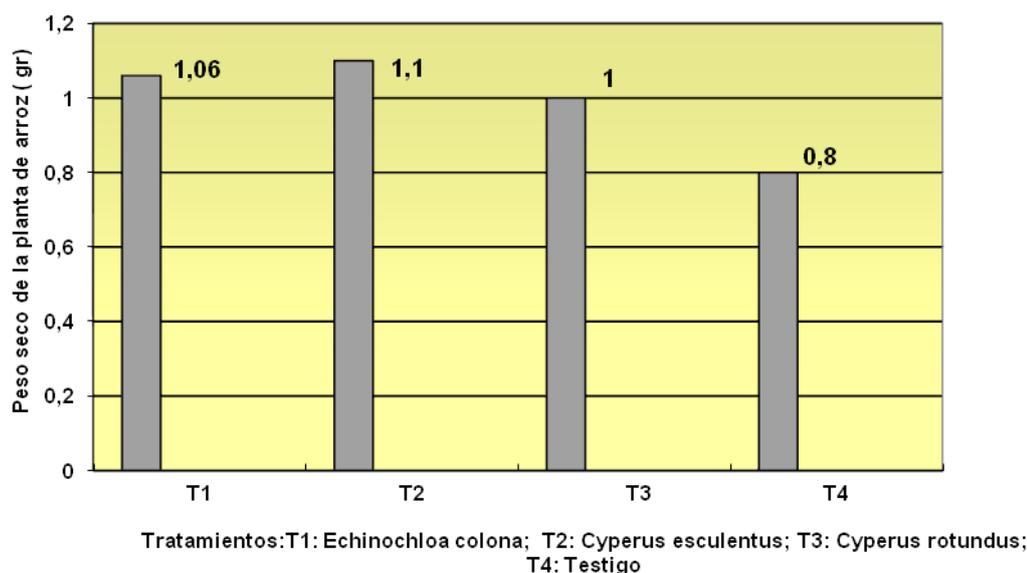


Figura 26: Peso seco de la planta de arroz a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3.4 Variable altura de las malezas.

Para la variable altura de la maleza a los 45 DDA se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.5672$.); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento dos (**Cyperus esculentus**) el que presentó la mayor altura de las malezas, el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes malezas ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento cuatro (**Testigo**) es el que presentó la menor altura de las malezas (cuadro 5).

Cuadro 15: Altura de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.	
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	47.66	A	
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	43.66	A	
T1: <i>Echinochloa colona</i>	31.00	A	B
T4: Testigo	0.00		B

De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento dos (*Cyperus esculentus*) presentó la mayor altura de la maleza con una altura promedio de 47.66 cm. Este resultado se debe a que dicha maleza al momento del trasplante presentó un mayor desarrollo en comparación con las otras malezas utilizadas en los tratamientos 1 y 3. Sin embargo en el tratamiento cuatro (Testigo), no se utilizó ninguna maleza, únicamente el sustrato (tierra), por tal razón no se reportó datos de altura para este tratamiento.

La variable altura de la maleza estuvo relacionada al desarrollo que estas presentaron al momento del trasplante y a la adaptación de estas en el medio trasplantado. Para el tratamiento uno (*Echinochloa colona*) se obtuvo la menor altura de la maleza, esto según lo observado se debe a que la adaptación de esta maleza al medio trasplantado fue mas lento y además presentó marchites en los primeros 5 días después de trasplantadas (DDT), lo que se considera afecto su desarrollo (Figura 26).

Santos (2002) demostró que *Cyperus esculentus*, al momento de la emergencia afectó el área de influencia en pimiento. Sin embargo, hubo reducción de rendimiento sólo cuando la maleza interfirió a partir de 1 y 2 semanas después del trasplante. A una semana después del trasplante, la maleza redujo los rendimientos de pimiento a distancias de 0 y 30 cm. Esas reducciones fueron de 57 y 32%, respectivamente. Distancias de 60 cm o más no afectaron el cultivo. A las 2 semanas, la maleza sólo afectó el cultivo a 0 cm de distancia, con reducción de rendimiento de 35%.

