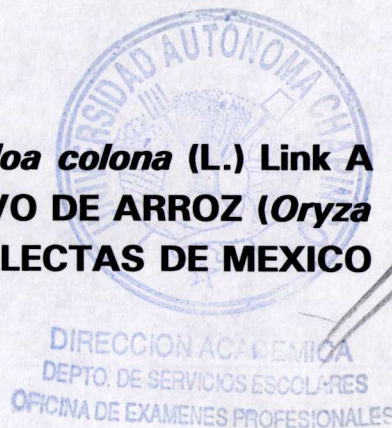


UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA

MAESTRIA EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

**RESPUESTA DE *Echinochloa colona* (L.) Link A
PROPANIL EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza
sativa* L.) EN AREAS SELECTAS DE MEXICO**



T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCION VEGETAL**

P R E S E N T A :

878571

J. TRINIDAD VILLA CASAREZ

CHAPINGO, MEXICO. NOVIEMBRE DE 1998.



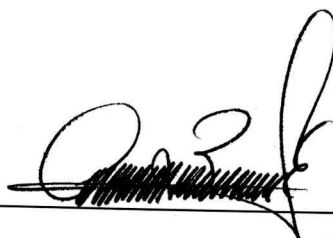
**RESPUESTA DE *Echinochloa colona* (L.) Link A PROPANIL EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN AREAS SELECTAS DE MEXICO**

Tesis realizada por **J. Trinidad Villa Cásarez** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

COMITE ASESOR

DIRECTOR:



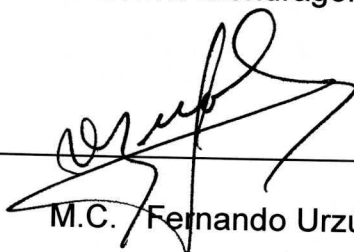
M.C. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR:



Dr. Guillermo Mondragón Pedrero

ASESOR:



M.C. Fernando Urzúa Soria

Chapingo, México. Noviembre de 1998.

33665

**RESPUESTA DE *Echinochloa colona* (L.) Link A PROPANIL EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN AREAS SELECTAS DE MEXICO**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **J. Trinidad Villa Cásarez** autor de la presente Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

CONSEJO PARTICULAR

PRESIDENTE:



M.C. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR:



Dr. Guillermo Mondragón Pedrero

ASESOR:



M.C. Fernando Urzúa Soria

Chapingo, México. Noviembre de 1998.

DEDICATORIA

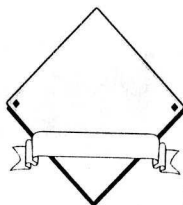
A MIS PADRES:

MOISES VILLA GONZALEZ
Y
FELIPA CASAREZ GONZALEZ



Porque gracias a su apoyo, confianza y ejemplo he llegado a ser una persona responsable y preparada. Para ustedes con amor, respeto y admiración.

A MI ESPOSA *ANGELA ROSARIO ESPINOSA E.* Y A MI HIJO:



Por su comprensión y amor que me han brindado. Para ustedes con mucho amor.

A MIS HERMANOS: *VERONICA*

SERGIO

SAUL

DAVID

EZEQUIEL

LILIA



Por todo su apoyo brindado para la realización de mis estudios, ya que siempre he podido contar con ustedes para alcanzar mis metas. Con mucho cariño y amor para ustedes.

AGRADECIMIENTOS



AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Por el apoyo económico brindado para poder realizar mis estudios de postgrado.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. Por brindarme las facilidades para mi formación profesional y personal.

AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA Y LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL. Por ofrecerme la oportunidad de realizar estudios de postgrado.

AL INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES, Chathan Maritime, Kent, ME4 4TB, UK. Por el apoyo económico complementario brindado para la realización de la presente investigación.

A MI ASESOR Y AMIGO M.C. ANDRÉS BOLAÑOS ESPINOZA. Por su apoyo desinteresado en la dirección de este trabajo. Así como, sus consejos brindados para mi superación profesional y personal.

AL Dr. BERNAL VALVERDE. Malherbologo del CATIE, Costa Rica. Por su apoyo para la realización del presente trabajo.

AL Dr. GUILLERMO MONDRAGON PEDRERO. Por su acertadas y valiosas sugerencias y colaboración para la realización y conclusión de la presente investigación.

AL M.C. FERNANDO URZUA SORIA. Por su colaboración y ayuda brindada durante la presente investigación.

AL Dr. CHARLES RICHES. Investigador del Instituto de Recursos Naturales, Chathan Maritime, Kent, ME4 4TB, UK. Por su ayuda para la realización del presente trabajo.

A LA M.C. LILLIANA CHAVES. Asistente de Investigación del CATIE, Costa Rica Por su colaboración para la realización del presente trabajo.

AL M.C. LUIS EMILIO CASTILLO MARQUES. Por su valiosa ayuda brindada para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

A LA M.C. ANTONIA GONZALEZ EMBARCADERO. Profesora investigadora del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Por su colaboración para la identificación de algunas especies de gramíneas recolectadas durante los muestres realizados para la realización del presente trabajo.

A LA FAMILIA ESPINOSA ESPINOSA. Por todo su apoyo brindado para la culminación de mis estudios de postgrado.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS. Que de alguna forma contribuyeron a la realización de esta investigación.

DATOS BIBLIOGRAFICOS



J. Trinidad Villa Cásarez nació en Gando, Acambay Estado de México el 6 de junio de 1971. Egresó del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo en 1996. En julio de 1996 ingresó al Programa de Maestría en ciencias en Protección Vegetal en la misma Universidad y terminó sus estudios de Maestría en julio de 1998.

En lo académico ha logrado algunos reconocimientos importantes, ya que desde el segundo año de secundaria a obtenido becas para la realización de sus estudios a nivel Secundaria, Preparatoria, Licenciatura y Maestría. Además de destacarse como uno de los mejores estudiantes del Departamento de Parasitología Agrícola en el ciclo 1994-1995.

El estudio de las malezas ha sido su área de interés desde su primer acercamiento a la investigación en 1995 con la realización de su tesis de licenciatura **"Control químico de la maleza en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) Cv. indianapolis White."** Actualmente su línea de investigación se relaciona con el uso intensivo de los herbicidas, el cual inició con su tesis de Maestría en Ciencias titulada **"Respuesta de *Echinochloa colona* a propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en áreas selectas de México."**

INDICE

	PAG.
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
I. INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Importancia mundial y nacional del cultivo de arroz	4
2.2. Tipos de cultivo de arroz y manejo de malezas.....	6
2.3. Control de malezas en el cultivo de arroz	8
2.4. Herbicidas autorizados y recomendados para el control de malezas en el cultivo de arroz	9
2.5. Importancia de <i>E. colona</i> y otras malezas en el cultivo de arroz	11
2.6. Herbicida propanil	15
2.6.1. Propiedades físicas del propanil	17
2.7. Importancia de la resistencia de malezas a herbicidas	17
2.8. Trabajos relacionados con la resistencia de <i>Echinochloa spp</i> a propanil	22
2.9. Trabajos realizados sobre el manejo de poblaciones resistentes de <i>Echinochloa spp</i> a propanil	31
2.10. Curvas de respuesta a la dosis	37

	PAG.
III. MATERIALES Y METODOS	40
3.1. Localización y datos climatológicos de las zonas de estudio	40
3.1.1. Chapingo	40
3.1.2. Zacatepec	42
3.1.3. Tierra blanca	42
3.1.4. Tres valles	43
3.1.5. Tuxtepec	43
3.1.6. Palizada	44
3.2. Recolección las semillas	44
3.3. Conducción de los bioensayos	48
3.3.1. Tipo de suelo usado para el establecimiento de los bioensayos ..	48
3.3.2. Preparación del suelo	48
3.3.3. Obtención de las plántulas	48
3.3.4. Etiquetado de las macetas	49
3.3.5. Trasplante	49
3.3.6. Aplicación de riegos	50
3.3.7. Número de plantas por maceta	51
3.3.8. Tratamientos evaluados	52
3.3.9. Aplicación de tratamientos	52
3.4. Diseño experimental	54
3.5. Variables evaluadas	55
3.5.1. Porcentaje de daño visual	55
3.5.2. Obtención de peso fresco	55
3.5.3. Obtención del peso seco	56
3.5.4. Porcentaje de rebrote	56
3.6. Análisis estadístico	57
3.6.1. Calculo de las I_{50} 's	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	59

	PAG.
4.1. Porcentaje de daño visual	59
4.2. Peso fresco	67
4.3. Peso seco	72
4.4. porcentaje de rebrote	79
4.5. Interpretación de las dosis que causan el 50 % de daño (I_{50})	84
4.6. Interpretación de los valores predichos	91
V. CONCLUSIONES	104
OBSERVACIONES PERSONALES	106
SUGERENCIAS	107
VI. LITERATURA CITADA	108
VII. APENDICE	120
7.1. Apéndice A. Cuadros de resúmenes de análisis de varianza para las variables porcentaje de daño, peso fresco, peso seco y porcentaje de rebrote para cada bioensayo.	120
7.2. Apéndice B. Cuadros de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para las variables porcentaje de daño, peso fresco, peso seco y porcentaje de rebrote para cada bioensayo.. Chapingo, México. 1996-1998.	129
7.3. Apéndice C. Ejemplos de los diferentes modelos estadísticos de Steven <u>et al.</u> (1995) usados para realizar el análisis y obtención de las I_{50}	138

LISTA DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1. Superficie cosechada y producción de arroz en los Estados Unidos Mexicanos durante 1996 (SAGAR, 1997).	6
Cuadro 2. Herbicidas autorizados para el cultivo de arroz en México (CICOPLAFEST, 1995 y SARH, 1988).	10
Cuadro 3. Herbicidas recomendados para el control de malezas en el cultivo de arroz en México.	11
Cuadro 4. Casos más importantes de resistencia reportados a nivel mundial (Heap, 1998).	21
Cuadro 5. Síntesis acerca de la resistencia de <i>E. colona</i> y <i>E. crus-galli</i> a herbicidas (Heap, 1998).	23
Cuadro 6. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del primer bioensayo. Chapingo , México. Juni de 1997.	45
Cuadro 7. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del segundo bioensayo. Chapingo , México. Junio de 1998.	46

Cuadro 8. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del tercer bioensayo. Chapingo , México. Agosto de 1998.	46
Cuadro 9. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del primer bioensayo, realizado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)(poblaciones no incluidas en los bioensayos realizados en México). Turrialba, Costa Rica. 1997.	47
Cuadro 10. Número de plántulas trasplantadas por maceta y número de plantas por maceta antes de la aplicación de los tratamientos.	51
Cuadro 11. Tratamiento evaluados en los tres bioensayos sobre determinación de resistencia de <i>E. colona</i> a propanil en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en México. Chapingo, México. 1996-1998.	52
Cuadro 12. Cantidad de producto comercial usado para la aplicación de los tratamientos en los bioensayos, Chapingo México, 1996-1998.	53
Cuadro 13. Número de repeticiones usadas por cada población, en los bioensayos sobre determinación de resistencia de <i>E. colona</i> a propanil en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en México. Chapingo, México 1996-1998.	54

Cuadro 14. Fechas en las que se llevaron a cabo las evaluaciones por bioensayo, en el trabajo de determinación de resistencia de <i>E. colona</i> a propanil en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en áreas arroceras selectas de México. Chapingo México 1996-1998.	56
Cuadro 15. Respuesta de las poblaciones de <i>E. colona</i> a propanil para el primer bioensayo. Chapingo , México. 1997.	86
Cuadro 16. Respuesta de las poblaciones de <i>E. colona</i> a propanil para el segundo bioensayo. Chapingo , México. 1998.	86
Cuadro 17. Respuesta de las poblaciones de <i>E. colona</i> a propanil para el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.	87
Cuadro 18. Respuesta de las poblaciones de <i>E. colona</i> a propanil para el bioensayo, conducido en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1997.	87
Cuadro 19. Comparación de la respuesta de <i>E. colona</i> a propanil incluidas en el primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.	89
Cuadro 20. Clasificación arbitraria de la respuesta de las poblaciones de <i>E. colona</i> a propanil en áreas selectas de México. Chapingo, México. 1998.	90

LISTA DE FIGURAS

		PAG.
Figura 1.	Entidades productoras de arroz en los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 1996).	5
Figura 2.	Degradación enzimática del propanil en plantas de <i>E. colona</i> resistentes a propanil(Valverde <u>et al.</u> 1995).	27
Figura 3.	Localización de los estados y municipios donde se realizaron las colectas de las semillas de <i>Echinochloa colona</i>	41
Figura 4.	Comparación del porcentaje de daño visual a los diez días después de la aplicación del propanil, para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.	63
Figura 5.	Comparación del porcentaje de daño visual a los diez días después de la aplicación del propanil, para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.	64
Figura 6.	Comparación del porcentaje de daño de visual a los siete días después de la aplicación del propanil, para la poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.	65
Figura 7.	Comparación del porcentaje de daño visual a los 4 días después de la aplicación. Para las poblaciones de <i>E. colona</i> evaluados en. Turrialba, Costa Rica. 1997.	66

Figura 8.	Comparación del porcentaje de daño visual a los 4 días después de la aplicación. Para las poblaciones de <i>E. colona</i> del primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.	66
Figura 9.	Comparación del peso fresco para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.	69
Figura 10.	Comparación del peso fresco para la poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.	70
Figura 11.	comparación del peso fresco para los poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.	71
Figura 12.	Comparación del peso fresco para las poblaciones de <i>E. colona</i> evaluadas en el CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997.	71
Figura 13.	Comparación del peso fresco para las poblaciones de <i>E. colona</i> del primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en el CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997.	72
Figura 14.	Comparación de los pesos secos para la poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.	75
Figura 15.	Comparación del peso seco para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.	76
Figura 16.	Comparación del peso seco para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.	77

Figura 17.	Comparación del peso seco para las poblaciones de <i>E. colona</i> evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.	77
Figura 18.	Comparación del peso seco para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.	78
Figura 19.	Comparación del porcentaje de rebrote a los 20 días después del corte para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.	81
Figura 20	Comparación del porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.	82
Figura 21.	Comparación del porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte para las poblaciones de <i>E. colona</i> involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.	83
Figura 22.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-10-96. Chapingo, México. 1997.	92
Figura 23.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-13-96. Chapingo, México. 1997.	93
Figura 24.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-14-96. Chapingo, México. 1998.	93
Figura 25.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-01-97. Chapingo, México. 1998.	94
Figura 26.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-08-97. Chapingo, México. 1998.	94

Figura 27.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-15-96. Chapingo, México. 1997.	95
Figura 28.	Comparación entre los valores observados y predichos para la población MEX-EC-15-97. Chapingo, México. 1997.	95
Figura 29.	Comparación entre los valores observados y los valores predichos para la población MEX-EC-02-96. Turrialba, Costa Rica. 1997.	96
Figura 30.	Comparación entre los valores observados y los valores predichos para la población MEX-EC-04-96. Turrialba, Costa Rica, 1997.	96
Figura 31.	Comparación entre los valores observados y los valores predichos para la población MEX-EC-06-96. Turrialba, Costa Rica, 1997.	97
Figura 32.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-10-96. Chapingo, México. 1997.	99
Figura 33.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-13-96. Chapingo, México. 1997.	99
Figura 34.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-14-96. Chapingo, México. 1997.	100
Figura 35.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-01-97. Chapingo, México. 1997.	100

Figura 36.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-08-97. Chapingo, México. 1997.	101
Figura 37.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-15-96. Chapingo, México. 1997.	101
Figura 38.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-15-97. Chapingo, México. 1997.	102
Figura 39.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-02-96. Chapingo, México. 1997.	102
Figura 40.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-04-96. Chapingo, México. 1997.	103
Figura 41.	Comparación de la disminución del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-06-96. Chapingo, México. 1997.	103

Respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en áreas selectas de México

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta de *Echinochloa colona* al herbicida propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en México, se condujeron tres bioensayos bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, durante 1996-1998. Se consideraron 46 poblaciones de *E. colona* recolectadas en sitios selectos del país, tales como Tres Valles y Tierra Blanca, Veracruz.; Zacatepec, Morelos.; Tuxtepec, Oaxaca.; y Palizada, Campeche. Algunas de las poblaciones, también fueron evaluadas en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica. La germinación de las semillas se realizó en cajas de Petri con algodón húmedo en una germinadora calibrada a 30 °C; las plántulas obtenidas se trasplantaron en macetas con suelo estéril. Los tratamientos evaluados fueron 0.00, 0.72, 1.44, 2.88, 5.76, 11.52 y 23.04 kg/ha de propanil, los cuales se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Después de 15 a 20 días del trasplante (plantas con 4 a 5 hojas verdaderas, y 5 plantas por maceta) se aplicaron los tratamientos con una aspersora manual de mochila (primer bioensayo) y un equipo experimental presurizado a base de CO₂ (segundo y tercer bioensayo). Las I₅₀ (dosis de propanil requerida para reducir el 50 % del peso fresco) variaron entre 0.168 y 0.886. Las poblaciones se clasificaron en forma arbitraria de la siguiente manera: 12 poblaciones (26.08 %) muy susceptibles, 29 (63.04%) susceptibles y 5 (10.87 %) ligeramente resistentes. El mayor nivel de resistencia lo presentaron algunas poblaciones de Tres Valles y Tierra Blanca, Veracruz y Palizada, Campeche. El menor nivel de resistencia se presentó en poblaciones recolectadas en Zacatepec, Morelos y Tuxtepec, Oaxaca.

PALABRAS CLAVES: *Echinochloa colona*, resistencia, propanil, arroz.

RESPONSE OF *Echinochloa colona* (L.) Link TO PROPANIL IN RICE (*Oryza sativa* L.) IN SELECTED AREAS OF MEXICO

SUMMARY

To learn the effect of propanil herbicide *Echinochloa colona* in the rice crop (*Oryza sativa* L.) in Mexico, three bioassays were carried out under greenhouse conditions in the Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo State of Mexico, during 1996-1998. Forty six populations of *E. colona*, collected from selected areas of the country, such as Tres Valles and Tierra Blanca, Ver.; Zacatepec, Mor.; Tuxtepec, Oax. and Palizada Camp. Were tested. Some of the populations were also tested in the Tropical Agricultural Center for Research and Education (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. Seed germination was stimulated in Petri dishes with moistened cotton in a germinator chamber calibrated at 30 °C; Seedlings were transplanted to pots with sterilized soil. The evaluated treatments were: 0.00, 0.72, 2.88, 5.76, 11.52 and 23.04 kg/ha of propanil, and the experimental design was the random blocks with four replicates. Fifteen to 20 days after transplanting (plants with 4 to 5 true leaves, and 5 plants/plot) the chemical treatments were applied with the aid of a knapsack manual sprayer (first bioassay), and a CO₂ pressurized experimental equipment (second and third bioassay). The I₅₀'s (propanil rate required to reduce fresh weight by 50 %) varied from 0.168 to 0.886. The populations were classified arbitrarily as follows: 12 populations (26.08 %) very susceptible, 29 (63.04 %) susceptible and 5 (10.87 %) slightly resistant. The highest level of resistance was shown by the Tres Valles and Tierra Blanca, Ver., and by Palizada, Camp. populations. The lowest level of resistance was observed among populations collected from Zacatepec, Mor. and Tuxtepec, Oax.

Key words: *Echinochloa colona*, propanil, resistance, rice

I. INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una de las plantas más antiguas, no se ha determinado con exactitud la época en que el hombre comenzó a cultivarlo; sin embargo, la literatura China señala la siembra de esta especie desde el año 3,000 antes de Cristo (AC). En los Valles de Yang Tsé Kiang se han descubierto restos de arroz que se remontan a 3 o 4 mil años AC (Angladette, 1969).

El arroz fue introducido a México por Cortés y sus soldados en 1521. Las primeras siembras se realizaron en las llanuras costeras del estado de Veracruz (Calixto, 1990). El cultivo de arroz ocupa el segundo lugar en importancia en la producción mundial de granos alimenticios, después del trigo, y su producción se concentra fundamentalmente en los países Asiáticos (De Datta, 1986 y Chandler, 1984). Los principales países productores de arroz son: China, India, Indonesia, Bangladesh, Tailandia, Birmania y Japón (Flores, 1993).

Las entidades productoras de arroz en México son Sinaloa, Nayarit, Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos y Puebla (Calixto, 1990). En México el cultivo de arroz ocupa el cuarto lugar en producción de granos alimenticios, después del maíz, frijol y trigo. La superficie sembrada y la producción obtenida durante 1996 fue de 74,870 hectáreas con 367,029 toneladas de arroz palay producidas (INEGI, 1996 y SAGAR, 1997).

Las malezas que se asocian al cultivo de arroz juegan un papel importante en la producción. De acuerdo con Holm et al. (1977) las cuatro especies nocivas más importantes en el mundo en este cultivo son *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa colona*, *Fimbristylis miliacea* y *Cyperus difformis*. *E. colona*, conocida comúnmente como arrozillo, zacate pichichi, zacate pinto o zacate de agua, es la especie más importante en América Latina en cultivos de arroz de riego y de temporal; su control depende del uso de herbicidas selectivos tales como el propanil (González et al. 1983).

El propanil es el herbicida más usado globalmente para el control de *E. colona* en arroz; dicho producto actúa como inhibidor de la fotosíntesis. El arroz tolera al propanil gracias a su capacidad de convertirlo en moléculas inocuas, debido a la actividad de la enzima aril-acilamidasa, que convierten al propanil en 3,4-dicloroanilina y ácido propiónico (Frear y Still, 1968., Still y Kuzirian, 1967 y Yih et al. 1968).

Debido al constante uso de herbicidas en el control de malezas, se han desarrollado biotipos resistentes a los mismos (Valverde, 1995). Se estima que en América Central aproximadamente el 76 % de las poblaciones de *E. colona* en arroz presentan cierto nivel de resistencia a propanil (Valverde, 1996), es decir, de las 240,000 hectáreas de arroz cultivadas, aproximadamente 207,000 están infestadas con *E. colona* resistente a propanil. Por su parte Garita et al. (1995) mencionan que en Centro América se han encontrado poblaciones de arrozillo que soportan la aplicación de hasta 22.4 kg/ha de propanil.