Estos resultados indicaron que bajas densidades poblacionales de *Cyperus esculentus* puede causar reducciones de rendimiento importantes en pimiento, especialmente si las malezas emergen temprano durante la temporada de siembra. En términos relativos, este estudio demostró que *Cyperus esculentus* es más agresivo que *Cyperus rotundus* en su interferencia contra pimiento. Resultados similares fueron sugeridos por Santos et al. (1997a), donde se indica que *Cyperus esculentus* tiene un punto de compensación de luz más bajo que *Cyperus rotundus*, lo cual le permite competir mejor en situaciones de baja luminosidad. En esta investigación, una sola planta de *C. esculentus*, emergiendo a las 2 semanas después del trasplante, causó reducciones de rendimientos, en contraste con *C. rotundus*, la cual no tuvo ningún efecto sobre el cultivo en esa situación.

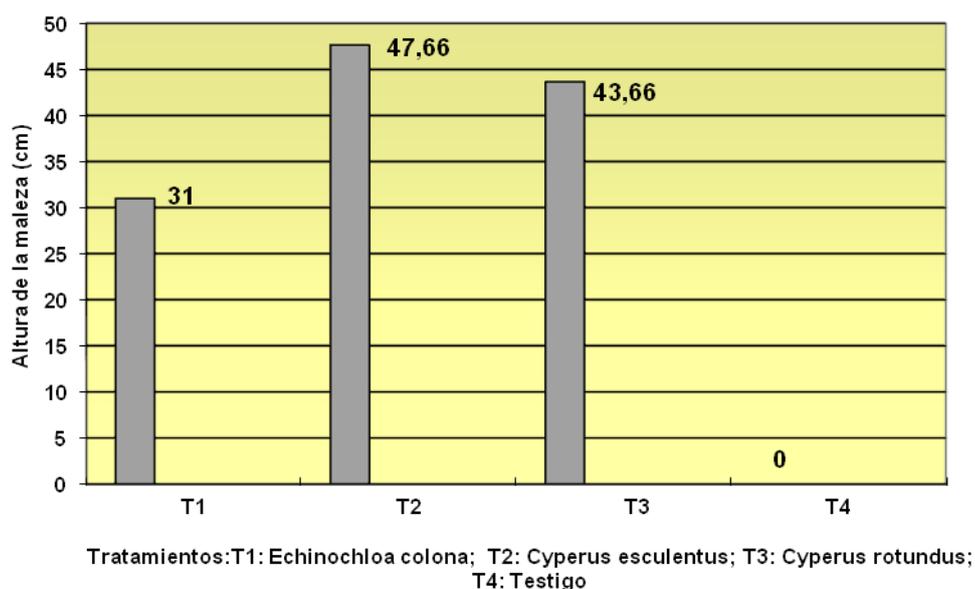


Figura 27: Altura de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3.5 Variable peso fresco de las malezas.

Para la variable peso fresco de las malezas a los 45 DDA se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.9611$); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento dos (**Cyperus esculentus**) el que presentó el mayor peso fresco de las malezas, el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes malezas ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento cuatro (**Testigo**) es el que presentó el menor peso fresco de las malezas (cuadro 6)

Cuadro 16: Peso fresco de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

Tratamiento	Media	Significancia.
T2: Cyperus esculentus	6.43	A
T3: Cyperus rotundus	6.23	A
T1: Echinochloa colona	6.10	A
T4: Testigo	0.00	A

Al igual que los resultados de la variable antes descrita, el mayor peso fresco de la maleza se obtuvo en el tratamiento dos (***Cyperus esculentus***) con un peso fresco promedio de 6.43 gr, este resultado se debe a que dicha maleza presento la mayor altura y mejor desarrollo que las malezas de los tratamientos 1 y 3. Para el tratamiento 4 (Testigo) no se reportaron datos de peso fresco de maleza, ya que únicamente se utilizo el sustrato (tierra) (Figura 27)