Debido a la problemática anteriormente expuesta y considerando el amplio uso de propanil en las zonas arroceras de México, se planteó la realización de la presente investigación cuyos objetivos e hipótesis son los siguientes:

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la posible existencia de resistencia a propanil de diferentes poblaciones de *Echinochloa colona* provenientes de algunas áreas arroceras del país.

Objetivos particulares

- 1.- Determinar mediante bioensayos si alguna o algunas poblaciones de *E. colona* recolectadas en zonas selectas arroceras del país presentan resistencia al herbicida propanil.
- 2.- En caso de existir resistencia de *E. colona* a propanil, determinar el índice de resistencia de cada una de las poblaciones resistentes en relación con la población más susceptible.

HIPOTESIS

- 1.- Debido a la alta dependencia del propanil para el control de malezas en el cultivo de arroz, en la mayoría de zonas productoras de México existen poblaciones de *E. colona* resistentes al propanil.
- 2.- El nivel de resistencia en cada zona está relacionado con la intensidad de uso del herbicida propanil.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia mundial y nacional del cultivo de arroz

El cultivo de arroz ocupa el segundo lugar en importancia en la producción mundial de granos alimenticios, después del trigo. Su producción se concentra fundamentalmente en los países asiáticos donde la mayoría de ellos lo consideran como alimento principal, con un consumo (a excepción de la India, Sri Lanka y Pakistán), superior a los 100 kg de arroz pulido por habitante por año (De Datta, 1986 y Chandler, 1984).

Los principales países productores de arroz son China, India, Indonesia, Bangladesh, Tailandia, Birmania y Japón, de los cuales los dos primeros participaron con el 58.0 % de la producción mundial entre 1980 y 1990 (Flores, 1993).

Calixto (1990) menciona que el arroz fue introducido a México por Cortés y sus soldados en 1521; las primeras siembras de este cultivo se realizaron en las llanuras costeras del estado de Veracruz. En México existen tres regiones productoras de arroz (Figura 1). La primera se localiza sobre la costa del Océano Pacífico y comprende las entidades de Sinaloa, Nayarit, Colima, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. La segunda región se ubica sobre las costas del Golfo de México y comprende las entidades de Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Finalmente, una tercera región denominada zona centro, comprende las entidades de Jalisco, Michoacán, México, Morelos y Puebla (Calixto, 1990).

En México el cultivo de arroz ocupa el cuarto lugar en producción de granos alimenticios, después del maíz, frijol y trigo; la superficie sembrada y la producción obtenida durante 1996 fue en promedio 84,248 hectáreas y 384,205 toneladas de arroz palay respectivamente, proporcionando un rendimiento promedio de 4.6 ton/ha (Cuadro 1), (Flores, 1993; INEGI, 1996; y SAGAR, 1997).



FIGURA 1. Entidades productoras de arroz en los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 1996).

Cuadro 1. Superficie cosechada y producción de arroz en los Estados Unidos Mexicanos durante 1996 (SAGAR, 1997).

Entidad Federativa	Superficie cosechada (1996)		Producción Total (Toneladas)
	Riego	Temporal	
Campeche	2,394	14,851	41,948
Colima	3,364		19,517
Chiapas		1,771	2,851
Guerrero	743	557	6,638
Jalisco	3,736		15,821
México	338		1,947
Michoacán	5,282	391	40,848
Morelos	3,795		29,893
Nayarit	4,372	787	20,829
Oaxaca		1,900	8,160
Puebla	25		166
Quintana Roo	1,500		12,021
Sinaloa	2,453		11,335
Tabasco	2,365	2,790	17,106
Tamaulipas	1,141		5,093
Veracruz	4,260	25,431	150,082
Total	35,770	48,478	384,205

2.2. Tipos de cultivo de arroz y manejo de malezas

El arroz se produce tanto en condiciones de anegamiento como de secano, y hasta en condiciones de aguas profundas. A continuación se explican las cuatro principales formas del cultivo de arroz según Chandler (1984).

1. Arroz de riego "de tierra baja". El arroz cultivado en campos rodeados por diques, en que sistemas de riego abastecidos por pozos o ríos controlan la profundidad del agua, y se le denomina arroz regado de tierras bajas. Bajo este sistema los rendimientos son más altos que en otros sistemas de cultivo. Casi todo el arroz de los países con altos rendimientos, como Japón, Corea del Sur y China lo cultivan con riego y facilidad de drenaje;

asegurando así un abastecimiento controlado del agua. En México se cultivan unas 35,770 hectáreas en diferentes estados productores como se muestra en el Cuadro 1 (SAGAR, 1997).

2. Arroz inundado con agua de lluvia. Es un sistema común para cultivar arroz en el sur y sudeste de Asia, se le denomina campo inundado con agua de lluvia. Los campos tienen diques; después de las lluvias del monzón, con el agua acumulada en la superficie del suelo, el terreno se prepara y se siembra posteriormente. No existe un sistema similar de siembra en México.
3. Arroz de secano. El arroz cultivado en forma similar a la de cualquier otro cereal se llama arroz de secano. Bajo este sistema la labranza del suelo se realiza antes de que comience la estación lluviosa y la semilla de arroz se distribuye al voleo o con sembradora mecánica, se aplica poco fertilizante; no hay diques y por lo tanto el agua no se retiene en la superficie del terreno y el rendimiento promedio es menor a 2 ton/ha, aunque es común en Centro América, México y Sur América obtener rendimientos de hasta 4.0 ton/ha bajo este sistema. A este sistema de producción en México se le denomina de temporal. Se cultivan aproximadamente 48,478 hectáreas en diferentes entidades productoras de arroz (Cuadro 1) (SAGAR, 1997).
4. Arroz de aguas profundas o flotante. El arroz cultivado en áreas donde la profundidad del agua alcanza de 1 a 5 metros se llama arroz de aguas profundas o flotante. Extensas regiones de Bangladesh, Tailandia, India, Vietnam e Indonesia se inundan a esas profundidades todos los años. África occidental tiene extensas áreas de inundación profunda, en las que no se pueden sembrar otros cultivos, más que arroz. Las variedades sembradas en condiciones de aguas profundas tienen características genéticas especiales que las capacitan para sobrevivir y crecer. Sus entrenudos son capaces de alargarse hasta 10 cm por día conforme sube el nivel del agua.

Estas variedades tienen la capacidad de producir raíces adventicias en los nudos superiores y su sensibilidad al fotoperíodo les impide alcanzar la maduración antes de que el agua retroceda. El sistema corriente de cultivo es preparar al suelo cuando éste está seco o inmediatamente después de las primeras lluvias; luego la semilla se riega al voleo; normalmente éste tipo de arroz no se fertiliza. El termino "arroz flotante" se usa porque en ocasiones las plantas pueden ser arrancadas de raíz por vientos o corrientes fuertes, y en realidad quedan flotando. Sin embargo, aunque están en movimiento continuo extrayendo nutrientes de las aguas de inundación a través de sus raíces adventicias y conforme la inundación baja las plantas se restablecen en el suelo y hasta pueden producir nuevos brotes. En México no existe un sistema similar de siembra.

2.3. Control de malezas en el cultivo de arroz

Debido a que el arroz se adapta a diversas condiciones climáticas, las malezas asociadas con este cultivo son diferentes en función de la región; sin embargo, existen malezas que prosperan en casi todas las áreas arroceras, por tener hábitos acuáticos, tales como algunas gramíneas que se conceptúan como las malezas número uno del arroz. Este es el caso de zacate de agua o zacate pinto, *E. crus-galli* y *E. colona*, y el zacate cola de zorra, *Leptochloa chinensis*. Otras especies acuáticas que se asocian con este cultivo, pero que son de menor importancia son la empanadilla *Comelina diffusa* y las cyperáceas como el coquillo *Cyperus rotundus* y *Cyperus strigosus* (Calixto, 1990).

El método más común empleado para el control de malezas en arroz es la forma manual, la cual consume mucho tiempo y requiere mano de obra suficiente y oportuna. El deshierbe a mano requiere aproximadamente entre 300 y 1200 horas hombre de labor/ha; con frecuencia se requieren varios

deshierbes a mano para mantener el cultivo de arroz libre de malas hierbas (De Datta, y Roos, 1982).

En arroz inundado el problema de control de malezas es de menor importancia que en campos abastecidos con agua de lluvias o en arroz de secano, dado que el agua de inundación elimina por si misma algunas especies y retarda el crecimiento de otras. La decisión de deshierbar manualmente o usar herbicidas químicos es en gran parte, una cuestión económica donde debe considerarse el costo de los herbicidas en comparación con el control manual (Chandler, 1984). El mismo autor indica que el control de las malezas no tiene que hacerse por completo con productos químicos o totalmente en forma manual; la buena preparación del terreno, la rotación de cultivos, la siembra en hileras, el control mecánico y el uso de herbicidas son medidas que contribuyen al control de malezas.

2.4. Herbicidas autorizados y recomendados para el control de malezas en el cultivo de arroz

Valverde (1996) menciona que muchos herbicidas registrados para el cultivo de arroz pueden ser usados para el control de *E. colona* incluyendo anilofos, bifenox, butaclor, fenoxaprop-etil, molinate, oxadiazon, pendimetalina, quinclorac y thiobencarb. Muchos de estos productos son más costosos que el propanil, y algunos requieren de una buena preparación del terreno para la obtención de un buen control. Glifosato, setoxydim, fenoxaprop etilo, clomazone, pendimetalina y quinclorac son usados para el control de *E. colona* resistente a propanil bajo condiciones de campo en Costa Rica.

Es importante que el cultivo permanezca libre de malas hierbas durante los primeros 30 a 35 días después de la siembra, ya que es la etapa crítica de competencia. Para tal fin se sugiere el control químico por ser más económico

y menos laborioso que el deshierbe manual y para lo cual se recomienda la aplicación de herbicidas de la siguiente manera. 1. Control preemergente, se realiza mediante la aplicación de oxadiazon o pendimetalina de 3 a 5 días después del trasplante o siembra del arroz; 2. Control postemergente, el cual se puede realizar aplicando alguno de los siguientes productos según la maleza presente en el cultivo: propanil, triclopir, fenoxaprop-etil o 2,4-D (Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, 1996). Calixto (1990) menciona que los herbicidas de mayor uso en México para el control de malezas en el cultivo de arroz son el 2,4-D (Hierbester, Hierbamina) y el propanil (Stam LV10).

En el Cuadro 2 se indican los herbicidas autorizados por la Comisión Interdisciplinaria para el Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST, 1995) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicas (SARH, 1988) para el control de malezas en el cultivo de arroz.

Los herbicidas recomendados en México para el control de maleza en el cultivo de arroz son los que se muestran en el Cuadro 3 (Diccionario de especialidades agroquímicas, 1997).

Cuadro 2. Herbicidas autorizados para el cultivo de arroz en México (CICOPLAFEST, 1995 y SARH, 1988).

Nombre común	LMR (PPM)	gr de i.a por kg o l	Epoca de aplicación	Tipo de malezas que controla
2, 4- D	0.100	950	postemergencia	Hoja ancha
Fenoxaprop-etilo	0.050	120	Postemergencia	Zacates
Glifosato	0.001	480	preemergencia	Total
Molinate	0.001	720	postemergencia	Zacates
Oxadiazon	0.050	250	Preemergencia	Zacates y H.A
Pendimetalina	0.050	330	postemergencia temprana	zacates y Hoja ancha
Propanil	2.000	3650	postemergencia	zacates
Tiobencarb	0.200	960	preemergencia	Zacates y H.A
Triclopyr	0.300	480	postemergencia	Hoja ancha

LMR= Limite máximo de residuos, PPM= Partes por millón, gr= Gramos, i.a= Ingrediente activo, kg= kilogramos, l= Litros y H.A= hojas anchas.

Cuadro 3. Herbicidas recomendados para el control de malezas en el cultivo de arroz en México.

Nombre común	Nombres comerciales	Dosis l/ha	Epoca de aplicación
Acido 2,4-D	Full-mina*4 Agrester 490 C.E Cuproamina	1.5 a 3.0 1.0 1.0 a 2.5	Tratamiento postemergente de 4 a 8 semanas de emergido el cultivo.
Molinate + propanil	Arrosolo 3-3E	6.0 10 a 12	maleza de 2 a 4 cm. malezas de 8 a 12 cm.
Bentazona	Basagran 480	2.0	postemergencia sobre malezas de 2 a 4 hojas verdaderas.
Glifosato	Faena Velfosato	1.25 a 2.5 5.0 a 6.0	aplicaciones localizadas Aplicaciones totales.
Triclopyr	Garlón	1.0 a 1.25	Postemergencia temprana, arroz de 3 a 4 hojas.
Propanil	Pantox 360 C.E. Propavel Lv10 Stam Lv10 Surcopur	6.0 a 8.0 8.0 8.0 8.0 a 10.0	Dos semanas después de la emergencia del cultivo, malezas de 2 a 6 hojas u 8 a 10 cm de altura.
Paraquat	Paraquat 200 Gramoxone	1.5 a 3.0	preemergencia al cultivo.
Pendimetalina	Prowl 400	4.0	Preemergencia a la maleza, 4 días después del riego de germinación.
Oxadiazon	Ronstar 25 C.E.	4.0	Preemergencia a la maleza, 2 a 4 días después del riego de germinación.

l= litros y ha= Hectárea

2.5. Importancia de *E. colona* y otras malezas en el cultivo de arroz

Una de las principales limitaciones en la producción de arroz es el efecto negativo de las malezas a través de la interferencia directa, resultando en una disminución en el rendimiento, como hospederas de plagas y por la disminución en la calidad del grano por contaminación de semillas de malezas. *E. colona* es la especie más importante en América Latina en cultivos de arroz de riego y de temporal, su control depende del uso de herbicidas selectivos tales como el propanil. El control de malezas en general en el cultivo de arroz requiere de

una inversión de aproximadamente 26 % del costo del cultivo en Centro América (González et al. 1983).

El arroz, al igual que todos los cultivos agrícolas, no escapa al ataque de plagas y enfermedades. Aunado a estos, las malezas reducen el rendimiento y calidad del grano al competir con el cultivo por espacio, luz, agua y nutrientes, además de contaminar el grano con sus semillas. La competencia de las malezas puede ser tan severa respecto al arroz que en casos extremos de crecimiento descontrolado de la malezas, éstas pueden ocasionar la pérdida total de la cosecha (Center for Overseas Pest Research, 1976). Lo que no se advierte generalmente es que puede haber una reducción significativa en el rendimiento, no obstante la puesta en práctica de procedimientos normales de control y a pesar de que la plantación parezca normalmente sana, a diferencia de las enfermedades y plagas que producen destrucción visible, las malezas pueden ocasionar hasta el 20 % de pérdidas de la cosecha sin que se observe ningún síntoma obvio de inanición. Además de los efectos directos sobre el rendimiento, las malezas también pueden disminuir el valor de la comercialización de la cosecha al reducir la calidad, aumentar el costo de la cosecha, secado y limpia y servir como posibles hospederas de insectos y enfermedades virosas. Por ejemplo *Echinochloa sp.* se le ha asociado con la incidencia de *Oeavalus pugnax* y *Lissorhyotus orizophilus* (Center for Overseas Pest Research, 1976).

Holm et al. (1977) mencionan que las cuatro especies nocivas más importantes a nivel mundial en el cultivo de arroz son: *E. crus-galli*, *E. colona*, *Fimbristylis meliacea* y *Cyperus difformis*. De estas, *E. colona* se encuentra distribuida en la zona ecuatorial, mientras que *E. crus-galli* se distribuye hacia el norte y sur de la zona ecuatorial. Los mismos autores señalan que un segundo grupo de malezas importantes a nivel mundial lo componen: *C.*

rotundus, *Ischaemum rugosum*, *Eleusine indica*, *Sphenoclea zeylandica*, *Monochoria vaginalis* y *C. iria*.

González et al. (1981) señalan que las especies de malezas más importantes que infestan el cultivo de arroz de secano en América Latina son: *E. colona*, *E. indica*, *Leptochloa spp*, *Cynodon dactylon*, *C. rotundus*, *C. odoratus* y *O. sativa* (arroz rojo). Bajo el sistema de riego las malezas predominantes son: *E. colona*, *E. indica*, *C. odoratus*, *E. crus-galli*, *Paspalum spp*, *Polygonum spp*, *O. sativa*, *C. dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *C. rotundus*, *I. rugosum*, *Ludwigia decurrens* y *Eclipta alba*.

Fisher y Ramírez (1993) realizaron dos experimentos en Colombia para estimar las pérdidas ocasionadas por las malezas en el cultivo de arroz cultivar "Oryzica 1". Ellos evaluaron diferentes densidades de *E. alba*, *L. filiformis*, *E. indica* mezcladas con *E. colona* y *E. crus-galli*. Los resultados que ellos obtuvieron demuestran que sólo densidades mayores a 20 plantas por metro cuadrado justifican la aplicación de herbicidas, 30 días después de la emergencia del cultivo, ya que esta densidad disminuye el rendimiento en un promedio de 100 kg/ha.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (1983) menciona que la relación de malezas en campos de cultivo de arroz es la siguiente: acuáticas 42.6 %, Cyperáceas 35.8 %, hoja ancha 18.0 % y gramíneas 3.6%. El peso seco de todos los grupos de la comunidad de malezas correlacionan negativa y significativamente con el rendimiento (Acuáticas $R = -0.7976^{**}$, cyperáceas $R = -0.8665$, hoja ancha $R = -0.9357^{**}$ y gramíneas $R = -0.535^{**}$). La misma fuente señala que la ecuación de regresión para estimar el rendimiento del arroz en función del peso seco de las malezas presentes en el campo es $Y = 3.47 - 0.00293 X$. Con base en esta ecuación, la pérdida en la producción de arroz en

función de la cantidad de malezas es de 0.815 kg de arroz por cada kilogramo de materia seca de malezas por metro cuadrado.

La palabra *Echinochloa* se deriva del griego "*Echinos*" = erizo y "*Chloa*" = césped. Este pasto pertenece a la familia Poaceae. Es una planta anual, de tallo erecto, herbáceo decumbente, ramificado en la base, de color verde, con una altura entre 30 a 75 cm; hojas linear lanceoladas, de 2.5 a 3 cm de ancho y de 3 a 6 cm de largo, glabras y sin lígula. Su inflorescencia es de color verde-morado, con 3 a 8 racimos de 1 a 3 cm de longitud y su fruto es una cápsula (Villarias, 1979 y Morales, 1987).

E. colona es una gramínea anual conocida comúnmente como arrochillo, zacate pichichi, zacate pinto o zacate de agua. Es la maleza principal del cultivo de arroz junto con otra especie congénere (*E. crus-galli*). Esta especie se adapta muy bien a las modalidades del cultivo de arroz, incluyendo el anegamiento. Por su alta producción de semillas viables, cada planta puede producir entre 3,000 y 6,000 semillas, por lo que puede alcanzar densidades muy altas en los plantíos y desplazar al cultivo gracias a su alta capacidad competitiva, pudiendo causar la pérdida total del cultivo si no se toman medidas de control (Valverde, 1995).

Holm et al. (1977) mencionan que *E. colona* es un serio problema en cultivos de arroz, caña de azúcar, algodonero, maíz y sorgo en todo el mundo, pero principalmente en zonas tropicales y subtropicales. Así mismo, indican que esta especie sólo se reproduce por semilla, aunque bajo condiciones adecuadas puede producir nuevas plantas mediante el enraizamiento de los nudos basales de los tallos. Además señalan que las semillas producidas por cada planta presentan un letargo de aproximadamente 8 semanas, y requieren largos periodos de luz para su germinación. Andersen (1968) señala que el mayor porcentaje de germinación de *E. colona* bajo condiciones de laboratorio

en cajas de Petri, se obtuvo cuando las semillas se sometieron a luz continua con lámparas y a una temperatura de 25 °C.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (1983) reporta a *E. colona* y otras especies de gramíneas que crecen en los arrozales como hospederas de insectos, tales como *Sogatodes oryzicola*, el cual es transmisor de la enfermedad "virus de la hoja blanca del arroz".

2.6. Herbicida propanil

El propanil es un herbicida postemergente que pertenece a las acetanilinas, dicho herbicida no presenta efectos residuales y es usado para el control de numerosos pastos y malezas de hoja ancha en el cultivo de arroz (Meister, 1992). A pesar de que el propanil es soluble en agua y adsorbido sólo débilmente por las partículas del suelo ($K_{oc} = 188$ g/ml), éste es rápidamente degradado en el suelo, eliminándose prácticamente el potencial para contaminar las aguas subterráneas. El propanil es rápidamente degradado por los microorganismos en el suelo; tiene una vida media en el suelo de 1 a 3 días bajo condiciones cálidas húmedas. Los hongos lo usan como fuente de carbono y las bacterias lo utilizan para producir altas cantidades de productos colorantes como el tetraclorobenceno (United States Department of Agriculture Soil Conservation Service, 1990).

El propanil es incompatible a la combinación de los insecticidas carbamatos y organofosforados; la mezcla con este tipo de plaguicidas incrementa la toxicidad del propanil hacia el arroz. Deben transcurrir por lo menos dos semanas antes o después de la aplicación del propanil para poder emplear estos insecticidas con un buen margen de seguridad. Los efectos tóxicos de estas mezclas hacia los mamíferos y peces también se incrementan.

El propanil tampoco se recomienda aplicarlo en mezcla con fertilizantes foliares (Hallenbeck y Cunningham-Burns, 1985).

El propanil es el herbicida más usado mundialmente para el control de *E. colona* en arroz. Actúa como inhibidor de la fotosíntesis, su absorción en el arroz y las especies susceptibles es similar; su transporte es limitado. El arroz tolera al propanil gracias a su capacidad de convertirlo en moléculas inocuas. El arroz tiene niveles muy altos de la enzima aril-acilamidasa que convierten al propanil en 3,4-dicloroanilina y ácido propiónico; el primer compuesto posteriormente es conjugado con azúcares dentro de la planta. La selectividad puede perderse si el propanil se combina con insecticidas organofosforados o carbamatos, por su efecto inhibitorio de la aril-acilamidasa (Leah et al. 1995).

De acuerdo con Gómez (1993) y el Diccionario de Especialidades Agroquímicas (1997), el propanil es un herbicida de uso exclusivo para el cultivo de arroz para el control de malezas de hoja ancha, pastos y cyperáceas entre las cuales se pueden mencionar: *Capsella bursa-pastoris*, *Aeschynomene virginica*, *Alternanthera philoxeroides*, *Amaranthus retroflexus*, *Anagalis arvensis*, *Brassica hirt*, *Rumex crispus*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Senecio vulgaris*, *Stellaria media*, *Digitaria sanguinalis*, *E. colona*, *E. crus-galli*, *Panicum oryzoides*, *Aeschynomene virginica*, *C. articulatus*, *C. rotundus*, *Eleocharis purvula* y *Fimbristylis miliaceae* entre otras. En México este producto se comercializa con los nombres de Surcopur, Stam LV10, Herbax, Pantox y STAM 540.

Para aprovechar su eficacia biológica, se recomienda aplicarlo a razón de 8 l/ha (2,9 kg i.a./ha) cuando las gramíneas están suculentas y creciendo vigorosamente, hasta un estado de 4 hojas. Si las gramíneas tienen de 4 a 5 hojas y han empezado a macollar se sugiere elevar la dosis a 15 l/ha. En caso de nuevas emergencias se recomienda la aplicación de 10 l/ha sobre malezas

en pleno macollamiento que han alcanzado una altura de 10 a 30 cm. No se recomienda el uso de más de 30 l/ha desde la siembra hasta la cosecha. Para un mejor control se recomienda una buena cobertura de las malezas presentes lo cual se obtiene con gotas entre 0.4 y 0.8 mm de diámetro, usando boquillas de abanico Tee-jet 8002 u 8004 (Diccionario de Especialidades Agroquímicas, 1997).

2.6.1. Propiedades físicas del propanil

De acuerdo con el Occupational Health Services (1991) y Windholz (1976) las propiedades físicas más importantes del propanil son las siguientes.

Gravedad específica : 1.25 a 25 °C.

Solubilidad en agua ; 225 ppm a 25 °C.

Punto de fundición : 91 a 93 °C (196 a 199 °F).

Punto de inflamación : 100 °C.

Presión de vapor : insignificante.

Koc : 188 g/ml.

Densidad: 1.054 a 25 °C.

Clasificación química/uso: Herbicida amida; derivada de las anilinas.

2.7. Importancia de la resistencia de malezas a herbicidas

Byrd et al. (1997) indican que la Sociedad Americana de la Ciencia de la Maleza define a las malezas resistentes como "especie o biotipo de una especie que originalmente eran controladas por un herbicida específico, el cual ya no es efectivo para su control".

Cuando se observaron los primeros casos de resistencia de insectos a insecticidas, los investigadores pensaron que era difícil que las malezas desarrollaran resistencia a herbicidas por las siguientes razones:

1. Las malezas, aun las anuales, presentan un ciclo de vida largo comparadas con los insectos
2. Las malezas no son móviles ni afectadas por las condiciones ambientales como los insectos.
3. Existe un amplio rango de herbicidas con diferente modo de acción.
4. La rotación de cultivos ofrece la posibilidad de usar diferentes herbicidas en el campo.
5. Las labores culturales y uso de diferentes herbicidas pueden controlar malezas resistentes, esto asume que la integración de métodos de control es más común en el control de malezas.
6. El gran reservorio de semillas de malezas susceptibles en el suelo (banco de semillas).
7. Las especies resistentes probablemente perderían competitividad y no sobrevivirían (Zimdahl, 1993). El mismo autor señala que la resistencia sólo podría ocurrir si se presentara uno o la interacción de los siguientes factores:

1. Cuando el herbicida presente una alta eficiencia de control de la especie.
2. Cuando las semillas de las malezas presenten una viabilidad baja, cuando se encuentren en el suelo.
3. El herbicida fuera muy persistente en el suelo.
4. El herbicida fuera usado frecuentemente, anualmente o más de una vez por año.
5. El herbicida presentara un sitio de acción muy específico.
6. Se usaran dosis altas del herbicida.
7. No se practicara la rotación de herbicidas ni de cultivos.

La falta de control durante la aplicación de un herbicida no significa que la especie o biotipo de esa maleza sea resistente al herbicida aplicado. Existen diversos factores que influyen en la eficiencia de los herbicidas, entre los cuales se pueden citar a la cobertura de la aplicación, método de aplicación, dosis del herbicida, tipo de maleza, y condiciones ambientales durante la aplicación. La falta de control puede ser debida también a factores genéticos de la maleza, los cuáles influyen en la tolerancia o resistencia a los herbicidas (Byrd et al., 1997). La resistencia puede pasar desapercibida por muchos años, hasta que un alto porcentaje de individuos de la especie sobrevivan a la aplicación de un tratamiento herbicida; los biotipos resistentes sobreviven y producen semilla y la población de individuos resistentes se incrementa cada vez más en relación a los individuos susceptibles.

La resistencia de malezas a herbicidas depende mucho del modo de acción y de la residualidad de los herbicidas, por ejemplo el grupo de las sulfonilureas son altamente residuales y con un mecanismo de acción específico. Se ha documentado que en poco tiempo de uso continuo se pueden presentar biotipos resistentes, por ejemplo, en los Estados Unidos de América se han observado biotipos resistentes de *Lactuca serriola*, *Kochia scoparia* y *Salsola iberica* a los herbicidas clorsulfuron y metsulfuron-metilo. También se han detectado poblaciones de *Stellaria media* resistentes a clorsulfuron (Reed et al. 1989).

Mundialmente se reportan más de 25 especies de malezas resistentes a triazinas, de las cuales 15 son pastos. La mayoría de las poblaciones resistentes han sido reportadas en Estados Unidos de América, Canadá y Europa. Sin embargo, la resistencia a triazinas también ha sido confirmada en Israel, Australia y Nueva Zelanda. Desde el primer reporte de resistencia a triazinas en *Senecio vulgaris* en Washington en 1968, los casos de resistencia se han incrementado notoriamente en pocos años. La mayoría de los casos de

resistencia a triazinas reportados se deben al uso de un herbicida por largo tiempo y con más de una aplicación por año (LeBaron, 1982). En la actualidad en EE. UU. se considera que existen 49 especies de malezas de 35 géneros resistentes a las triazinas. La mayoría de especies que han desarrollado resistencia a triazinas son dicotiledoneas; sin embargo, en la década de los 80's se encontraron en California poblaciones de *Poa annua* resistentes en campos donde se habían usado triazinas por 15 años consecutivos (Putwain y Collin, 1989).

Los factores que determinan la resistencia están ligados principalmente a la presión de selección que ejerce el herbicida. Cuanto mayor sea la mortalidad real causada por el herbicida, mayor será la presión a seleccionar individuos resistentes (Valverde, 1995). La resistencia de *Poa annua* a paraquat en Australia se atribuye a la aplicación de este herbicida por más de 24 años consecutivos (Putwain y Mortimer, 1989). El uso continuo de un herbicida en condiciones de monocultivo, especialmente si es persistente y posee un mecanismo de acción muy específico, puede provocar la evolución de resistencia en pocos años.

Radosevich y Holt (1984) mencionan como los factores más importantes en la evolución de resistencia de malezas a los herbicidas los siguientes:

1. Persistencia del herbicida.
2. Susceptibilidad del biotipo.
3. La habilidad de la maleza para producir semilla, cuando ésta no se muere completamente después de una aplicación.
4. Reservorio de semillas susceptibles en el suelo.
5. Dosis de aplicación.
6. Número de aplicaciones por ciclo.
7. Tipo de suelo.

8. Condiciones ambientales.
9. Mecanismo de acción del herbicida.

Recientemente, se inició un recuento internacional de malezas resistentes a herbicidas (Heap, 1998) según el cual en la actualidad existen 210 biotipos de malezas resistentes a herbicidas en 44 países. algunos de los casos más importantes se enlistan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Casos más importantes de resistencia reportados a nivel mundial (Heap, 1998).

Especie	Cultivo	Resistente a	País	Año de reporte.
<i>Poa annua</i>	Pastos	Diuron	U.S.A.	1994
	Lopulo	Paraquat	Bélgica	1993
	Pastos	Atrazina	U.S.A.	1994
	C. de golf	Simazina	Japón	1982
<i>Cynodon dactylon</i>	Soya	Oxiflurfen	Indonesia	1993
<i>Solanum nigrum</i>	Hortalizas	Paraquat	Malasia	1990
	Maíz	Atrazina	Alemania	1980
	Maíz	Atrazina	Bélgica	1981
	Maíz	Atrazina	España	1978
	Maíz	Atrazina	Italia	1995
<i>Stellaria media</i>	Cebada	Clorsulfuron	Dinamarca	1991
		Clorsulfuron	N. Zelanda	1995
	Maíz	Atrazina	Alemania	1978
<i>Senecio vulgaris</i>	Menta	Bromoxinil	U.S.A.	1995
	Hortalizas	Linuron	Suiza	1987
	Caminos	Atrazina	Alemania	1980
	Maíz	Simazina	Bélgica	1982
	Caminos	Simazina	R. Unido	1982
	Chile	Simazina		1995
<i>Phalaris paradoxa</i>	Trigo	Diclofop	México	1996
<i>Bidens pilosa</i>	Soya	Imazaquin	Brasil	1993
	Café	Paraquat	Kenia	1991
<i>Lolium multiflorum</i>	Trigo	Diclofop	U.S.A.	1987
	Cereales	Diclofop	R. Unido	1990
	Trigo	Diclofop	Sudáfrica	1993
<i>Sorghum halepense</i>	Soya	Fluazifop	U.S.A.	1991
		Dinitroanilinas	U.S.A.	1992
<i>Brassica campestris</i>	Maíz	Atrazina	Canadá	1997
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Trigo	Clortoluron	R. Unido	1982
	Trigo	Clortoluron	España	1991
	Trigo	Isoproturon	Alemania	1983
	Trigo	Isoproturon	Bélgica	1996
	Trigo	Fenoxaprop	Bélgica	1996

2.8. Trabajos relacionados con la resistencia de *Echinochloa* sp a propanil

La confirmación de resistencia en poblaciones de malezas es un proceso lento, puesto que se requiere la recolección de semillas u otros órganos de reproducción. A partir de tales propágulos, se deben obtener plántulas bajo condiciones ambientales controladas, a las que se aplica el herbicida para valorar su respuesta a dosis crecientes. Las semillas recolectadas pueden requerir de un período de reposo o cierta temperatura antes de germinar. Para la evaluación de la resistencia se recomienda también la recolección de semillas o propágulos en lugares donde no exista una tradición de uso del herbicida al que se sospecha que hay resistencia (poblaciones susceptibles) para comparar su respuesta con aquellas recolectadas en lugares donde sí hay indicios de resistencia (Byrd *et al.* 1997).

A pesar del avance en las prácticas culturales y la tecnología de los herbicidas, se continúa teniendo problemas para el control de las malezas. El uso del propanil por más de 30 años en el Suroeste de los Estados Unidos de América ha dado como resultado la resistencia de *E. crus-galli* a propanil; la cual es más frecuente en zonas donde el propanil es usado por más de cuatro años continuos. También se ha documentado recientemente la resistencia de 4 especies de malezas acuáticas al bensulfuron. A pesar del desarrollo de herbicidas con diferentes mecanismos de acción para el manejo de la resistencia, las consecuencias sociales y ambientales han demostrado que el desarrollo y registro de nuevos herbicidas para el control de malezas en el cultivo de arroz ha incrementado significativamente el costo de producción del cultivo (Hill *et al.* 1994).

De acuerdo con Heap (1988) *E. colona* y *E. crus-galli* son resistentes a diversos herbicidas tal como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Síntesis acerca de la resistencia de *E. colona* y *E. crus-galli* a herbicidas (Heap, 1998).

Especie	Cultivo	Resistente a	País	Año de reporte
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Arroz	Butaclor	China	1993
	Arroz	Tiobencarb	China	1993
	Arroz	Propanil	Grecia	1986
	Tierras de cultivo	Propanil	U.S.A.	1991
	Tierras de cultivo	Atrazina	U.S.A.	1978
	Maíz	Atrazina	Canadá	1981
	Huertos	Atrazina	España	1992
		Atrazina	Polonia	1995
		Triazinas	Francia	1982
<i>Echinochloa colona</i>	Arroz	Propanil	Costa Rica	1987
	Arroz	Propanil	Colombia	1993
	Arroz	Propanil	América Central	1995
	Arroz	Fenoxaprop-etilo	Costa Rica	1995
	Arroz	Fenoxaprop-etilo	Colombia y	
			Nicaragua	1996

Uno de los casos más recientes de resistencia de malezas a herbicidas, es el de *E. colona* resistente al propanil. Originalmente fue documentado en Costa Rica y luego en Colombia y el resto de América Central (Garita et al. 1995). Con la aparición de este problema se incrementaron las dosis y frecuencia de aplicaciones, lo cual aumentó la presión de selección con un correspondiente aumento en el desarrollo de la resistencia.

Valverde (1996) estima que en América Central aproximadamente el 76% de las poblaciones de *E. colona* en arroz presentan cierto nivel de resistencia a propanil. El indica que de las 240,000 hectáreas de arroz cultivadas aproximadamente 207,000 estarían infestadas con *E. colona* resistente a propanil.

Garita et al. (1995) mencionan que en Centro América se han encontrado poblaciones de *arrocillo* que soportan la aplicación de 22.4 kg/ha de propanil, es decir, soportan 70 veces más producto que una población susceptible de referencia, dependiendo del lugar de crecimiento y de la presión de selección o manejo del cultivo en el lugar de recolecta de las semillas de *E. colona*.

Garro et al. (1991) comparó varias poblaciones de *E. colona* provenientes de campos de Costa Rica con diferentes historiales de uso de propanil con base en los valores de GR_{50} , es decir, la dosis de propanil requerida para disminuir el crecimiento de las plantas a la mitad. Las poblaciones provenientes de sitios donde el propanil fue usado por más de 5 años mostraron cierto nivel de resistencia. En las fincas en que se hacían dos aplicaciones por año o más, las poblaciones de *E. colona* exhibieron un decremento mayor de 8 veces en susceptibilidad a propanil.

En Costa Rica, Nicaragua y Panamá, la resistencia de *E. colona* se asociada con la dependencia del herbicida propanil por un período de más de 20 años, frecuentemente con dos o más aplicaciones por año. Una situación similar ocurre en EE. UU. y Europa con *E. crus-galli* que ha evolucionado resistencia en muchas áreas. Esto sugiere que la resistencia a propanil es seguramente un problema serio donde se ha hecho uso continuo y exclusivo del propanil para el control de dichas especies de malezas (Giannopolitis y Vassilius, 1989).

Taylor (1995) reporta la resistencia de malezas acuáticas a bensulfuron metilo (Londax), de coquillo (*Cyperus diformis*) en campos de arroz en Nueva Gales del Sur, después de evaluar por un período de tres años la persistencia de bensulfuron metil y 12 nuevos herbicidas selectivos al arroz.

La resistencia de *E. crus-galli* al propanil fue reportada en EE. UU. por primera vez en el condado de Poinsett, Arkansas, en 1990 y posteriormente fue confirmada en 152 poblaciones en 16 condados. Se encontró que la resistencia de *E. crus-galli* al propanil fue mucho más frecuente donde este producto era usado año tras año, o por un período mayor a tres años de uso consecutivo para el control de dicha maleza. Además, en los trabajos de campo y de laboratorio durante 1995 se observó que las poblaciones moderadamente resistentes eran mezclas de biotipos susceptibles y resistentes (Baldwin et al. 1995, Baldwin et al. 1996 y Talbert et al. 1996).

Carey et al. (1995) indican que en pruebas de invernadero realizadas a poblaciones de semillas de *E. crus-galli* recolectadas en Arkansas, los valores de I_{50} (dosis de herbicida requeridas para ocasionar el 50 % de daño o control) fueron 14, 20 y 34 kg/ha para poblaciones de *E. crus-galli* ligera, moderada y altamente resistentes. Un factor de resistencia de 20X fue encontrado en *E. crus-galli* altamente resistente. El desarrollo de la resistencia se correlacionó con campos de arroz donde había sido utilizado propanil por más de 2 o 3 años consecutivos.

Fischer et al. (1993) al estudiar en invernadero la relación de las variables dosis-respuesta para estimar los valores de GR_{40} (dosis necesaria para ocasionar el 40 % daño) obtuvieron diferentes niveles de resistencia en poblaciones de *E. colona* recolectadas en campos de cultivo con diferente historial de uso de propanil, comparados con poblaciones obtenidas en campos donde nunca se había usado propanil. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de GR_{40} para poblaciones donde no se había hecho uso de propanil (poblaciones susceptibles) varió entre 0.36 y 0.50 kg/ha, mientras que para poblaciones donde se había hecho uso del propanil (poblaciones resistentes) los valores de GR_{40} fueron entre 1.1 y 3.1. Además señalan que no existen notables diferencias entre los dos tipos de poblaciones, destacando el

crecimiento y morfología de las plantas, variabilidad en el área foliar, variabilidad en biomasa, variabilidad en tasas medias de crecimiento y tasa de asimilación neta. Estos factores no tuvieron relación alguna con el nivel de resistencia de *E. colona* a propanil. Sin embargo, en este mismo estudio, observaron que la producción de semillas fue menor en plantas resistentes que en plantas susceptibles.

Pruebas de laboratorio e invernadero con biotipos susceptibles y resistentes de *E. crus-galli* y propanil radioactivo realizadas en Arkansas determinaron que no existen diferencias en absorción y transporte del propanil que puedan considerarse como la causa de la resistencia (Carey et al. 1996), corroborando lo que ya se había documentado con *E. colona* (Leah et al. 1994). En estudios adicionales se usó la fluorescencia de la clorofila para medir la resistencia y se detectó que la fotosíntesis era inhibida en mucho mayor grado en las plantas susceptibles tratadas con propanil que en las resistentes (Talbert et al. 1996).

Poblaciones de *E. crus-galli* resistentes a propanil, previamente verificadas en campos de arroz. Pruebas invernadero en Arkansas, fueron examinadas en laboratorio para determinar el mecanismo de resistencia en estos biotipos de malezas. La resistencia a propanil en *E. crus-galli* fue superada en el invernadero cuando el carbaril (Inhibidor de la enzima aril acilamidasa) fue aplicado dos días antes del propanil (Carey et al. 1997). Estudios de laboratorio usando ^{14}C indicaron que el herbicida fue metabolizado a 3,4- dicloroanilina en *E. crus-galli* resistente a propanil y en plantas de arroz, pero no se detectó metabolismo en las plantas susceptibles. Estos resultados concuerdan con los estudios que se habían realizado con *E. colona* resistente a propanil proveniente de Costa Rica y Colombia.

La diferencia entre una planta de *E. colona* susceptible y una resistente a propanil se tiene en el metabolismo o degradación del herbicida. El metabolismo del propanil es mayor en plantas de *E. colona* resistentes que en susceptibles, en ellas el propanil permanece más tiempo como tal dentro de la planta que en las resistentes. La actividad de la enzima aril acilamidasa (aril acilamidasa aminohidrolasa) es mayor en plantas resistentes, donde dicha enzima convierte al propanil en 3,4- dicloroanilina y ácido propiónico (Figura 2), lo cual ocurre en menor grado en las plantas susceptibles. La actividad de dicha enzima tanto en plantas resistentes como susceptibles aumenta con el estado de crecimiento hasta los 15 días y luego decrece a los 36 días de edad aproximadamente al 50 % (Leah et al. 1994, Valverde et al. 1995 y Valverde et al. 1997). En plantas de *E. colona* resistentes a propanil la actividad de esta enzima fue similar a la del arroz (aproximadamente 80 %), mientras que en plantas susceptibles sólo alcanza un 25 % en comparación con la del arroz. Lo anterior indica que hay una actividad tres veces mayor en plantas resistentes que en plantas susceptibles. En resumen, la resistencia a propanil de *E. colona* se debe al incremento de la actividad de la enzima aril acilamidasa.

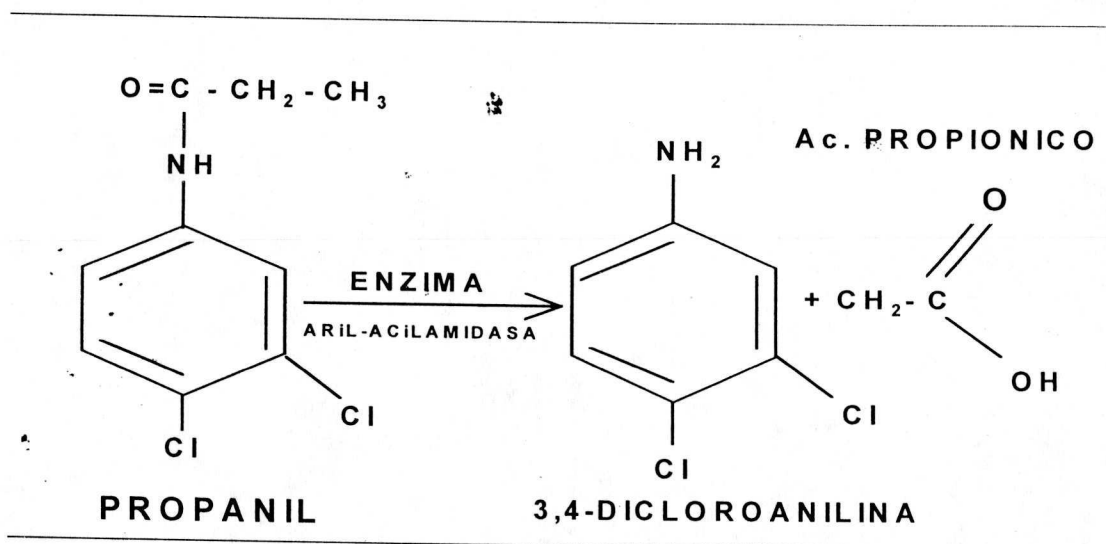


Figura 2. Degradación enzimática del propanil en plantas de *E. colona* resistentes a propanil (Valverde et al. 1995).