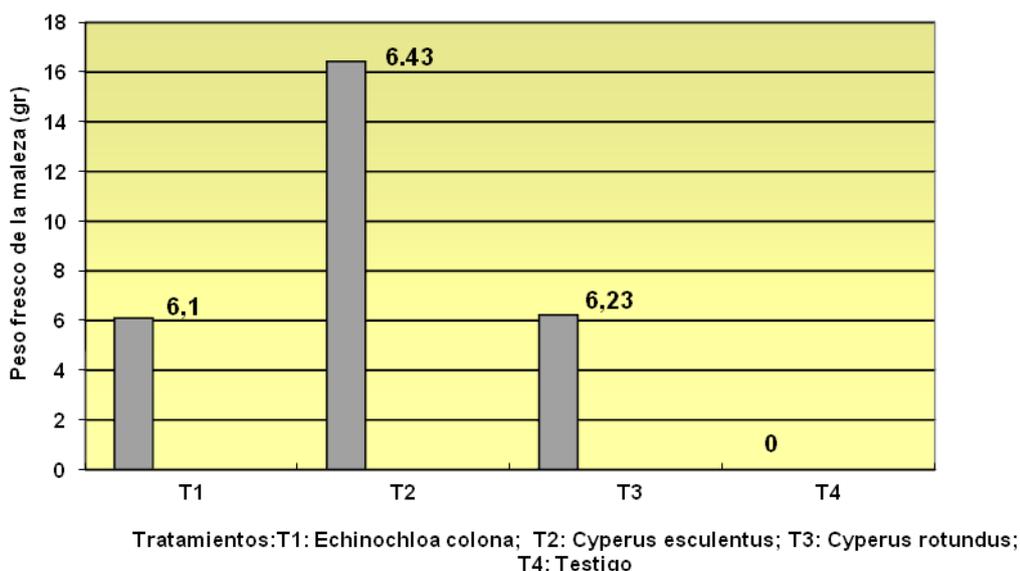


Figura 28: Peso fresco de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

11.3.6 Variable peso seco de la maleza.

Para la variable peso seco de las malezas a los 45 DDA se encontró que no existen diferencias significativas ($Pr > 0.9404$); es decir, que el comportamiento de los tratamientos es similar entre ellos; siendo el tratamiento dos (***Cyperus esculentus***) es el que presentó el mayor peso seco de las malezas, el cual no difiere estadísticamente del resto de los tratamientos con las diferentes malezas ni con el tratamiento testigo. Es de hacer notar que el tratamiento cuatro (**Testigo**) es el que presentó el menor peso seco de las malezas (cuadro 7)

Cuadro 17: Peso seco de las malezas a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.4

Tratamiento	Media	Significancia.	
T2: <i>Cyperus esculentus</i>	4.06	A	
T3: <i>Cyperus rotundus</i>	2.20	A	
T1: <i>Echinochloa colona</i>	1.86	A	B
T4: Testigo	0.00		B

Para la variable peso seco de las malezas el tratamiento 2 (***Cyperus esculentus***) presentó el mayor peso seco con un peso promedio de 4.06 gr, el peso está relacionado al desarrollo que presentó la maleza, y dicha maleza presentó un mayor desarrollo en comparación de las malezas de los tratamientos 1 y 3. Además ***Cyperus esculentus*** presentó la mayor altura y mayor peso fresco en las variables anteriormente estudiadas. Al igual que las variables anteriores el tratamiento 4 (Testigo) no presentó datos de peso seco de las malezas, ya que únicamente se utilizó el sustrato (tierra).

Sin embargo para el tratamiento 1 (***Echinochloa colona***) se obtuvo el menor peso seco de las malezas, con un peso promedio de 1.86 gr. Este resultado se debe a que dicha maleza presentó marchitamiento después de trasplantada, lo que afectó su desarrollo, por tal razón se obtuvo menor material vegetativo (Figura 20).