Guevara et al. (1994) realizaron estudios en los que se comparó la media de la actividad enzimática específica de la aril acilamidasa presente en extractos de hojas de arroz y de *E. colona*. Las plantas de arroz se obtuvieron de cultivares de arroz comunes en Costa Rica y las plantas de *E. colona* provenían de campos de la región arroceras del Pacífico central de Costa Rica, con más de 20 años de tradición en el uso del propanil. Se utilizó la F₁ de plantas de *E. colona* que resistieron tratamientos con propanil de 6.0 y 15.0 kg i.a./ha, dosis equivalente a 2X y 5X de las que se usan comercialmente (3.0 kg i.a./ha). En esta investigación se encontró que la media de la actividad enzimática para las muestras de arroz fue de 258 U/mg (U=1nM 3,4-dicloanilina/h). en tanto que la actividad enzimática específica para las muestras de *E. colona* (2X) fue de 259 U/mg y para las muestras de *E. colona* (5X), fue de 463 U/mg. De lo anterior se concluyó que las muestras de *E. colona* se catalogan como resistentes porque alcanzan el nivel de actividad enzimática natural del arroz (muestras 2X) y que al aumentar presión de selección del herbicida, se sobrepasó el nivel natural de actividad enzimática del arroz (muestras 5X). Además el estudio permitió demostrar que aquellas plantas que sobrevivieron a altas dosis de propanil transmitieron esa característica a su descendencia.

Las bases morfológicas y fisiológicas de la respuesta de *Ageratum conyzoides*, *O. sativa*, *E. colona* y *C. rotundus* a aplicaciones post-emergentes de propanil fueron estudiadas en pruebas de invernadero durante 1990 y 1991. La retención, absorción y transporte del propanil por las raíces de las plantas fue medida usando un espectrofotómetro visor de rayos ultravioleta (UV). El área foliar, ángulo de las hojas y densidad estomatal fueron determinadas cuantitativamente. La distribución estomatal y la densidad de la cera epicuticular fueron observadas en fotomicrografías de sección transversal de las hojas. Los resultados demostraron que *A. conyzoides* retuvo más propanil en la superficie de las hojas, absorbió y transportó mayor cantidad de propanil

dentro de los tejidos de la planta; esta especie presentó una capa de cera epicuticular más delgada que las otras especies, también exhibió una alta densidad estomatal y una gran área foliar, así como una adecuada distribución estomatal. Lo anterior sugiere que estos factores pueden ser los responsables de la susceptibilidad de *A. conyzoides* a propanil en campos de arroz. *E. colona* y *C. rotundus* retuvieron pequeñas cantidades de propanil en la superficie foliar, lo absorbieron y transportaron en menor grado a tallos y raíces. De lo anterior puede inferirse que estos factores pueden contribuir a la selectividad del propanil (Evbuomwan y Akinyemiju, 1995).

Leah et al. (1995) evaluaron el transporte y metabolismo del propanil en biotipos susceptibles y resistentes de *E. colona* en diferentes etapas de crecimiento. Ellos encontraron que no existen diferencias en cuanto al transporte del propanil entre biotipos susceptibles y resistentes, pero el transporte se redujo substancialmente con el desarrollo de la planta. El metabolismo del propanil fue más rápido en los biotipos resistentes que en los susceptibles en todos los estados de desarrollo estudiados. La especificidad y actividad de la enzima aril acilamidasa, responsable en primera instancia del metabolismo del propanil, fue más alta en biotipos resistentes en todos los estados de desarrollo, pero disminuyó alrededor del 50 % del máximo en las plantas de mayor edad, confirmando la importancia de esta enzima en la transferencia de resistencia a propanil de *E. colona*. De este estudio se concluyó que en *E. colona* el metabolismo del propanil es lo que le confiere la resistencia en plantas jóvenes (4 a 6 hojas), esto también hace sugerir que el escaso transporte en las plantas adultas es un factor complementario en la resistencia de las plantas adultas.

Los mismos autores estudiaron en 1997 el efecto de inhibidores de las mono-oxigenasas como tridifane, butóxido de piperonilo y procloraz en el transporte, metabolismo y fitotoxicidad del propanil en biotipos susceptibles y

resistentes de *E. colona*. Ninguno de los tres inhibidores afectó el transporte del propanil. El primer metabolito de la degradación enzimática del propanil (3,4-dicloroanilina) se acumuló en altos niveles en *E. colona* tratada con cada uno de los inhibidores mezclados con propanil, comparado con aplicaciones de propanil solo. La acumulación de metabolitos secundarios (glucosil 3,4-dicloroanilina y subproductos) fue reducida en presencia de los inhibidores comparado con las aplicaciones de propanil solo. El daño causado por el propanil a las hojas comparado con propanil más inhibidor fue significativamente mayor en los tratamientos de propanil más inhibidor. La actividad de las peroxidasas se determinó en extractos crudos de biotipos resistentes de *E. colona*, usando 3,4-dicloroanilina como sustrato, en presencia y ausencia de inhibidores y del inhibidor específico de peroxidasa, ácido salicilhidroxaminico. La actividad de las peroxidasas fue inhibida por los tres inhibidores a 10 μm y por el ácido salicilhidroxaminico a 1 μm . Los resultados sugieren que los inhibidores de mono-oxigenasas inhiben la incorporación de 3,4-dicloroanilina. Cuando la actividad de las peroxidasas es inhibida el metabolito precursor de 3,4-dicloroanilina se incrementa, y la resistencia de *E. colona* a propanil se reduce, posiblemente como una consecuencia de la fitotoxicidad de este metabolito. Tratamientos de invernadero demostraron que la aplicación de propanil más inhibidores de mono-oxigenasas (particularmente tridifane) puede ser una propuesta prometedora para el control de biotipos resistentes de *E. colona* a propanil. El valor de este enfoque ya ha sido demostrado en condiciones de campo en arroz de secano¹.

El potencial de que *E. colona* evolucione resistencia a herbicidas alternativos en arroz ya ha sido demostrado. Recientemente se reportó resistencia a fenoxaprop-etilo en Costa Rica, en poblaciones donde se ha utilizado este herbicida por 5 años o más y en ocasiones más de una vez

¹ Valverde, Bernal. 1998. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Comunicación Personal.

durante el ciclo del cultivo (Valverde, 1996). Las plantas resistentes a fenoxaprop poseen resistencia cruzada a otros herbicidas del grupo de los ariloxifenoxipropanoatos (fluazifop-butil, quizalafop etilo y clodinafop) y ciclohexanodionas (cycloxydim y sethoxydim).

También se han reportado poblaciones de *E. crus-galli* resistentes a tiobencarbo en China y Egipto (Rubin, 1995) y a butaclor en China (Huang y Lin, 1993).

2.9. Trabajos realizados sobre el manejo de poblaciones de *Echinochloa* spp resistentes a propanil

La selección y uso adecuado de los herbicidas puede retardar el desarrollo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. La rotación de cultivos es frecuentemente usada como la primer táctica para controlar la resistencia a herbicidas debido a que se usan diferentes herbicidas. Sin embargo, la rotación de cultivos puede no ser necesaria si se emplean herbicidas alternativos con diferente modo de acción en sistemas de mono cultivo, por ejemplo, el zacate Johnson (*Sorghum halepense*) resistente a cletodim en algodón y soya puede ser controlado con glifosato (Byrd et al. 1997). La rotación de cultivos no retarda la resistencia de las malezas si el herbicida usado es el mismo o presenta un modo de acción similar, por ejemplo la rotación de soya con algodón no ayuda a retardar la resistencia porque en ambos cultivos son usados herbicidas similares; sin embargo, la rotación con maíz puede ser una buena alternativa.

El uso de herbicidas que contengan más de un ingrediente activo en la formulación, o mezclas de tanque pueden ayudar a retardar la resistencia de la malezas a los herbicidas. Esta pudiera ser una medida efectiva sólo si ambos ingredientes activos fueran particularmente efectivos contra una misma especie

(Byrd et al. 1997). En todo caso, cuando se detectan poblaciones de malezas resistentes, se recomienda el uso de todos los métodos de control disponibles con lo que se evita la dispersión a otros campos de cultivo.

3

Garro et al. (1991) indican que en Centro América donde se han hecho aplicaciones de pendimetalina en pre-emergencia, el nivel de resistencia de *E. colona* a propanil es menor. La medida anterior demuestra que la rotación de herbicidas puede ser usada como parte de la estrategia para el manejo de poblaciones de *E. colona* resistentes a propanil.

Valverde et al. (1997) evaluaron al piperofos (S-2-metil piperidinocarbonilmetil O, O-dipropil-fosforoditioato), herbicida organofosforado, que es un potente inhibidor de la enzima aril acilamidasa, como sinergista del propanil en poblaciones selectas de *E. colona* y arroz. Ellos encontraron que el piperofos fue un sinergista activo para propanil. La adición de dosis subletales de piperofos al propanil permitió el control de *E. colona* resistente a propanil y mejoró el control de *E. colona* susceptible a propanil. Bajo condiciones de invernadero, la toxicidad del propanil hacia el arroz no fue incrementada substancialmente por la adición de piperofos en mezclas de tanque. Así mismo, indican que en 1995 se introdujo al mercado de Costa Rica una formulación comercial que contiene 440 g de propanil y 40 g de piperofos por litro de producto comercial, que ha permitido a los agricultores reducir en campo las dosis de propanil de 4.8 kg/ha a 1.76 kg/ha con un eficiente y selectivo control de *E. colona*.

Leah et al. (1995) señalan que tratamientos de propanil más inhibidores de amidasas (carbaril o piperofos) causaron una disminución de resistencia de *E. colona* al propanil en todos los estados de desarrollo estudiados, pero estos tratamientos también fueron menos efectivos en las plantas de mayor edad.

Baldwin et al. (1995) y Baldwin et al. (1996) indican que formulaciones comerciales de propanil que contienen carbaril (Super Wham) o molinate (Arrosolo) han sido más efectivas que aplicar propanil solo, pero no presentaron un control aceptable de *E. crus-galli* resistente a propanil; sin embargo, mezclas de tanque de propanil más quinclorac, tiobencarbo, o pendimetalina fueron más efectivas para el control de biotipos susceptibles y resistentes cuando se aplicaron en postemergencia. Además, señalan que al aplicar en preemergencia quinclorac y mezclas de quinclorac con pendimetalina y tiobencarbo fueron más efectivas. Los biotipos susceptibles y resistentes fueron controlados satisfactoriamente en rotación de cultivo con trifluralina, pendimetalina, metolaclor, alaclor, clomazone y graminicidas postemergentes como cletodim.

Un manejo integrado de la resistencia en malezas puede incluir tácticas como el pastoreo de animales, recolección de semillas después de la cosecha, incorporación de malezas como abonos verdes, uso de cultivares que compitan con las malezas, uso de variedades y densidad de población adecuadas, fertilización adecuada, uso de variedades resistentes a plagas y enfermedades, programación adecuada de riegos, rotación de cultivos y uso de herbicidas no selectivos antes de la siembra (Fischer, 1991; Fischer, 1995; y Fischer, 1996).

Baltazar y Smith (1994) consideraron seis experimentos en Arkansas para verificar la resistencia de *E. crus-galli* a propanil. En cinco de ellos el propanil no presentó un control adecuado de *E. crus-galli* al aplicar una dosis de 6 a 8 kg de i.a/ha (tres veces más de la dosis recomendada) y en tres experimentos presentó un control insignificante a 11 kg/ha. Mezclas de tanque de propanil con pendimetalina, quinclorac, molinate, bromoxinil o triclopir aplicados en postemergencia temprana cuando las plantas presentaban dos hojas verdaderas proporcionaron un buen control en campo de biotipos susceptibles y resistentes. Además en este estudio se confirmó que varios

agricultores en Arkansas han identificado tratamientos que controlan *E. crus-galli* resistente a propanil. Los mismos autores mencionan que la mezcla de propanil con tridifane ha demostrado ser efectiva en el control de *E. crus-galli* resistente a propanil. También se pueden usar varios herbicidas alternativos como son quinclorac (Facet), tiobencarbo (Bolero), pendimetalina (Prowl) o molinate + propanil (Arrosolo). De igual forma el carbaril (Sevin) de 0.011 a 0.111 kg/ha adicionado al propanil es un efectivo y selectivo sinergista para el control de *E. crus-galli* resistente a propanil en el cultivo de arroz. Aplicaciones secuenciadas de Super wham (propanil) y Arrosolo fueron también efectivas para el control de *E. crus-galli* resistente a propanil (Talbert et al. 1996).

Colon et al. (1990) evaluaron al propanil mezclado con dosis bajas de carbaril, paratión metílico y metamidofos para el control de *E. crus-galli* y *E. colona* en arroz. Los mejores resultados se obtuvieron con propanil al 36% CE a 6 l/ha más carbaril 85% PH a 0.2 kg/ha aplicados 30 días después de la germinación del arroz, cuando las malezas presentaron entre 4 y 5 hojas verdaderas. Esta mezcla fue tan selectiva como el tratamiento estándar de propanil a 10 l/ha más 2,4-D 40% a 0.5 l/ha, con la ventaja de ser más económica.

Una aplicación de glifosato después de la preparación del terreno y antes de la emergencia del cultivo de arroz, puede eliminar al menos la primera generación de malezas, reduciendo las poblaciones de *E. colona* a 10 plantas/m² comparado con 267 plantas/m² donde no se hace uso del glifosato. Se sugiere una segunda aplicación postemergente al cultivo y preemergente a la maleza de pendimetalina la cual proporciona un mejor control de *E. colona* que el tratamiento convencional a base de propanil (Valverde et al. 1995).

Valverde (1996) indica que algunos herbicidas alternativos pueden ser utilizados en mezclas con propanil. El uso de mezclas puede ayudar al control

de poblaciones resistentes de *E. colona* al propanil. Mezclas de propanil con anilofos, tiobencarbo, butaclor o preticlaclor controlan poblaciones resistentes de *E. colona* sin producir efectos adversos al cultivo de arroz.

En Centro América en campos donde se presentan fuertes problemas de resistencia de *E. colona* a propanil, se ha empezado usado fenoxaprop-etilo como herbicida alternativo; sin embargo, también se han detectado poblaciones resistentes al fenoxaprop. Estudios de invernadero para evaluar herbicidas con diferente modo de acción al del propanil, para el control de poblaciones de *E. colona* resistentes al propanil y fenoxaprop, indican que tales poblaciones pueden ser controladas selectivamente con quinclorac, pendimetalina, tiobencarbo, bispiribac-sodio, pirinobac-metil, y pyribenzoxim. El clomazone también proporciona un excelente control de *E. colona* pero causa un ligero daño al arroz y sus vapores afectan algunos cultivos aledaños. El cihalafop-butilo fue selectivo al arroz y controló eficientemente poblaciones de *E. colona* resistentes a propanil pero no las poblaciones resistentes a fenoxaprop (Caseley et al. 1997).

La efectividad de la pendimetalina aplicada en preemergencia fue demostrada en estudios de invernadero para el control de poblaciones susceptibles y resistentes de *E. colona* a propanil. Las poblaciones resistentes fueron controladas con la aplicación de una mezcla postemergente de propanil con bajas dosis de pendimetalina, obteniendo un buen control con 0.23 kg/ha de pendimetalina más 1.08 kg/ha de propanil aplicados cuando la maleza presenta entre 3 y 4 hojas, comparado con 1.08 kg/ha de pendimetalina y 2.16 kg/ha de propanil aplicados en forma separada. Lo anterior sugiere que la pendimetalina presenta una alta eficiencia para el control de malezas emergidas, además de presentar efectos residuales que controlan malezas que aún no han emergido al momento de la aplicación. Otra ventaja de la adición de pendimetalina es que se reduce la presión de selección ejercida por la

aplicación constante del propanil; así como, el costo del control de malezas en el cultivo de arroz comparando esto cuando se aplica sólo propanil (Riches et al. 1997).

La integración de prácticas agrícolas viables reducen la presión de selección impuesta por la aplicación de los herbicidas en malezas capaces de desarrollar resistencia. El éxito de estas prácticas depende del conocimiento acerca de la biología del cultivo, de la maleza y del entendimiento de la interacción entre ellas. Chaves (1996) menciona que en experimentos realizados en Costa Rica en los que enterraron semillas de *E. colona* a 20 cm de profundidad, en promedio un 34 % de las semillas permanecieron viables después de 10 meses, en contraste con aquellas semillas mantenidas en la superficie del suelo las cuales después de 4 meses solo presentaron un 48 % de viabilidad. Lo anterior indica el corto período de viabilidad que tiene la semilla. Chaves et al. (1997) mencionan que el arar la tierra inmediatamente después de la cosecha puede ocasionar la germinación o descomposición de una parte de la población de semilla de *E. colona*, las cuales morirán si no se riega el terreno o existen lluvias, o pueden ser controladas con herbicidas de acción total tales como glifosato o paraquat, o con otros herbicidas en el caso de existir rotación de cultivos. La alternativa anterior puede ser un método efectivo para manejar las poblaciones resistentes de *E. colona* a propanil.

Caseley et al. (1996) señalan que en Costa Rica se ha logrado obtener selectividad en arroz y sinergismo contra biotipos resistentes de *E. colona* mediante la mezcla de propanil con el herbicida piperofos. En esta investigación se demostró que 3,4-dicloroanilina es por si sola fitotóxica y cuando se adiciona en forma separada al herbicida propanil contribuye a una mejor acción debido a la acumulación de ésta. La conversión de 3,4-dicloroanilina a metabolitos polares mediante glucosilación y/o incorporación a la lignina contribuye a la resistencia. En este estudio también se encontró que

los inhibidores del citocromo P₄₅₀ incluyendo el tridifane bloquearon la actividad peroxidasa de 3,4-dicloroanilina y metabolitos adicionales. Finalmente concluyen que cualquier inhibidor de la enzima aril acilamidasa o del citocromo P₄₅₀ puede ser usado como sinergista en mezcla con propanil contra biotipos resistentes de *E. colona*, pero mezclando el propanil con ambos tipos de sinergistas la potenciación es mayor. Los mismos autores mencionan que altas dosis de propanil mezcladas con diferentes dosis de piperofos o tridifane también controlaron efectivamente biotipos resistentes de *E. colona*. Actualmente se están evaluando mezclas dobles y triples de propanil con inhibidores de aril acilamidasa y/u oxigenasas en campos de arroz en Costa Rica.

En la actualidad se realizan esfuerzos por desarrollar variedades de arroz mejoradas o transgénicas resistentes a herbicidas como el glufusinato de amonio (Linscombe et al. 1996 y Oard et al. 1996. Citados por Valverde et al. 1998) y al glifosato (Diyday et al. 1995. Citados por Valverde et al. 1998). Estas variedades permitirían el uso de herbicidas de amplio espectro y modos de acción diferentes a los utilizados hasta ahora en el manejo de las malezas en arroz. Sin embargo, debe enfatizarse que el uso de herbicidas en forma unilateral ejerce una alta presión sobre las malezas, las que tarde o temprano responderán evolucionando resistencia (Valverde et al. 1998).

2.10. Curvas de respuesta a la dosis

La relación entre la dosis de un herbicida y la respuesta de las plantas es de fundamental importancia para entender la eficiencia y el modo de acción de los herbicidas. El entendimiento de esta relación es esencial para la designación e interpretación de los resultados en el campo, invernadero o laboratorio. La forma más simple para cuantificar la sensibilidad de las plantas a un herbicida es una curva dosis-respuesta. La biomasa frecuentemente se

utiliza para cuantificar la cantidad de herbicida en el suelo, lo anterior puede ser analizado usando una curva estándar dosis respuesta. Esta curva estándar puede también ser usada para cuantificar el aumento de un herbicida desconocido basado en la respuesta de las plantas (Nyffeler et al. 1985. Citado por Steven et al. 1995).

Las curvas dosis respuesta pueden emplearse en diferentes temas relacionados con los herbicidas tales como selectividad, tolerancia, resistencia, sinergismo, antagonismo y relaciones cuantitativas estructura-actividad. Comparaciones de la actividad de dos o más herbicidas o la influencia del aire, suelo o contaminación en la eficiencia de los herbicidas pueden ser consideradas también como una relación dosis respuesta (Steven et al. 1995).

En el pasado, este tipo de análisis era un gran problema. La primer solución de este tipo de análisis se realiza mediante funciones logarítmicas, exponenciales, transformaciones probit y análisis de regresión. Hace aproximadamente 40 años, Steven et al. empezaron a desarrollar un modelo conocido como log-logistic, el cual está orientado a investigaciones biológicas y agronómicas (Steven et al. 1995).

Una curva típica dosis respuesta es en forma sigmoideal; la expresión matemática relacionada con la respuesta a una dosis x es (modelo log-logistic).

$$Y = F(x) = C + \frac{(D - C)}{1 + (X / I_{50})^b}$$

$$Y=F(x) = C + \frac{(D - C)}{1 + \text{Exp} [b (\log (x) - \text{Log} (I_{50}))]}$$

Donde: C= Límite superior (valor máximo observado)

D= Límite inferior (valor mínimo observado)

b= Pendiente (generalmente 1 a 2) e

I₅₀ dosis que causa el 50 % de la respuesta.

Una de las desventajas de usar este modelo es que sus parámetros son biológicamente modificables. Para realizar análisis mediante este modelo se usan variables cuantitativas (peso fresco o peso seco). La I₅₀ es la dosis a la cual se causa el 50 % de daño o se reduce a la mitad el peso fresco o seco en comparación con un testigo. Cuando los datos se expresan en otras unidades como mortalidad, sobrevivencia, asimilación de CO₂, etc., no deben ser analizados mediante este modelo. Tales datos es más apropiado analizarlos mediante un análisis de transformaciones probit (Steven et al. 1995).

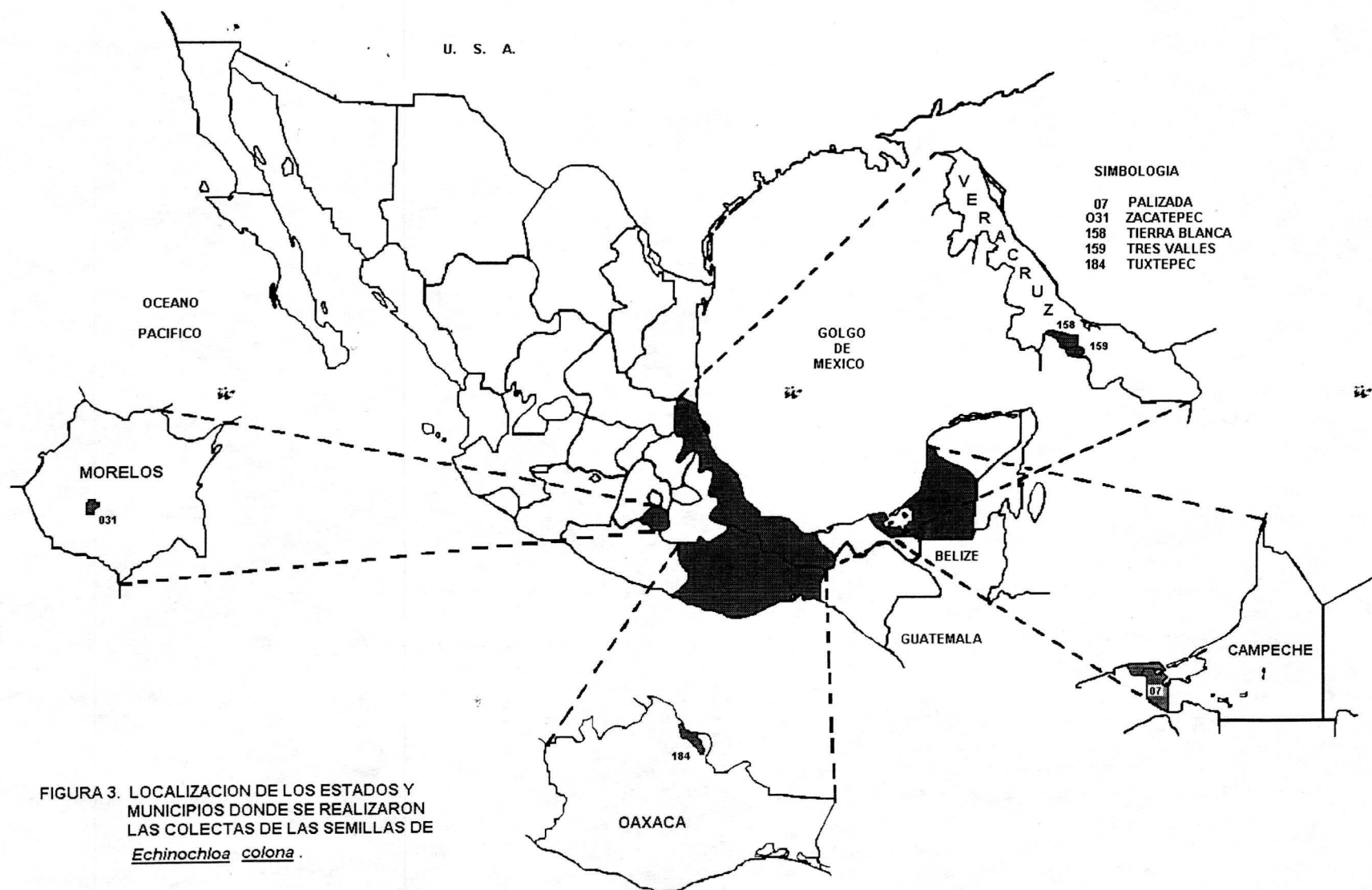
III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y datos climatológicos de las zonas de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo de julio de 1996 a septiembre de 1998, realizándose primeramente una fase de campo la cual consistió en la recolección de semillas maduras de *E. colona* en las zonas ilustradas en la Figura 3, en las áreas de Zacatepec, Morelos; Tierra Blanca y Tres Valles, Veracruz; Palizada, Campeche; y Tuxtepec, Oaxaca. Dichas colectas se realizaron durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, ya que durante este periodo fue cuando las semillas de esta maleza se encontraron en la etapa de maduración. Se trató de muestrear parcelas donde se había hecho un uso frecuente de propanil. La fase de invernadero y/o bioensayos se llevó a cabo en el invernadero de malezas del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. De dichos lugares se describen a continuación sus principales datos climatológicos.

3.1.1. Chapingo

Chapingo se localiza en el municipio de Texcoco, en el estado de México, situado a los 19°29' de latitud Norte y 98°53' de longitud Oeste, a una altura sobre nivel del mar de 2250 metros, presentando una temperatura media anual de 15.2 °C y 636.5 mm de precipitación media anual (García, 1988). El clima de la región es Cb(w0)(w)(l')g con las siguientes características.



Cb: Clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, siendo julio el mes más lluvioso, y una temperatura media entre -3 y 18 °C durante el mes más frío.

(w0): El clima más seco de los del grupo de climas templados sub-húmedos.

(w).- Porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % del total anual.

(I').- Régimen de temperatura isotermal con una oscilación de las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C.

g .- Marcha de la temperatura tipo ganges.

3.1.2. Zacatepec

El municipio de Zacatepec pertenece al estado de Morelos. Dicho lugar se encuentra situado a los 18°39' de latitud Norte y 99°12' de longitud Oeste, a una altura sobre nivel del mar de 290 metros, presentando una temperatura media anual de 21.4 °C y 832.4 mm de precipitación media anual (García, 1988). El clima de la región es Aw_0 (w) (I') gw" con las siguientes características.

Aw_0 .- Clima tropical lluvioso con la temperatura promedio del mes más frío superior a 18 °C.

(w).- Porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % del total de lluvia anual.

(I').- Régimen de la temperatura isotermal, con una oscilación de las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C.

gw" .- Marcha de la temperatura tipo ganges y con presencia de canícula.

3.1.3 . Tierra Blanca

El municipio de Tierra Blanca, situado a los 18°27' de latitud Norte y 96°21' de longitud Oeste, pertenece al estado de Veracruz. Dicho municipio se encuentra a una altura sobre nivel del mar de 60 metros, presentando una temperatura media anual de 27.3 °C y 1568.7 mm de precipitación media anual

(García, 1988). El clima de la región es Aw_2 (w) (l') g y se caracteriza de la siguiente forma.

Aw_2 .- Clima tropical lluvioso con la temperatura promedio del mes más frío superior a 18 °C.

(w).- Porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % del total de lluvia anual.

(l').- Régimen de la temperatura isothermal, con una oscilación de las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C.

g.- Marcha de la temperatura tipo ganges.

3.1.4. Tres Valles

El municipio de Tres Valles también pertenece al estado de Veracruz. Para dicho municipio se tomaron los datos del poblado Paraíso Novillero del municipio de Tres Valles, dicho poblado se encuentra situado a los 18°16' de latitud Norte y 96°56' de longitud Oeste, a una altura sobre nivel del mar de 8 metros, presentando una temperatura media anual de 25.5 °C y 1569.1 mm de precipitación media anual (García, 1988). El clima de la región es Aw_2 (e) gw" y se caracteriza de la siguiente forma.

Aw_2 .- Clima tropical lluvioso con la temperatura promedio del mes más frío superior a 18 °C.

(e).- Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C.

(w).- Porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % del total de lluvia anual.

gw".- Marcha de la temperatura tipo ganges y con presencia de canícula.

3.1.5. Tuxtepec

El municipio de Tuxtepec pertenece al estado de Oaxaca. Dicho municipio se encuentra situado a los 18°06' de latitud Norte y 99°07' de longitud Oeste, a una altura sobre nivel del mar de 90 metros, con una temperatura media anual de 24.9 °C y 2304.3 mm de precipitación media anual (García,

1988). El clima de la región es Am (w) (e) gw" y se caracteriza de la siguiente forma.

Am.- Clima tropical lluvioso, con una precipitación mayor a 60 mm en el mes más seco del año.

(w).- Porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % del total de lluvia anual.

(e).- Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C.

gw".- Marcha de la temperatura tipo ganges y con presencia de canícula.

3.1.6. Palizada

El municipio de Palizada pertenece al estado de Campeche. Este municipio se encuentra situado a los 18°16' de latitud Norte y 92°06' de longitud Oeste, a una altura sobre nivel del mar de 8 metros, presentando una temperatura media anual de 26.6 °C y 1995.2 mm de precipitación media anual (García, 1988). El clima de la región es Am (f) (l') g y se caracteriza de la siguiente forma.

Am.- Clima tropical lluvioso, con una precipitación mayor a 60 mm en el mes más seco del año.

(F).- Porcentaje de lluvia invernal mayor al 10 % del total de lluvia anual.

(l').- Régimen de la temperatura isothermal, con una oscilación de las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C.

g.- Marcha de la temperatura tipo ganges.

3.2. Recolección de las semillas

Para la realización del presente trabajo se hicieron tres recolectas de semilla, para un total de 40 poblaciones de *E. colona*, durante dos años (1996-1997). Con dicho material se establecieron tres bioensayos (Cuadros 6, 7 y 8).

Las semillas se colectaron en parcelas con cultivo de arroz establecido con diferente historial de uso de propanil, dicho historial varió de 1 hasta 20 años según la información proporcionada por algunos de los propietarios de los lotes de donde se obtuvieron semillas, ya que no fue posible entrevistar a todos los propietarios. Las semillas se llevaron al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, donde secaron durante aproximadamente 15 días en un lugar soleado, para posteriormente hacerlas germinar y establecer las pruebas de respuesta a propanil.

Sólo se cosechó semilla madura de *E. colona*, para lo cual se consideró aquella que sin ningún esfuerzo se desprendiera de la planta, con solo correr los dedos sobre las espiguillas. Se procuró obtener la semilla de lotes donde las plantas de *E. colona* presentaran un crecimiento vigoroso y cuando algunas de las semillas ya empezaran a desprenderse naturalmente, con el fin de asegurar la mejor calidad de semillas maduras y obtener el mayor porcentaje posible de germinación.

Cuadro 6. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del primer bioensayo. Chapingo , México. junio de 1997.

Código de la población	Lugar de colecta	Fecha de colecta
MEX - EC - 04 - 96	La Pachota, Tres Valles Ver	12 - septiembre - 1996
MEX - EC - 06 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	12 - septiembre - 1996
MEX - EC - 07 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	12 - septiembre - 1996
MEX - EC - 09 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos.	13 - septiembre - 1996
MEX - EC - 10 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos	13 - septiembre - 1996
MEX - EC - 13 - 96	Laguna Blanca, Palizada Cam.	06 - noviembre - 1996
MEX - EC - 14 - 96	Vista Hermosa, Palizada Cam.	07 - noviembre - 1996
MEX - EC - 15 - 96	San Francisco, Palizada Cam.	10 - noviembre - 1996
MEX - EC - 16 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	07 - noviembre - 1996
MEX - EC - 17 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	07 - noviembre - 1996

Cuadro 7. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del segundo bioensayo. Chapingo, México. junio de 1998.

Código de la población	Lugar de colecta	Fecha de colecta
MEX - EC - 01 - 97	Arroyo Tambor, Tierra Blanca. Ver.	08 - agosto - 1997
MEX - EC - 02 - 97	Ejido la Atalaya, Tierra Blanca. Ver.	08 - agosto - 1997
MEX - EC - 03 - 97	El Ojochal, Tierra Blanca. Ver.	08 - agosto - 1997
MEX - EC - 04 - 97	Los Naranjos, Tierra Blanca. Ver.	08 - agosto - 1997
MEX - EC - 05 - 97	Las Yaguas, Tres Valles. Ver.	08 - agosto - 1997
MEX - EC - 06 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 07 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 08 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 09 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 10 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 11 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 12 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 13 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997
MEX - EC - 14 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	09 - agosto - 1997

Cuadro 8. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del tercer bioensayo. Chapingo, México agosto de 1998.

Código de la población	Lugar de colecta	Fecha de colecta
MEX - EC - 15 - 97	EL Jicaro, Tierra Blanca. Ver.	10 - octubre - 1997
MEX - EC - 16 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 17 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 18 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 19 - 97	Rancho los Pepes, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 20 - 97	Ejido la Guadalupe, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 21 - 97	Las Vegas, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 22 - 97	Las Margaritas, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 23 - 97	Tres Marias, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 24 - 97	Río Tonto, Tres Valles. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 25 - 97	Manantiales, Tierra Blanca. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 26 - 97	Paso el Corral, Tierra Blanca. Ver.	11 - octubre - 1997
MEX - EC - 27 - 97	Piedras Negras, Tres valles, Ver.	12 - octubre - 1997
MEX - EC - 28 - 97	Piedras Negras, Tres Valles Ver.	12 - octubre - 1997
MEX - EC - 29 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	12 - octubre - 1997
MEX - EC - 30 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	12 - octubre - 1997

El código de la población quedó integrado como se explica en el siguiente ejemplo: MEX-EC-01-97.

MEX = País de colecta de la semilla.

EC = *Echinochloa colona*.

01 = Número de muestra.

97 = Año de recolección de la semilla.

La forma anterior de identificar las muestras de las semillas fue sugerida por el Dr. Bernal Valverde (CATIE), en concordancia con otras investigaciones realizadas en Centro América.

Además de los bioensayos realizados en México, en Costa Rica también se realizaron pruebas de respuesta a propanil con las poblaciones que se recolectaron conjuntamente en las giras de campo en México (Cuadro 9). Algunas poblaciones de las que se obtuvo solo una cantidad mínima de semillas se probaron solo en Costa Rica.

Cuadro 9. Información de las poblaciones de semillas usadas para la realización del bioensayo conducido en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (poblaciones no incluidas en los bioensayos realizados en México). Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Lugar de colecta	Fecha de colecta
MEX - EC - 02 - 96	Tres Valles. Ver.	11 - septiembre - 1996
MEX - EC - 03 - 96	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	11 - septiembre - 1996
MEX - EC - 05 - 96	Ejido el Zapotal, Tres Valles. Ver.	12 - septiembre - 1996
MEX - EC - 08 - 96	Tierra Blanca, Ver.	12 - septiembre - 1996
MEX - EC - 11 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	16 - septiembre - 1996
MEX - EC - 12 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	16 - septiembre - 1996

3.3. Conducción de los bioensayos

3.3.1. Tipo de suelo usado para el establecimiento de los bioensayos

Para la realización del presente estudio se utilizó suelo del Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. Según los análisis de Laboratorio de Servicio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, las características del suelo usado para la realización de los bioensayos son las siguientes: pH 6.8, contenido de materia orgánica 0.933 %, textura franca con un contenido de 31.44 % de arena, 40.0 % de limo y 28.56 % de arcilla.

3.3.2. Preparación del suelo

El suelo se esterilizó con bromuro de metilo con la finalidad evitar la germinación de otras especies de malezas que pudieran interferir con el desarrollo de *E. colona* y/o causaran algún efecto de competencia. Una vez esterilizado y ventilado el suelo, se llenaron las macetas y se regaron; posteriormente se procedió a trasplantar las plántulas obtenidas en cajas de Petri.

3.3.3. Obtención de las plántulas

Para la germinación y obtención de plántulas, las semillas de *E. colona* se colocaron en cajas de Petri con algodón húmedo. La germinación se dio en un período de 3 a 4 días. Las cajas de Petri se mantuvieron húmedas agregando agua cada vez que fuera necesario para mantener vivas las plantas germinadas hasta obtener un buen porcentaje de germinación y plántulas necesarias para todas las unidades experimentales. Para promover su

germinación, durante el primer y segundo bioensayo, las cajas de Petri se colocaron sólo durante la noche en una germinadora calibrada a 30 °C, y durante el día se expusieron a la luz. Para el tercer bioensayo las cajas de Petri no se introdujeron a la germinadora durante la noche, debido a que en la época en que se realizó el tercer bioensayo la temperatura ambiental fue aproximada a 30 °C. Las cajas sólo se colocaron expuestas a la luz. En este último bioensayo se observó una mayor uniformidad en la germinación así como un mayor número de semillas germinadas en todas las poblaciones utilizadas.

3.3.4. Etiquetado de las macetas

Las macetas fueron marcadas con dos etiquetas; una contenía el número de población y la otra, el número de tratamiento y repetición. Para el caso del primer bioensayo las etiquetas fueron de la siguiente manera. La etiqueta del número de población fue de la siguiente manera (M1- Tierra Blanca) y la otra (T1-R1). Donde M1 fue el número de población, Tierra Blanca fue el lugar de colecta de la semilla, T1 fue tratamiento número uno y R1 fue el número de repetición. Dicha nomenclatura se uniformizó con la propuesta por el Dr. Valverde, las cuales se muestran como códigos en el presente trabajo. Para el caso del segundo y tercer bioensayo las etiquetas fueron de la siguiente manera (01-97) y (T1-R1). Donde: 01 fue el número de muestra, 97 fue el año de colecta de las semilla, T1 fue el número de tratamiento y R1 fue el número de repetición.

3.3.5. Trasplante

Una vez que las semillas germinaron, después de 3 a 4 días, las plántulas se trasplantaron a macetas de plástico de aproximadamente 1.5 litros de capacidad y/o vaso de unicel de 1 litro de capacidad. El trasplante se hizo

cuando las plántulas presentaron la primera hoja completamente desarrollada, y en promedio tenían una altura de 1.0 a 1.5 cm. Las plántulas se distribuyeron uniformemente en la superficie disponible en la maceta. El periodo de trasplante fue de entre 4 y 5 días continuos, según el número de plantas germinadas por cada población y el tamaño de las plántulas, aunque hubo poblaciones que en el primer o segundo día completaron el número de plántulas requeridas para satisfacer las repeticiones necesarias.

Para el trasplante, las plántulas se sacaron individualmente del algodón con unas pinzas de relojero y se colocaron en pequeños orificios en las macetas o vasos, con el suelo húmedo y posteriormente se tapó el orificio con el mismo suelo de la maceta para evitar la deshidratación y muerte de las plántulas. Se seleccionaron plántulas que presentaran su raíz lo más completa posible para evitar su muerte. Por cada orificio realizado solamente se colocó una plántula. El número de plántulas trasplantadas varió según la germinación de las semillas; al momento de la aplicación se tuvieron de 3 a 5 plantas por maceta, como se puede observar en el Cuadro 10. En los bioanálisis realizados en el CATIE se asperjaron 3 plantas por maceta.

3.3.6. Aplicación de riegos

Después de que las plántulas se trasplantaron, el suelo se mantuvo húmedo con la finalidad de evitar la deshidratación de la plántulas. La primera semana después del trasplante la macetas se regaron cada tercer día y posteriormente los riegos se espaciaron cada 4 ó 5 días según las necesidades hídricas de las plantas.

Cuadro 10. Número de plántulas trasplantadas por maceta y número de plantas por maceta consideradas para la aplicación de los tratamientos.

Código de la población	N.P.T	N.P.F.A	Código de la población	N.P.T	N.P.F.A
MEX-EC-04-96	5	3	MEX-EC-11-97	8	5
MEX-EC-06-96	7	4	MEX-EC-12-97	8	5
MEX-EC-07-96	7	4	MEX-EC-13-97	8	5
MEX-EC-09-96	7	4	MEX-EC-14-97	8	5
MEX-EC-10-96	7	4	MEX-EC-15-97	8	5
MEX-EC-13-96	5	3	MEX-EC-16-97	8	5
MEX-EC-14-96	5	3	MEX-EC-17-97	8	5
MEX-EC-15-96	5	3	MEX-EC-18-97	6	5
MEX-EC-16-96	5	3	MEX-EC-19-97	8	5
MEX-EC-17-96	5	3	MEX-EC-20-97	8	5
MEX-EC-01-97	6	4	MEX-EC-21-97	8	5
MEX-EC-02-97	8	5	MEX-EC-22-97	8	5
MEX-EC-03-97	6	4	MEX-EC-13-97	8	5
MEX-EC-04-97	8	5	MEX-EC-14-97	8	5
MEX-EC-05-97	8	5	MEX-EC-25-97	8	5
MEX-EC-06-97	8	5	MEX-EC-26-97	8	5
MEX-EC-07-97	8	5	MEX-EC-27-97	8	5
MEX-EC-08-97	8	5	MEX-EC-28-97	6	5
MEX-EC-09-97	8	5	MEX-EC-29-97	8	5
MEX-EC-10-97	8	5	MEX-EC-30-97	8	5

N.P.T. = Número de plantas trasplantadas y N.P.F.A. = Número de plantas finales usadas para la aplicación y realización de evaluaciones.

3.3.7. Número de plantas por maceta

Una vez que las plantas presentaron en promedio 2 a 3 hojas se realizó un raleo dejando las plantas de mayor tamaño y más uniformes en cada maceta. El número de plantas finales por maceta (unidad experimental) en cada población dependió de la germinación de las semillas, así como, del número de plantas trasplantadas, tal como se muestra en el Cuadro 10. De igual forma se consideró que el tamaño de las plantas fuera uniforme dentro de todas las repeticiones de un mismo tratamiento en cada una de las

poblaciones. El número de plantas por maceta dentro de cada población fue el mismo.

3.3.8. Tratamientos evaluados

Para determinar la posible resistencia de *E. colona* a propanil, se usaron dosis crecientes del herbicida (cada una el doble de la anterior), además de un testigo (sin aplicación de herbicida), el cual fue considerado como testigo absoluto (Cuadro 11). El producto comercial usado fue el Stam LV10, el cual contiene 360 g de i.a./litro. En el caso de el bioensayo realizado en Costa Rica, las dosis evaluadas fueron 0.35, 0.7, 1.4, 2.8, 5.6, 11.2 y 22.4 kg/ha, empleando como fuente de propanil la formulación comercial Stam M4 que contiene 480 g/l.

Cuadro 11. Tratamiento evaluados en los tres bioensayos sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en México, Chapingo, México. 1996-1998.