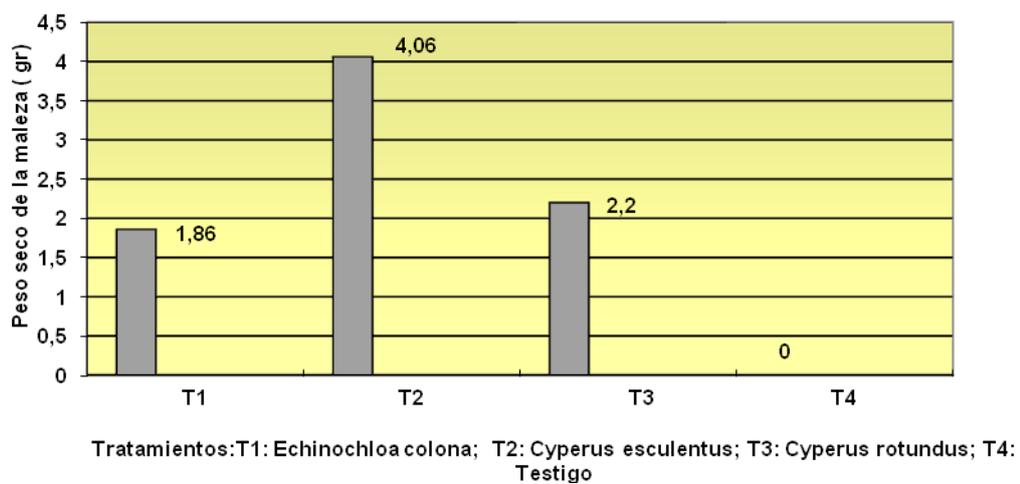


Figura 29: Peso seco de la maleza a los 45 DDS, Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador, 2009.

12. CONCLUSIONES.

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

1. De las malezas que presentaron mayor agresividad en el cultivo de arroz, luego de la aplicación de las diferentes dosis de la mezcla de pendimetalin y butachlor; la maleza ***Echinochloa colona*** fue la que persistió con mayor incidencia en los diferentes tratamientos
2. Las diferentes dosis de las mezclas de Pendimethalin + Butaclhor no ejercieron ningún efecto fitotóxico sobre el cultivo de arroz.
3. El tratamiento relacionado con 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha, reportó los mejores resultados en cuanto a altura de la planta de arroz, número de macollas / m², número de granos/ panícula y peso seco del grano de arroz; lo que se ve reflejado en un mayor rendimiento en la cosecha.
4. La dosis de 3 lt de Butachlor + 2 lt de Pendimethalin/ ha, fue la que ejerció un control aceptable de las malezas.
5. Todas las dosis de la mezcla de pendimethalin + butaclhor evaluadas constituyeron un buen control de malezas de hojas anchas, como son ***Lugdvia sp***, ***Sphanochloea zeylanica***, ***Ammania latifolia***, ***Sesbania exaltata*** y ***Caperonia polustris***; las cuales no presentaron mayor incidencia en el desarrollo de la planta durante el ciclo del cultivo.
6. Los exudados radicales de las malezas ***Echinochloa colona***, ***Cyperus esculentus*** y ***Cyperus rotundus***, no causaron efectos alelopáticos significativos en la germinación de la semilla de arroz..
7. Con los datos analizados y los efectos observados sobre las plantas de arroz, se determinó que el tratamiento con la maleza ***Echinochloa colona***, produjo cierto efecto alelopático en el desarrollo de las plantas de arroz; este efecto se atribuye a que la maleza ***Echinochloa colona*** presentó un sistema radicular

mas desarrollado al momento del trasplante, en comparación de las demás malezas utilizadas en la investigación.

8. La maleza ***Cyperus esculentus*** a pesar de que reporto la mayor altura, mayor peso fresco y mayor peso seco, no se observó efecto alelopático significativo producido por los exudados radicales, que interfiriera en la germinación y desarrollo de la planta de arroz.

13. RECOMENDACIONES

- Evaluar si los efectos alelopáticos son específicos por especies (donadora) y como varían dependiendo de la textura y composición del suelo en futuras investigaciones sobre alelopatía.
- Realizar investigaciones con diferentes extractos con mayor incidencia y evaluar el efecto alelopático que producen estas, en la germinación y desarrollo del cultivo.
- Evaluar en que etapa de desarrollo, las malezas producen efectos alelopáticos que interfieran en el desarrollo de diferentes cultivos.
- Continuar realizando investigaciones con otras mezclas de productos químicos, para optimizar el control de las malezas, en beneficio del rendimiento del cultivo de arroz y del manejo sostenible del cultivo.
- 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 evaluados en la presente investigación no fueron capaces de ejercer un control post emergente.
- Evaluar las mismas dosis de la mezcla de pendimetalin + butaclor en investigaciones en arroz de secano, para comparar resultados.
- Estudiar otras combinaciones con otros ingredientes preemergentes y postemergentes que permitan ampliar las perspectivas de lucha contra las malezas en el cultivo del arroz.