No. de tratamiento	dosis kg/ha de i.a.	dosis l/ha de p.c.
1	0.72	2.00
2	1.44	4.00
3	2.88	8.00
4	5.76	16.00
5	11.52	32.00
6	23.04	64.00
7 (testigo)	0.00	0.00

i.a = Ingrediente activo. p.c = Producto comercial.

3.3.9. Aplicación de tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos las plantas se dejaron crecer durante 3 semanas después del trasplante, hasta que tuvieran de 3 a 4 hojas, con un promedio de 10 a 15 cm de altura. Un día antes de la aplicación del

herbicida se regaron las macetas con la finalidad de que el suelo estuviera lo más húmedo posible y garantizar la eficacia del propanil.

La aplicación de los tratamientos en el primer bioensayo se realizó con una aspersora manual de mochila equipada con boquillas de abanico plano Tee-Jet 8002, calibrada para dar un gasto de 185 l/ha (Cuadro 12). La aplicación de los tratamientos siempre se hizo iniciando con la dosis más baja hasta la dosis mayor. En el bioensayo realizado en Costa Rica, los tratamientos se aplicaron en una cámara de aspersión controlada accionada por aire comprimido, empleando una boquilla 8001E para asperjar un volumen de 200 l/ha.

La aplicación de los tratamientos en el segundo y tercer bioensayo se hizo con un equipo de CO₂ con un aguilón de 4 boquillas, espaciadas a 60 cm y con puntas de salida Tee-Jet 8002, y con una presión de trabajo de 30 libras por pulgada cuadrada (PSI). El volumen de aplicación fue de 250 y 277 l/ha para el segundo y tercer bioensayo, respectivamente (Cuadro 12). La aspersión se realizó a la intemperie, con viento calmo y sin posibilidades de lluvia.

Cuadro 12. Cantidad de producto comercial usado para la aplicación de los tratamientos en los bioensayos. Chapingo, México. 1996-1998.

Tratamiento	dosis p.c l/ha	dosis ml/22.4m ² (1 ^{er} bioensayo)	dosis ml/18.0 m ² (2 ^o bioensayo)	dosis ml/18.0 m ² (3 ^{er} bioensayo)
1	2.0	4.48	3.60	3.60
2	4.0	8.96	7.20	7.20
3	8.0	17.92	14.40	14.40
4	16.0	35.84	28.80	28.80
5	32.0	71.68	57.60	57.60
6	64.0	143.36	115.20	115.20
Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00

3.4. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con diferente número de repeticiones para cada bioanálisis según la germinación de las semillas de cada población (Cuadro 13), pero todos los tratamientos de una misma población siempre tuvieron el mismo número de repeticiones. Cada maceta con su diferente número de plantas fue considerada como una unidad experimental y como repetición.

Cuadro 13. Número de repeticiones usadas por cada población, en los bioensayos sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en México. Chapingo, México. 1996-1998.

Código de la población	No. de repeticiones	Código de la población	No. de repeticiones
MEX-EC-04-96	2	MEX-EC-11-97	4
MEX-EC-06-96	8	MEX-EC-12-97	4
MEX-EC-07-96	8	MEX-EC-13-97	4
MEX-EC-09-96	8	MEX-EC-14-97	4
MEX-EC-10-96	8	MEX-EC-15-97	4
MEX-EC-13-96	4	MEX-EC-16-97	4
MEX-EC-14-96	3	MEX-EC-17-97	4
MEX-EC-15-96	3	MEX-EC-18-97	4
MEX-EC-16-96	2	MEX-EC-19-97	4
MEX-EC-17-96	3	MEX-EC-20-97	4
MEX-EC-01-97	2	MEX-EC-21-97	4
MEX-EC-02-97	4	MEX-EC-22-97	4
MEX-EC-03-97	3	MEX-EC-23-97	4
MEX-EC-04-97	4	MEX-EC-24-97	4
MEX-EC-05-97	4	MEX-EC-25-97	4
MEX-EC-06-97	4	MEX-EC-26-97	4
MEX-EC-07-97	4	MEX-EC-27-97	4
MEX-EC-08-97	3	MEX-EC-28-97	4
MEX-EC-09-97	4	MEX-EC-29-97	4
MEX-EC-10-97	4	MEX-EC-30-97	4

3.5. Variables evaluadas

La eficacia biológica del propanil sobre *E. colona* se valoró mediante el porcentaje de daño (evaluación visual) a los 10 días después de la aplicación (DDA) en el primer bioensayo, y a los 7 DDA en el segundo y tercer bioensayo; peso fresco y peso seco de la parte aérea; y el porcentaje de rebrote de las plantas. Los datos de peso fueron sujetos a un análisis de regresión para calcular las I_{50} (dosis a la cual se causa el 50 % de daño), con base en el programa de Steven et al. (1995). Se graficó el peso seco y fresco simultáneamente; para efectos comparativos, los pesos se convirtieron a porcentaje del testigo. Finalmente se calcularon los valores predichos para cada observación y se graficaron.

3.5.1. Porcentaje de daño visual

El porcentaje de daño visual se evaluó entre 7 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 14) según el bioensayo. En el caso del bioensayo realizado en Costa Rica, el daño fue evaluado a los 4 días después de la aplicación del propanil. El daño se valoró en forma subjetiva considerando un 0% de daño en las plantas del testigo sin aplicación (plantas sin ningún síntoma de fitotoxicidad) y el 100% de daño cuando las plantas estaban completamente muertas. Los valores intermedios correspondieron a plantas con diferentes grados de inhibición del crecimiento y necrosis.

3.5.2. Obtención de peso fresco

Inmediatamente después de la evaluación visual, las plantas se cortaron a nivel del suelo procurando no cortar su punto de crecimiento y se pesaron, por unidad experimental, en una balanza digital con capacidad de medir hasta

décimas de gramo en el primer bioensayo y milésimas de gramo en los otros dos bioensayos. El peso fresco fue obtenido para todas las repeticiones, aunque las plantas estuvieran muertas.

3.5.3. Obtención del peso seco

Después de cuantificar el peso fresco, la parte aérea se colocó en bolsas de papel estraza debidamente identificadas, las cuales se mantuvieron en una secadora a 55 °C durante 48 horas (Cuadro 14), antes de ser pesadas nuevamente en una balanza analítica en el primer y tercer bioensayos y una balanza digital con capacidad para pesar hasta miligramos en segundo bioensayo.

3.5.4. Porcentaje de rebrote

Una vez que las plantas se cortaron para obtener peso fresco, se dejaron transcurrir 20 días en el caso del primer bioensayo y 15 días para el segundo y tercer bioensayo, se procedió a evaluar el porcentaje de rebrote en cada una de las poblaciones (Cuadro 14) tomando en cuenta el número de plantas que contenía cada maceta al momento de la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 14. Fechas en las que se llevaron a cabo las evaluaciones por bioensayo, en el trabajo de determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en México. Chapingo, México. 1996-1998.

No de bioensayo	Fecha de trasplante	Fecha de aplicación de tratamientos	Fecha de evaluación % de daño	Fecha de evaluación del P.F.	Fecha de evaluación del P.S.	Fecha de evaluación % de rebrote
Bioensayo 1	10-Abril-97	02-Mayo-97	12-Mayo-97	12-Mayo-97	14-Mayo-97	05-Junio-97
Bioensayo 2	30-Marzo-98	20-Abril-98	27-Abril-98	27-Abril-98	29-Abril-98	15-Mayo-98
Bioensayo 3	17-Junio-98	09-Julio-98	16-Julio-98	16-Julio-98	18-Julio-98	03-Agosto-98

P.F= Peso fresco y P.S= peso seco.

3.6. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y una comparación múltiple de medias con base en la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$, utilizando el paquete estadístico SAS.

Los porcentajes de daño y rebrote se sometieron a la transformación angular antes del análisis de varianza [comando en SAS corresponde a $YT=ARSIN(SQRT(Y/100))*(180/3.1416)$].

3.6.1. Cálculo de las I_{50}

Los estudios de la relación dosis-respuesta son una herramienta importante en el estudio de la ciencia de la maleza. El uso de tales estudios ha empezado a ser más importantes después del amplio desarrollo de resistencia de malezas a herbicidas. En los estudios dosis-respuesta se han utilizado varios tipos de transformaciones y ecuaciones, los cuales han sido validados en varios estudios técnicos. Estos métodos de análisis 1) no describen adecuadamente los datos a dosis extremas y 2) no presentan una prueba estadística adecuada para comparar las diferencias entre dos o más curvas de diferentes poblaciones. Consecuentemente los estudios dosis-respuesta son analizados y adaptados a una gran variedad de formas, y la comparación de resultados entre diferentes investigadores no es posible (Steven *et al.* 1995). Steven *et al.* (1995) estudiaron los principales factores involucrados en las investigaciones dosis-respuesta y su análisis mediante el modelo log-logistic, por considerar que este modelo es el más adecuado para los estudios dosis-respuesta. Este modelo ha sido usado ampliamente y con gran éxito en Europa. Además consideran que este modelo posee grandes ventajas sobre otros y puede ser adaptado como un método estándar de análisis en estudios de herbicidas sobre dosis-respuesta, siendo la mejor herramienta para el

análisis de dosis-respuesta en temas relacionados con selectividad de los herbicidas, tolerancia a herbicidas, resistencia a herbicidas, sinergismo entre herbicidas o herbicidas y otras sustancias químicas, antagonismo y otros aspectos relacionados con la actividad de los herbicidas. Además, puede ser empleado para comparar la actividad de dos o mas herbicidas o en estudios sobre la influencia del aire, suelo o contaminación sobre la eficiencia de los herbicidas. Este modelo realiza un análisis de varianza y utiliza un procedimiento conocido como NLIN para estimar los parámetros del modelo.

Para calcular las I_{50} de cada población, primeramente se realizó un análisis de varianza usando el modelo propuesto por Steven et al. (1995). En dicho análisis se incluyeron todas las poblaciones de cada bioensayo, lo anterior con el fin de ver si existían diferencias significativas entre dosis, entre poblaciones y si existían interacción dosis(población). Para calcular las I_{50} se ajustó un modelo para cada población debido a que los límites superior e inferior, así como la pendiente y la I_{50} estimada inicialmente fueron diferentes para cada una de ellas. Los cálculos de I_{50} se basaron en los pesos fresco y seco. En Resultados y Discusión se presentan únicamente los resultados con base en peso fresco. En el apéndice C se muestra un ejemplo de como se realizó el análisis anteriormente citado.

Para comprobar las I_{50} (dosis a la cual se reduce el 50 % de peso fresco o peso seco) obtenidas mediante el modelo de Steven et al. (1995) se graficó el peso seco y fresco en un mismo gráfico, para evitar diferencias de magnitud entre uno y otro se convirtieron los valores promedio de cada tratamiento en porcentaje, expresando como el 100 % al testigo sin aplicación y el resto de los porcentajes para los otros tratamientos se obtuvo mediante una regla de tres simple.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Porcentaje de daño visual

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el porcentaje de daño visual a los diez o siete días después de la aplicación del propanil según el número de bioensayo (Cuadros 1, 5, 9 y 13 del apéndice A) muestran diferencias altamente significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos, para todas las poblaciones de *E. colona* probadas, indicando que al menos una de las dosis involucradas en dichos bioensayos resulta en un porcentaje de daño diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey $\alpha=0.05$ (Cuadros 1, 2 y 3 del apéndice B), muestra que las medias de los porcentajes de daño del primer bioensayo, los tratamientos de propanil cuyas dosis fueron de 2.88, 5.76, 11.52 y 23.04 kg/ha son estadísticamente equivalentes para todas las poblaciones, con un porcentaje de daño mayor al 97 % (Cuadro 1 del apéndice B). Con base en estos resultados y considerando que la dosis recomendada comercialmente de aplicación es de 2.88 kg/ha, podríamos esperar que bajo condiciones de campo el propanil sería eficaz en el control de este grupo de poblaciones. Cabe señalar que los daños se manifestaron en la mayoría de los casos como una necrosis total y por lo tanto muerte de las plantas. En el mismo cuadro se observa que los tratamientos cuyas dosis fueron de 0.72 y 1.44 kg/ha presentaron los menores porcentajes de daño y estos no superaron el 62 %; en el caso de la dosis de 1.44 kg/ha, sin embargo, muestran diferencias significativas entre si. La dosis más baja (0.72 kg/ha) provocó un daño inferior

a 42 % en todas las poblaciones evaluadas (Figura 4). Los efectos manifestados por las plantas en que se aplicaron las dosis inferiores a la dosis recomendada fueron diferentes a aquellas en las que se aplicaron las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha. En este caso particular, el daño se manifestó como necrosamiento parcial de las hojas, clorosis y detención del crecimiento.

Los resultados obtenidos en este primer bioensayo, se asemejan en forma general a los que se obtuvieron en otras poblaciones de la primer colecta de semillas, cuyo bioensayo fue conducido por Personal Investigador del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba Costa Rica (Cuadros 4 y 16 del apéndice B y Figuras 7 y 8).

En el segundo bioensayo se obtuvieron resultados similares a los del anterior, ya que como se puede ver, el mayor daño lo presentaron las plantas tratadas con las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha de propanil, y para todas las poblaciones éste fue mayor al 97 % (Cuadro 2 del apéndice B). Sin embargo, a diferencia del primer bioensayo las dosis inferiores a 2.88 kg/ha (0.72 y 1.44 kg/ha) presentaron en las diferentes poblaciones porcentajes de daño de *E. colona* numéricamente mayores, y superiores al 62 % e inferiores al 48 % cuando se aplicaron 1.44 y 0.72 kg/ha respectivamente. Los resultados anteriores indican que las poblaciones de *E. colona* se comportaron ligeramente más susceptibles a los efectos del propanil, así lo demuestran los datos numéricos de las dosis inferiores (Cuadro 2 del apéndice B y Figura 5).

Cabe hacer notar que a diferencia del primer bioensayo, la dosis de 1.44 kg/ha de propanil mostró una mejor actividad sobre *E. colona*, presentando porcentajes de daño que van desde 60 hasta 92.5%. Por el contrario los porcentajes de daño para la dosis de 0.72 kg/ha de propanil fueron inferiores y en ningún caso superó el 23 %. En relación con el tratamiento cuya dosis fue

de 0.35 kg/ha (dosis no incluida en los bioensayos realizados en México) se observa que su actividad contra *E. colona* prácticamente fue nula (Cuadros 4 y 16 del apéndice B y Figuras 7 y 8).

Los resultados de porcentaje de daño en las poblaciones involucradas en el tercer bioensayo siguen un comportamiento semejante a los obtenidos en los dos anteriores (Cuadro 3 del apéndice B y Figura 6). En el Cuadro 3 puede observar que los porcentajes de daño sobre *E. colona* más altos lo presentan los tratamientos cuyas dosis fueron mayores e iguales a 2.88 kg/ha de propanil y éste fue mayor al 93 % en todas las poblaciones. Estos tratamientos fueron estadísticamente similares. Sin embargo, difieren de los tratamientos cuyas dosis fueron menores a 2.88 kg/ha (0.72 y 1.44 kg/ha) salvo algunas poblaciones. También se puede observar en dicho cuadro que los porcentajes de daño que presentaron las diferentes poblaciones tratadas con 1.44 kg/ha de propanil fueron superiores a los obtenidos en los dos primeros bioensayos. Hubo mucha variación entre poblaciones en el porcentaje de daño que varió entre 45 a 95 % de daño. Es importante señalar que el daño manifestado por este tratamiento (1.44 kg/ha) en las poblaciones MEX-EC-24-97, MEX-EC-27-97, MEX-EC-28-97 MEX-EC-29-97 MEX-EC-30-97 son estadísticamente iguales a los porcentajes de daño presentado por las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha (Cuadro 3 del apéndice B y Figura 6).

Los valores de los porcentajes de daño para las poblaciones de *E. colona* aquí señalados nos indican que existe una mayor susceptibilidad al propanil y que como consecuencia de estos resultados en algunas poblaciones bastaría aplicar 1.44 kg/ha para obtener un control adecuado de *E. colona*, lo cual desde luego representaría una menor inversión y mayor ganancia por parte de los productores. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en las aplicaciones de campo los factores ambientales no se pueden regular y que el

propanil también se emplea con el objeto de eliminar otras malezas, incluyendo varias de hoja ancha.

El daño ocasionado por el propanil a *E. colona* en las dosis más bajas (0.72 y 1.44 kg/ha) fue mucho mayor en las poblaciones evaluadas en México (Figuras 4, 5 y 6) que en las evaluadas en el bioensayo realizado en Costa Rica (Figuras 7 y 8). Podría especularse la mayor temperatura en las condiciones de Costa Rica habría aumentado la actividad de la enzima aril acilamidasa; los bioensayos realizados en México se condujeron bajo condiciones de clima templado y el realizado en Costa Rica se realizó bajo condiciones de un clima cálido, lo cual provocó que las poblaciones de *E. colona* evaluadas en Chapingo fueran más dañadas. Las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha, en general provocaron una respuesta semejante en México y en Costa Rica; estas dosis causaron un severo daño al follaje. Por otra parte las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha causaron la muerte o un control total de *E. colona* en todas las poblaciones evaluadas en ambos países. La respuesta similar de *E. colona* en México y en Costa Rica a dosis e iguales o superiores a 2.88 kg/ha de propanil, se debe a que la actividad de la enzima en todas las poblaciones evaluadas no es suficiente para detoxificar el herbicida, irrespectivamente del sitio geográfico. Dos factores adicionales pueden contribuir a la mayor susceptibilidad de las poblaciones observada en los bioanálisis hechos en México. Primero, bajo nuestras condiciones de limitada luminosidad es muy probable que las plantas desarrollaran una cutícula más delgada que ofreciera menos resistencia a la penetración por parte del herbicida. En segundo lugar, las formulaciones de propanil fueron diferentes. En el caso de México se usó el Stam LV-10 (360 g/l) y en Costa Rica el Stam M 4 AC (480 g/l), los cuales difieren en no solo en la concentración, sino también en los surfactantes que contienen.

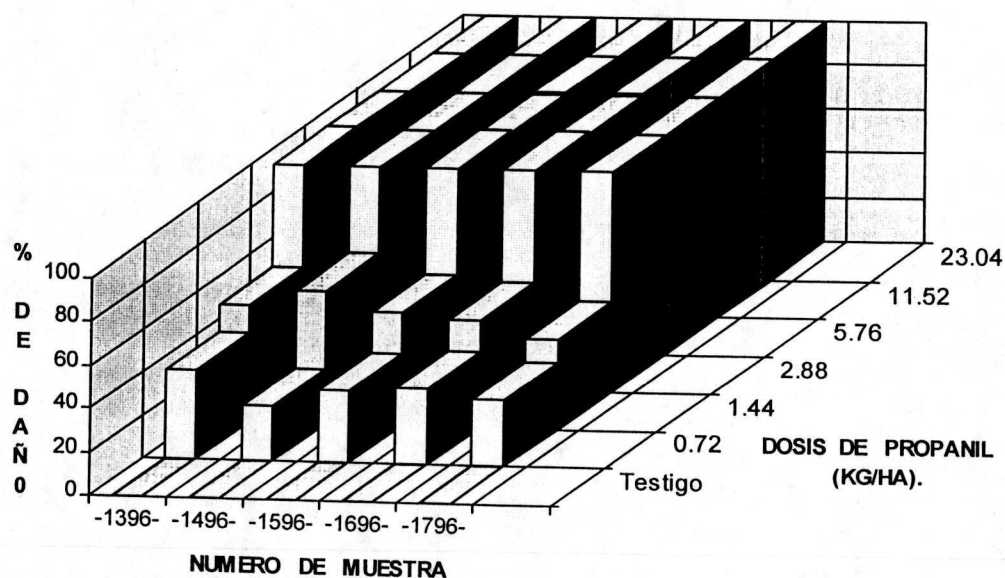
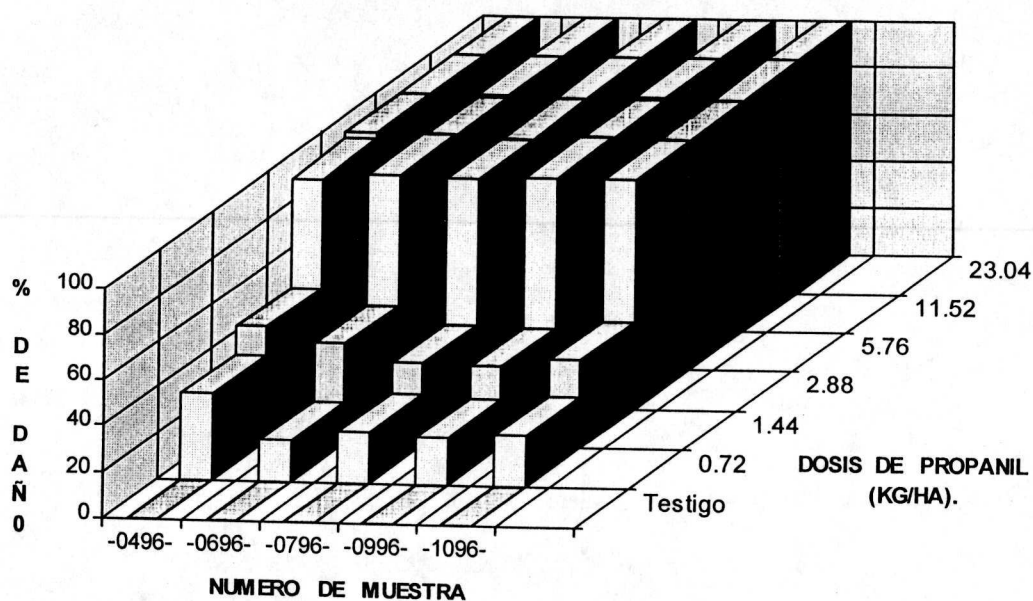


Figura 4.- Comparación del porcentaje de daño visual a los diez días después de la aplicación del propanil, para las poblaciones de *E. colona* incluidas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

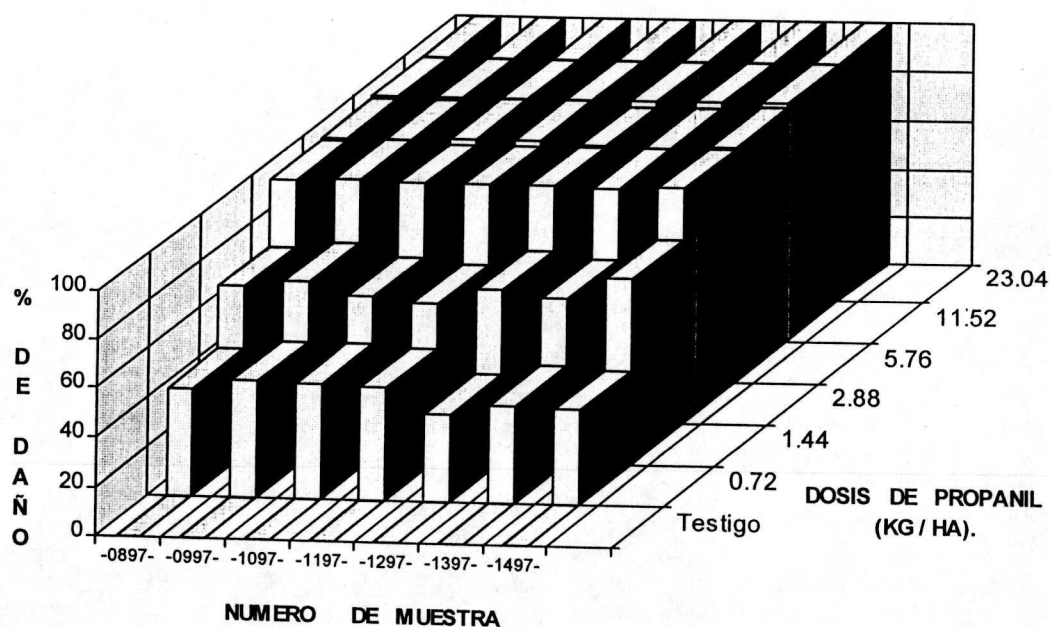
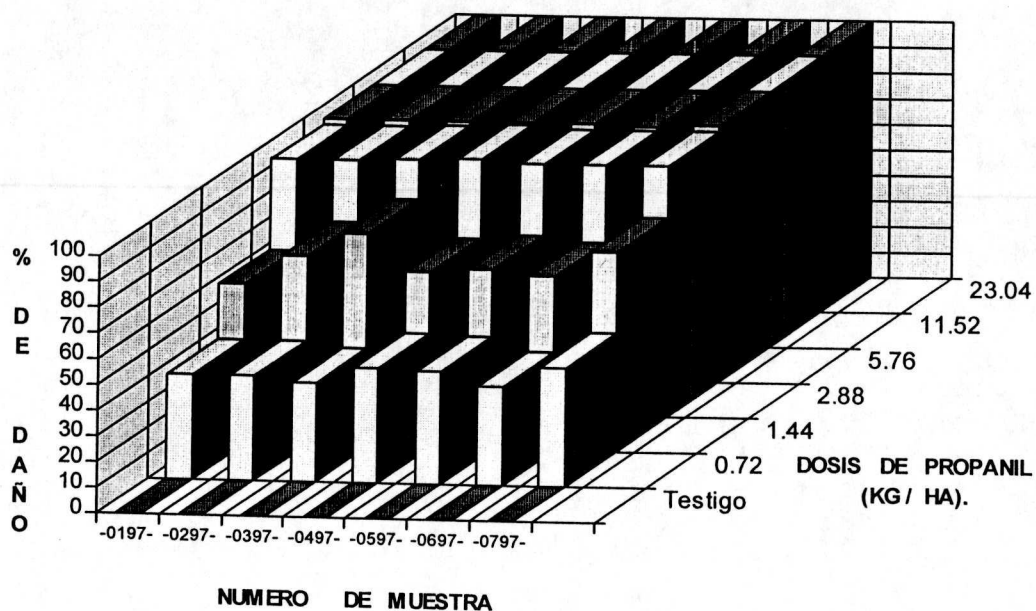


Figura 5.- Comparación del porcentaje de daño visual a los siete días después de la aplicación del propanil, para las poblaciones de *E. colona* incluidas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

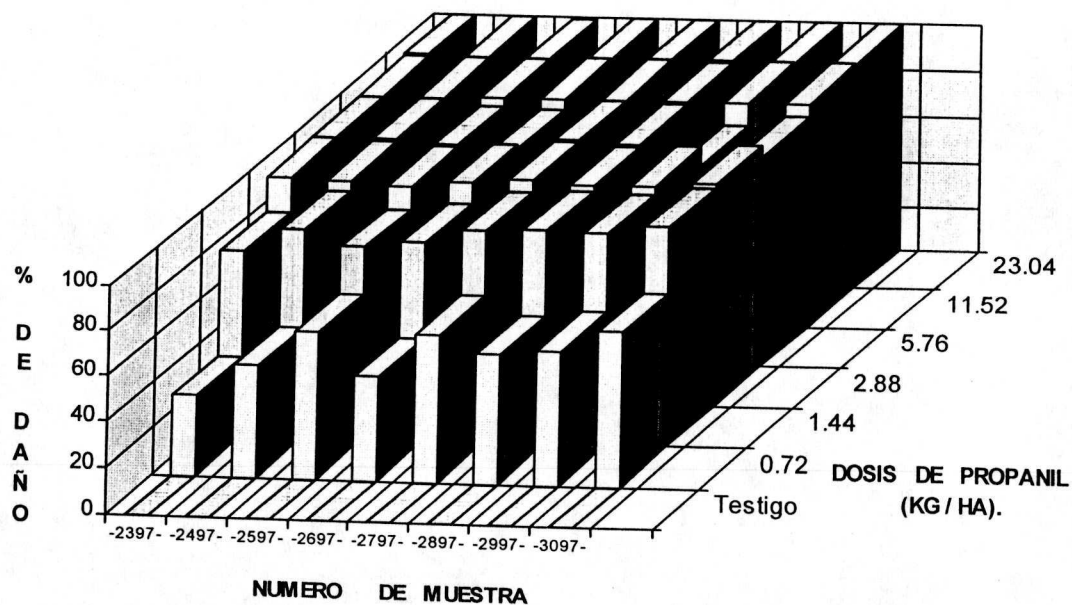
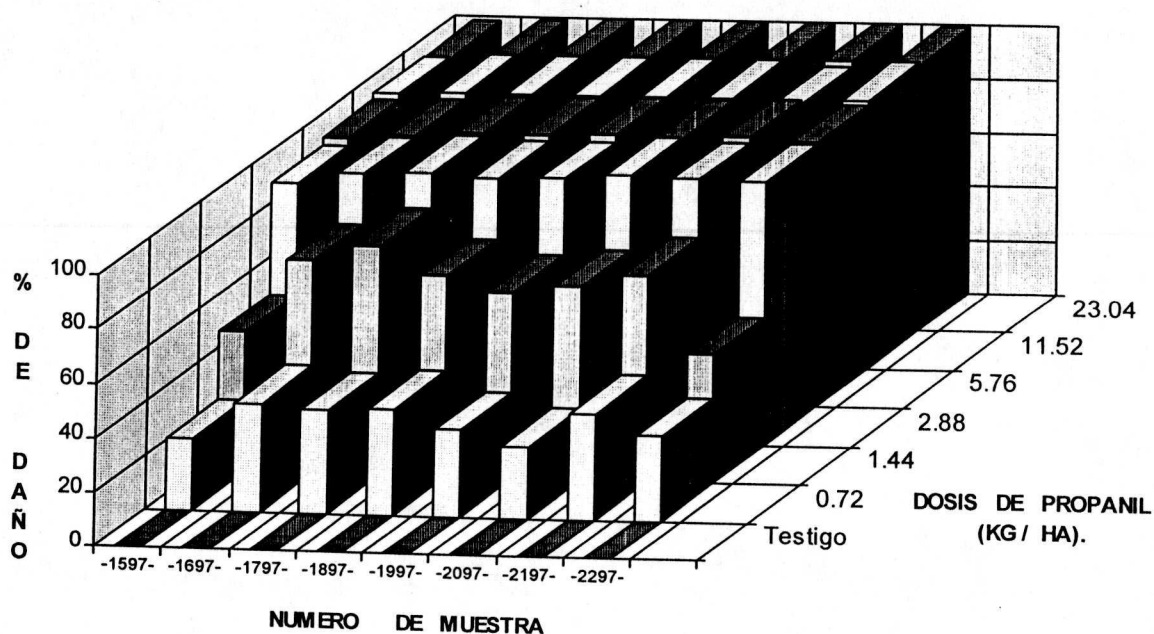


Figura 6.- Comparación del porcentaje de daño de visual a los siete días después de la aplicación del propanil, para las poblaciones de *E. colona* incluidas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

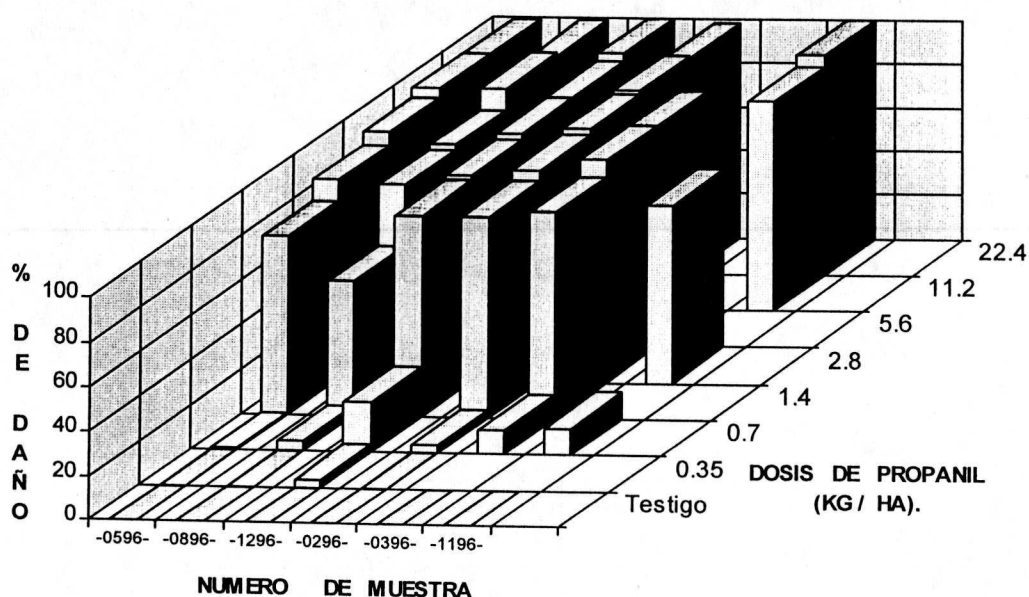


Figura 7.- Comparación del porcentaje de daño visual a los 4 días después de la aplicación. Para las poblaciones de *E. colona* evaluadas en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1997.

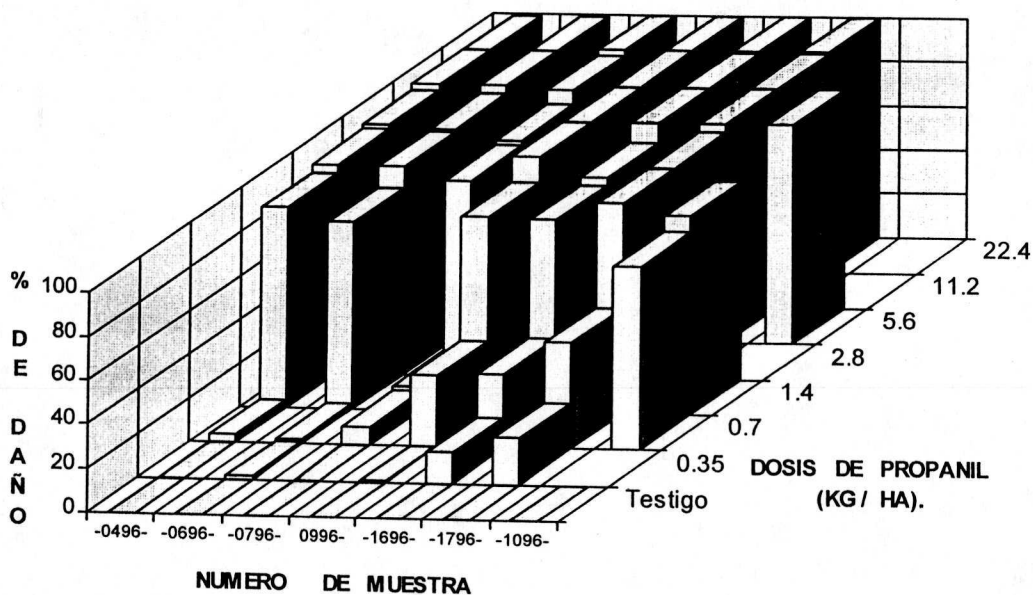


Figura 8.- Comparación del porcentaje de daño visual a los 4 días después de la aplicación. Para las poblaciones de *E. colona* del primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1997.

4.2. Peso fresco

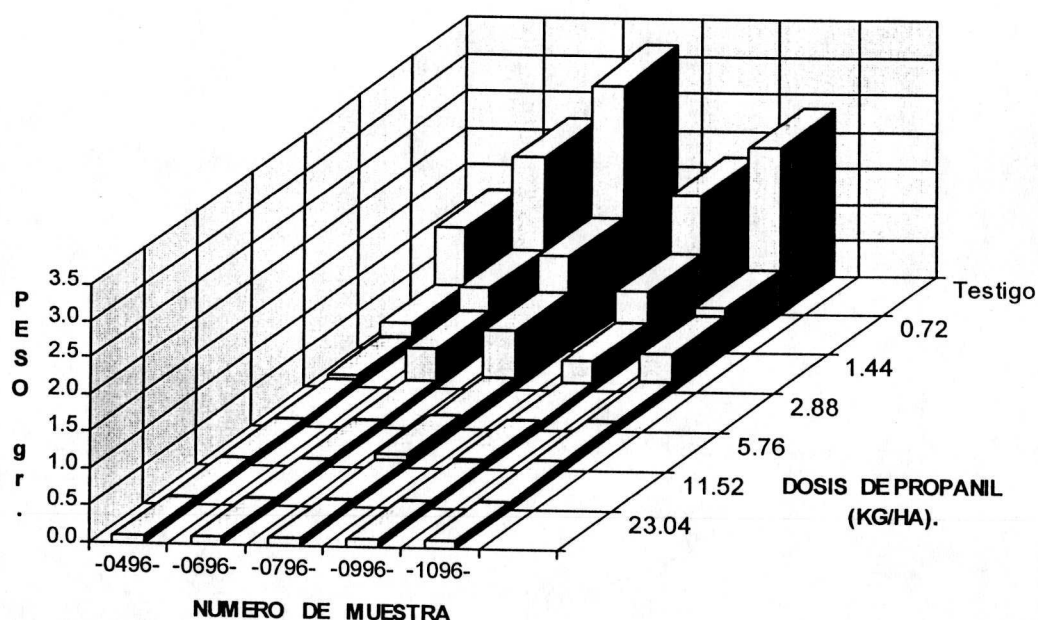
Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable peso fresco (Cuadros 2, 6, 10 y 14 del apéndice A) muestran diferencias altamente significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos, para todas las poblaciones de *E. colona* incluidas en los diferentes bioensayos (excepto las poblaciones MEX-EC-04-96, MEX-EC-01-97 y MEX-EC-16-97) , indicando que al menos la respuesta a uno de los tratamientos involucrados en las poblaciones es diferente. La comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05$) para el primer bioensayo (Cuadro 5 del apéndice B) muestra diferencias entre poblaciones para la variable de peso fresco; como ejemplo se puede señalar que para la poblaciones MEX-EC-10-96 y MEX-EC-13-96 prácticamente todos los tratamientos químicos (dosis de propanil) son estadísticamente iguales y sólo difieren del testigo absoluto. Los tratamientos cuyas dosis fueren menores o iguales a 2.88 kg/ha a pesar de que estadísticamente son equivalentes presentan el menor peso fresco promedio (Figura 9).

El Cuadro 6 de apéndice B muestra las medias de peso fresco del segundo bioensayo, en él se observa un comportamiento también diferente en función de la población y en relación con las dosis (Figura 10).

Los valores de los pesos frescos del tercer bioensayo (Cuadro 7 del apéndice B) siguen un comportamiento muy diverso. Por ejemplo, las medias estadísticas para algunas poblaciones indican que no existen diferencias entre dosis, tal es el caso de MEX-EC-16-97, MEX-EC-17-97, MEX-EC-18-97 entre otras. Los resultados para estas poblaciones nos hacen suponer que se comportan como susceptibles al propanil. por otro lado se observa que otras poblaciones tales como MEX-EC-26-97, MEX-EC-21-97 y MEX-EC-27-97 presentaron un comportamiento un tanto diferente, al grado que los pesos de

los diferentes tratamientos químicos no siguieron una relación recíproca en función de la dosis de propanil (Figura 11).

Finalmente, los pesos frescos obtenidos en el bioensayo realizado en Costa Rica (Cuadros 8 y 17 del apéndice B) muestran medias estadísticas que guardan una relación recíproca en función de la dosis de aplicación del propanil. Considerando los datos que se indican en el cuadro, se observa que la población MEX-EC-11-97 presenta los valores de peso fresco más bajos, quizá sea la más susceptible (Figuras 12 y 13) o se deba a que contenía sólo tres plantas por unidad experimental.



(Figura 9 parte a)

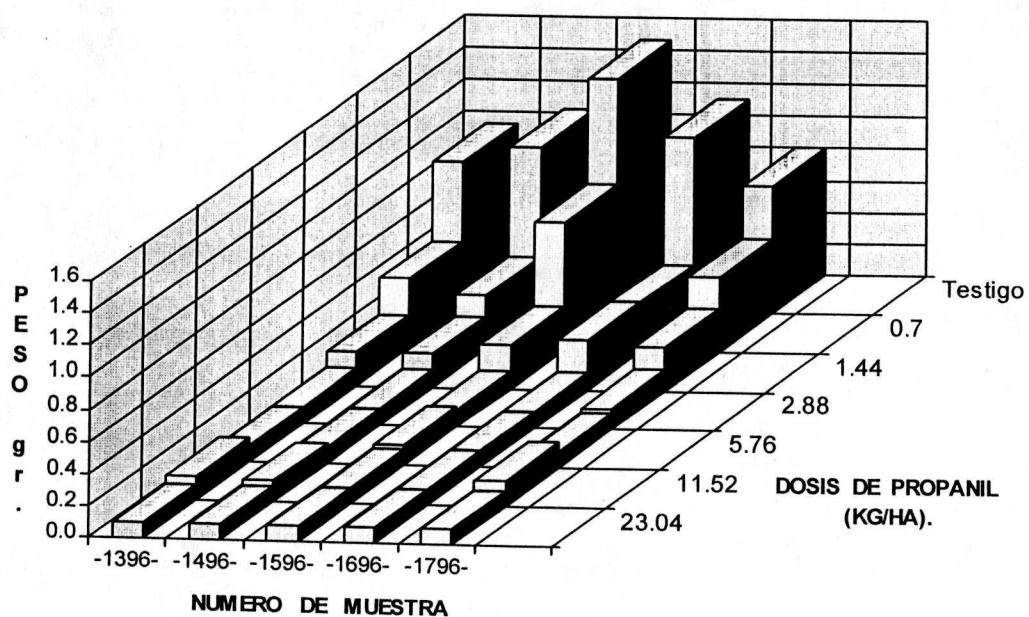
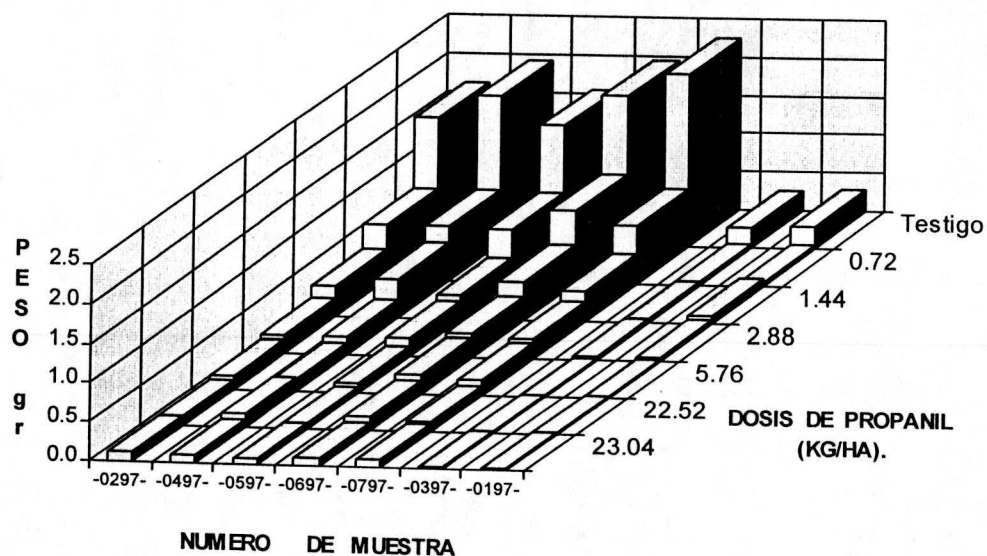


Figura 9.- Comparación del peso fresco para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.