14. BIBLIOGRAFIA.

- ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). 2005, XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas. Memoria. Evaluación del potencial alelopático de exudados radicales de las especies *amaranthus dubius* mart, *echinochloa colona* (l) link y *trianthema portulacastrum* l. sobre especies cultivadas, ubicadas en agroecosistemas de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Matanzas, Cuba.
- Alemán. F. 2004. Manejo de arvenses en el Trópico: Competencia maleza – cultivo. Ed. Asdi. 2 ed. Managua, Nicaragua. IMPRIMATUR. 53 – 68 P.
- 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.
- BASF The Chemical Company. 2001. Prowl 50 EC, herbicide – Dinitroanilina Pendimethalin. Puntarenas, Costa Rica. (s.p)
- Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. Cultivos tropicales. Volumen 27. La Habana, Cuba. 5 – 16 P
- Botanical online. 2008. Producción y clases de arroz. México DF, Mx. Consultado el 10-Ene-2009. (en línea). [Disponibile en http://www.botanicalonline.gob.com](http://www.botanicalonline.gob.com)
- Caseley, JC. 1996. Herbicidas. *In* Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. (1996, Roma, IT). (s. p.)
- Caicedo, Y. 2008. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa* / *Oryza latifolia*) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento # 8 de Zacarías, municipio de Buenaventura. Tesis Agrónomo del trópico húmedo. Buenaventura, Colombia. Universidad del Pacífico. 33 p.
- Caicedo, Y. 2008. Variedades y Mejora del Arroz (*Oryza sativa* L). 1 ed. Cataluña, España. Copyrapid. 59 – 62 P.

- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Sv). 1992. Manejo y control de malezas en el cultivo de arroz S.e. La Libertad, Sv. 32 p. (Boletín divulgativo N° 47).
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Sv).2002. Variedad CENTA A-7.S.e. La Libertad, S.v. 15 p. (boletín técnico N° 16).
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Sv). 2006. CENTA A-8, resistente a piricularia y alta calidad en grano. S.e. La Libertad, Sv. 11 p. (Boletín técnico N° 18).
- CLM (Congreso Latinoamericano de Malezas). 2003. memoria. Eds. G.Mondragón, J.Dominquez, G. Martínez, R, O campo. Colima México. 549 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Calí. CI). 2005. Morfología de la planta de arroz. S.e. Cali, CI. consultada el 10–Ene-2009. (en línea). Disponible en <http://www.ciat.cgiar.org/ricewed/egp/inicio.htm>.
- Cyanamid. 1992. Prowl herbicide. Edit Princeton, New Jersey, Estados Unidos de América. 30 p.
- DGEA – MAG (Dirección General de Economía Agropecuaria – Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2004. Superficie, producción y rendimiento según región, departamento y cosecha 2004 – 2005. (en línea). San Salvador, Sv. Consultado el 04-Dic-2008. Disponible en [http// www.dgea-mag.sv](http://www.dgea-mag.sv).
- 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.).
- Ecuaquimica. 2009. Herbicida Pendimethalin. (en línea). San José, CR. Consultado el 15-Nov-2010. Disponible en [http// www.ecuaquimica.com](http://www.ecuaquimica.com)
- Fall, A. 2007. Agronomía: Concepto de malezas. Argentina. Ag. Consultado el 15–Feb–2009. (en línea). Disponible en <http://www.agromiaconceptomaleza.gob.sv>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Roma, IT. 47 – 60 P
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. Manejo de malezas para países en desarrollo, Malezas problemáticas y su manejo en áreas cultivables y no cultivables. Editorial Food & Agriculture Org. Roma, IT. 101 - 122 P
- Franquet, J. 2004. Variedades y Mejora del Arroz (*Oryza sativa L*). 1 ed. Cataluña, España. Copyrapid. 59 – 62 P.
- Fontana, H; González, C. 2000. Protección y sanidad vegetal, Combate y control de malezas. Editorial Fundación polar. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 530 P
- 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.
- Gómez, J.1993. Control químico de la maleza. 1 ed. México. DF, Mx. Editorial Trillas. 240 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/
- Infoagro.2005. El cultivo de arroz: Morfología y taxonomía. México DF, Mx. Consultado el 10-Dic-2008. (en línea). Disponible en <http://www.infoagro.com>.
- Infoagro. 1997. El cultivo de arroz. Madrid, España. Consultado el 07 – May – 2009. Disponible en [http:// www.Infoagro.com](http://www.Infoagro.com)

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2005. Cultivos de consumo nacional. Arroz (en línea). Lima, Perú. Consultado el 05 – Dic – 2009. Disponible en [http:// www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)
- IIA (Instituto de Investigaciones del Arroz de la República de Cuba). 2000. Estudio de la efectividad biológica del ingrediente activo etoxysulfurón (skol wg60) contra cyperáceas. Revista Cubana del Arroz. Volumen Nº 2. La Habana, Cuba. 31 – 34 p.
- Labrada, R; Parker, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo; El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. Roma, It. Volumen 120 de estudio FAO: Producción y protección vegetal. Editorial Food & Agriculture Org. 1 – 8 P
- Laynez, J. 2006. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Volumen 24. Chile. 61-75 p
- Made in Argentina. 2010. Granos y oleaginosas. Producción mundial de arroz. (en línea) . Buenos Aires, Argentina. Consultado el 10 – May – 2010. Disponible en [http:// www.made-in-argentina.com](http://www.made-in-argentina.com)
- Medina. M. 2009. Evaluación de tres niveles de zinc (Zn) como complemento en un programa de fertilización para el cultivo de arroz de siembra por transplante, variedad iniap 12, en la zona de Yaguachi. (Tesis). Guayaquil. Ecuador. 38 p.
- Miquilena, L y J.V. Lazo. 2005. Evaluación del potencial alelopático de exudados radicales de las especies *Amaranthus dubius* Mart, *Echinochloa colona* Link y *Trianthema portulacastrum* L. sobre especies cultivadas, ubicadas en agroecosistemas de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. pp. 625-630. En: Memorias XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). Varadero, Matanzas, Cuba.
- Monsanto. 2001. Machete 60 EC. Herbicida – Cloroacetamida butachlor. Missouri, EE.UU. 1 -2 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.).
- Moody, K. 1977. Weed control in rice. Lecture note No. 30, 5th BIOTROP Weed Science Training Course. Kuala Lumpur, Malasia, 374 – 424 P
- Muñoz, R; Pitty, A. 1995. Guia fotográfica para la identificación de malezas. Parte I. Ed. HA Barleta. 1 ed. Honduras. HN. Zamorano Academic Press. 124p
- Oliveros, A. 2009. Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas. Volumen 32. Editorial Química Nova. Sao Pablo, Brasil. 198 – 213 P
- Pazmiño, A. 1999. Alelopatía. Chile. (Boletín técnico N° 2).
- Ríos. A. 2003. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en arroz (*Oryza sativa*) en la costa de Nayarit. Memoria. Colima Mx. 297 – 303 p.
- Sampieri.R, Collado. C, Lucio. P. 2001. Metodología de la investigación. 2 ed. México DF. Mx. MacGraw-Hill interamericana editores. 457 p.
- SC (Superintendencia de competencia, San Salvador, Sv). 2008. Evaluación de competencia en el sector de arroz. S.e. La Libertad. Sv. Consultado el 17-Ene-2009. (en línea). Disponible en <http://www.superintenciadecompetencia.gob.sv>.
- SCM (Sociedad Cubana de Malezología). 2004, III Congreso Nacional de Malezología. Memoria. Resultados con el herbicida preemergente pendimentalina (herbadox) en el cultivo del arroz. Habana, cuba. 20 - 23 p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2010. Informe climatológico de San Martín (Correo electrónico). San Salvador, SV. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Silvestre. 2009. Protección Vegetal. Arroba 600 EC. (ficha técnica). Lima, Perú. 1 – 4 P

- Starmedia. 2009. Rincon del vago; Cultivo de Arroz. Salamanca, España. Consultado el 17 – Nov – 2009. Disponible en [http// www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo). 2000. Información de Mercado sobre productos básicos; Descripción del arroz. (en línea). EE.UU. consultado el 05 – Dic – 2009. Disponible en [http// www.unctad.org](http://www.unctad.org).
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo). 2000. Información de Mercado sobre productos básicos; Mercado del Arroz (en línea). EE.UU. consultado el 12 – Ene – 2010. Disponible en [http// www.unctad.org](http://www.unctad.org)
- wikipedia. 2009. Cultivo de Arroz. Salamanca, España. Consultado el 17 – Nov – 2009. Disponible en [http// www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)

15. ANEXOS.