(Figura 10 parte a)

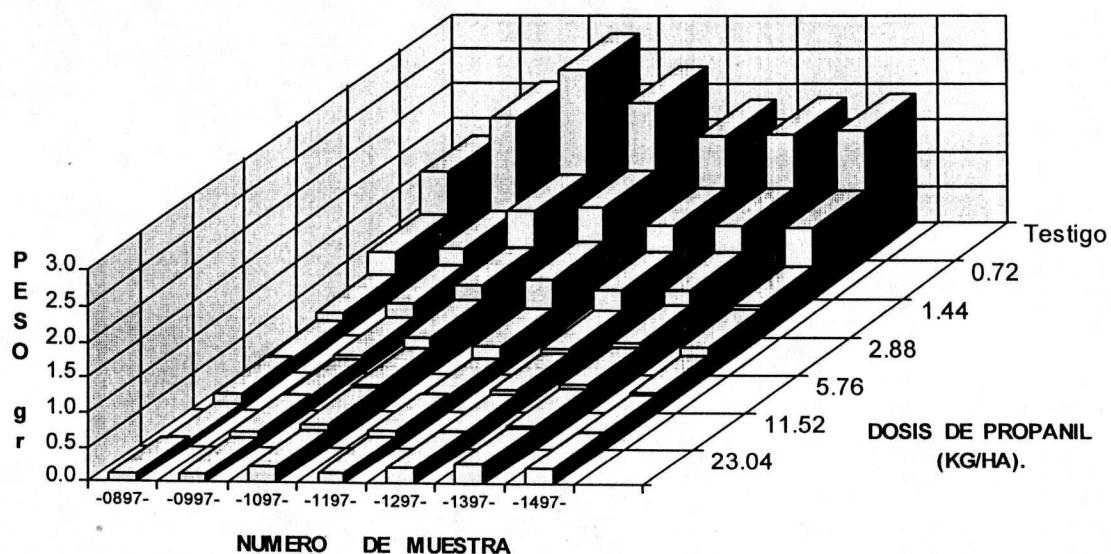
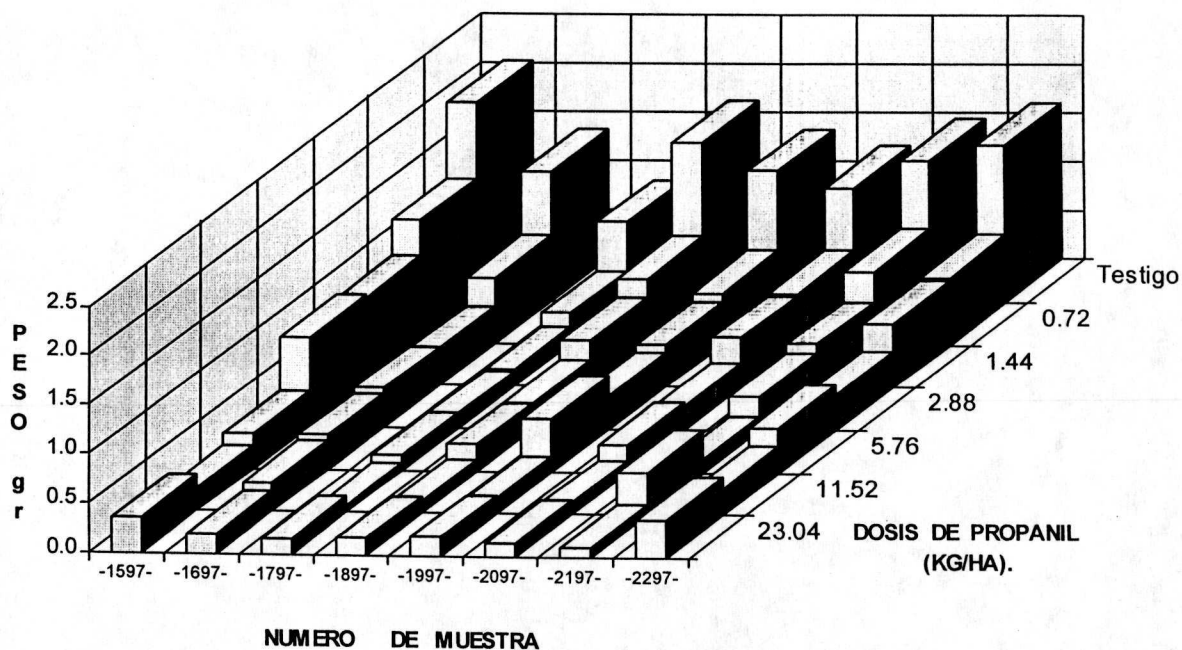


Figura 10.- Comparación del peso fresco para la poblaciones de *E. colona* usadas para la realización del segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.



(Figura 11 parte a)

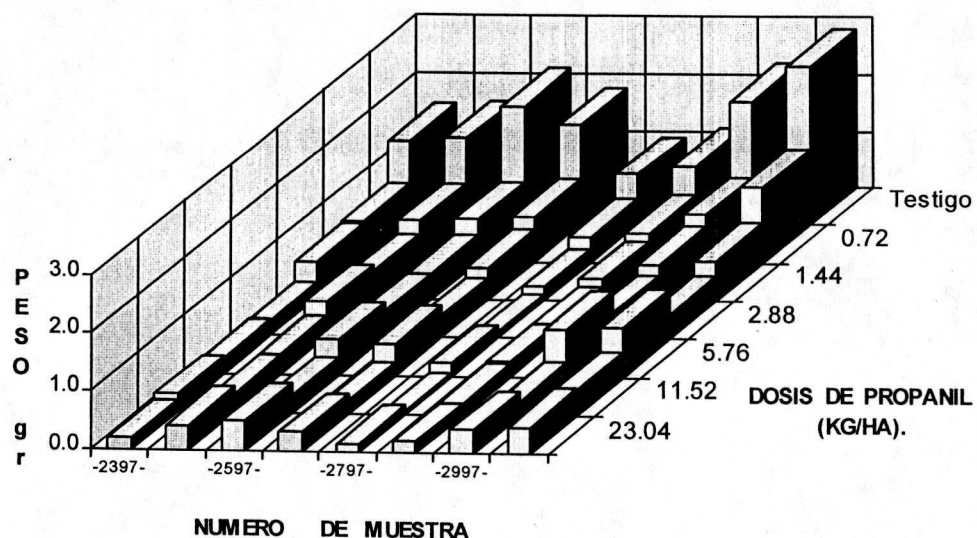


Figura 11.- comparación del peso fresco para los poblaciones de *E. colona* involucradas en la realización del tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

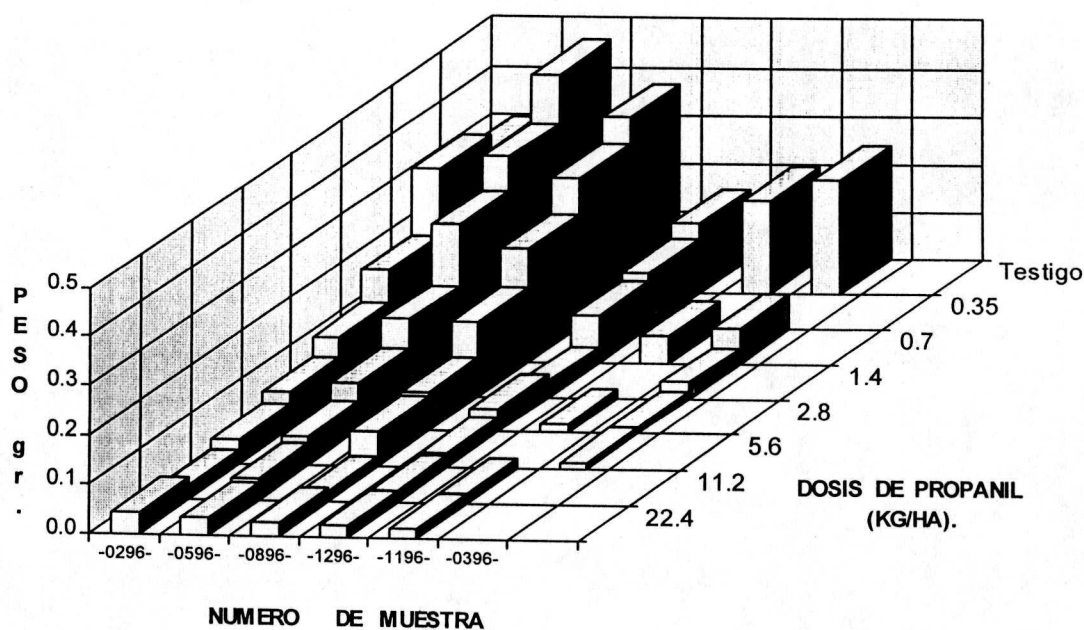


Figura 12.- Comparación del peso fresco. Para las poblaciones de *E. colona* evaluadas en el CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997.

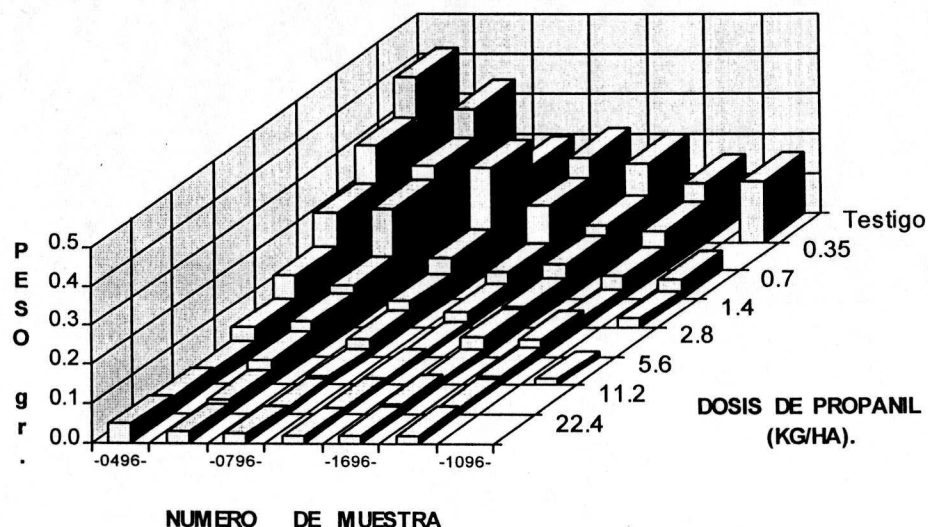


Figura 13.- Comparación del peso fresco. Para las poblaciones de *E. colona* del primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en el CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997.

4.3. Peso seco

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza del peso fresco (Cuadros 3, 7, 11 y 15 del apéndice A) muestran diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos para todas las poblaciones de *E. colona* (excepto MEX-EC-01-97 y MEX-EC-08-97), en los diferentes bioensayos; indicando que al menos una de las dosis de propanil aplicadas sobre dichas poblaciones afecta diferencialmente el peso seco. Los resultados de la comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) obtenidos para el primer bioensayo, muestran que el efecto de todas las dosis de propanil aplicadas a las plantas de *E. colona* es similar, ya que todas se encuentran agrupadas en la misma categoría de significancia (Cuadro 9 del apéndice B y Figura 14), pero difieren del testigo absoluto. Se puede entonces decir que todas las dosis de propanil aplicadas causan un fuerte daño o detención del crecimiento de *E. colona*, lo cual hace

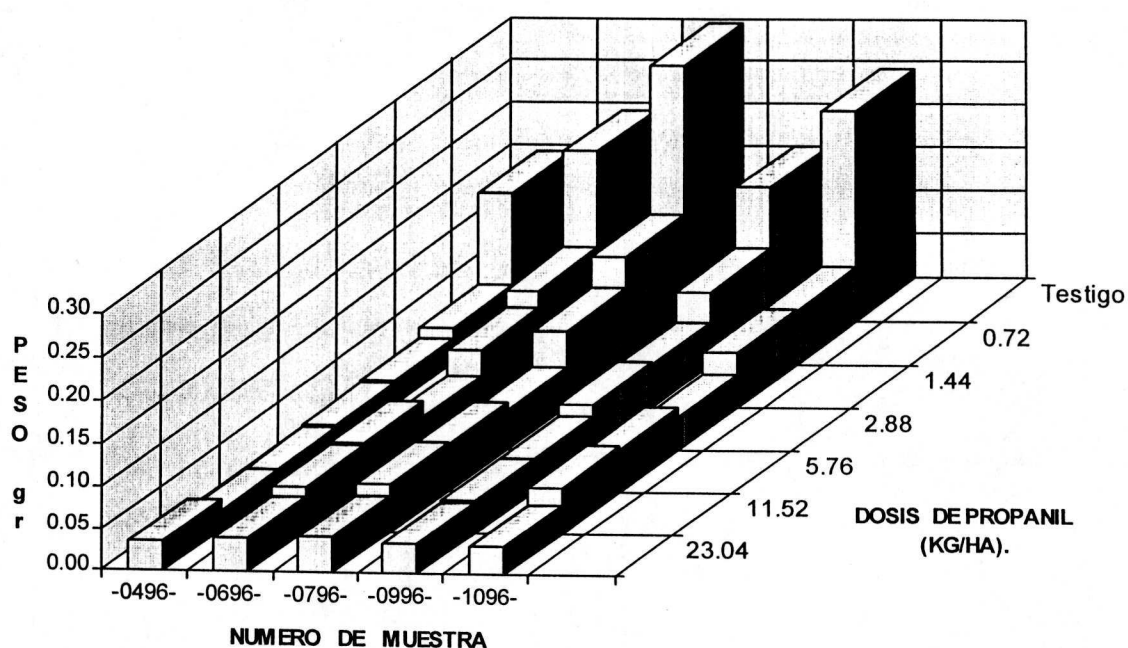
suponer que las poblaciones involucradas en este bioensayo pueden ser controladas con dosis bajas del herbicida.

En el Cuadro 10 del apéndice B se muestra la comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tukey $\alpha=0.05$ para el segundo bioensayo. Las poblaciones MEX-EC-01-97 y MEX-EC-08-97 no presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis de propanil aplicadas y el testigo sin aplicación; lo anterior se atribuye a que tenían un menor número de plantas y éstas eran muy pequeñas al momento de la aplicación. Las otras poblaciones involucradas en este bioensayo presentaron un comportamiento muy parecido al de las poblaciones del primer bioensayo (Figura 15). La agrupación de Tukey para los diferentes tratamientos fue más desuniforme que en el primer y segundo bioensayos, lo cual indica respuestas diferenciadas a una misma dosis entre varias poblaciones.

La comparación de medias para el tercer bioensayo (Cuadro 11 del apéndice B) muestra que todas las poblaciones presentaron un comportamiento muy parecido; el efecto de las diferentes dosis de propanil es estadísticamente similar, excepto si se comparan con el testigo absoluto. Se puede entonces suponer que el propanil causó un fuerte daño a todas las poblaciones de *E. colona* usadas en el tercer bioensayo (Figura 16) y que dichas poblaciones podrían controlarse con las dosis comerciales del herbicida usadas en México.

Las poblaciones evaluadas en Costa Rica (Cuadros 12 y 18 del apéndice B), muestran un comportamiento similar a las poblaciones evaluadas en México (Figuras 17 y 18); solamente dos poblaciones (MEX-EC-12-96 y MEX-EC-17-96) presentan igualdad estadística entre el testigo y los tratamientos aplicados.

Los resultados obtenidos en los Cuadros 9, 10 y 11 demuestran prácticamente que todas las dosis de propanil aplicadas causan una reducción severa en el crecimiento o hasta la muerte de las plantas. Como se puede observar en las Figuras 9, 10 y 11, el comportamiento del peso seco es similar al del peso fresco, ya que en todos los tratamientos de todas las poblaciones el peso seco de las plantas asperjadas es menor en más de un 50 % comparado con el testigo absoluto.



(Figura 14 parte A)

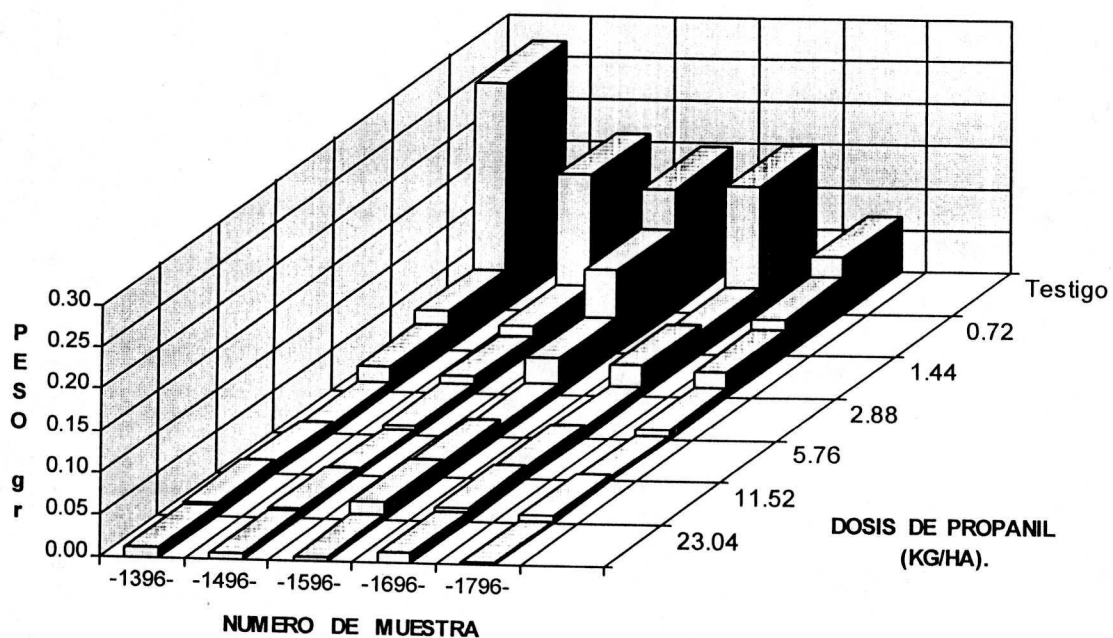
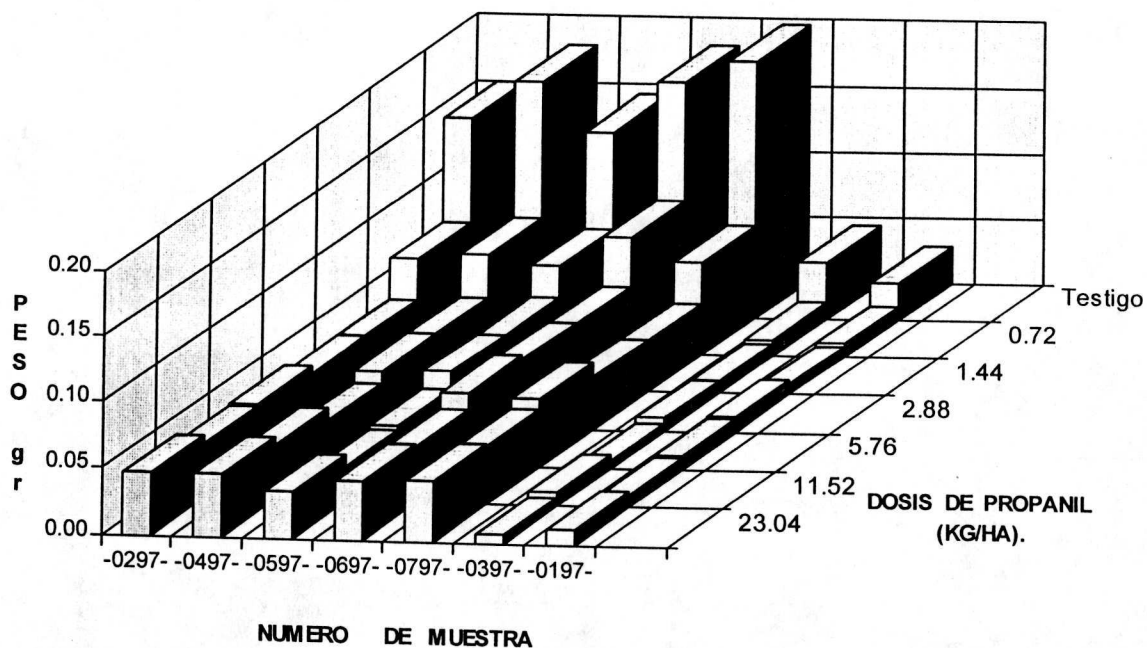


Figura 14.- Comparación de los pesos secos para la poblaciones de *E. colona* involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.



(Figura 15 parte A)

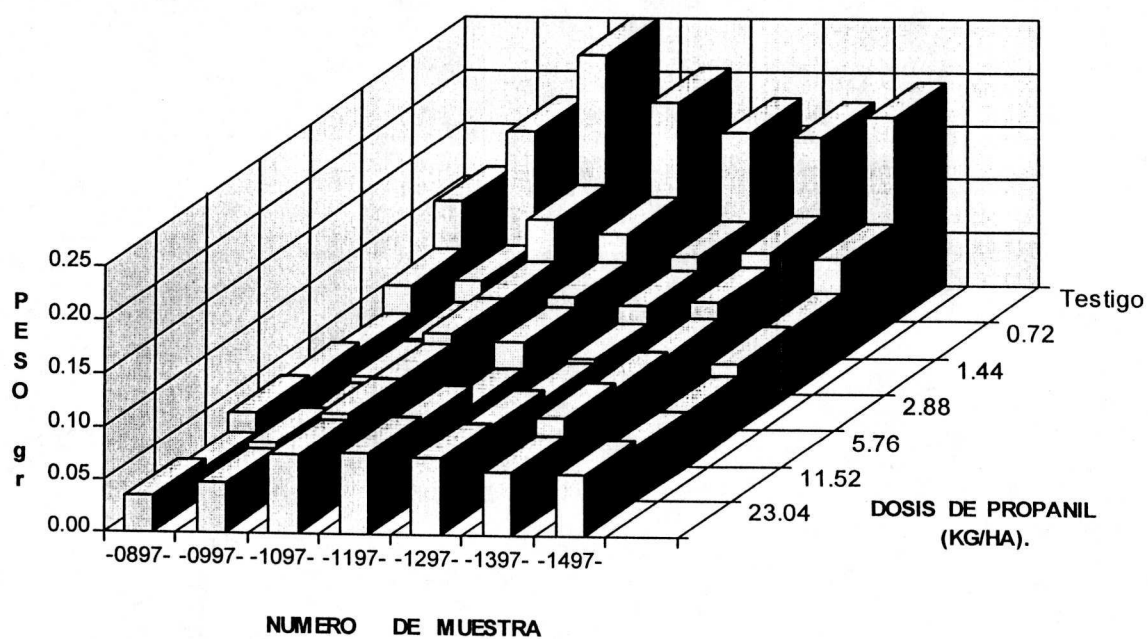
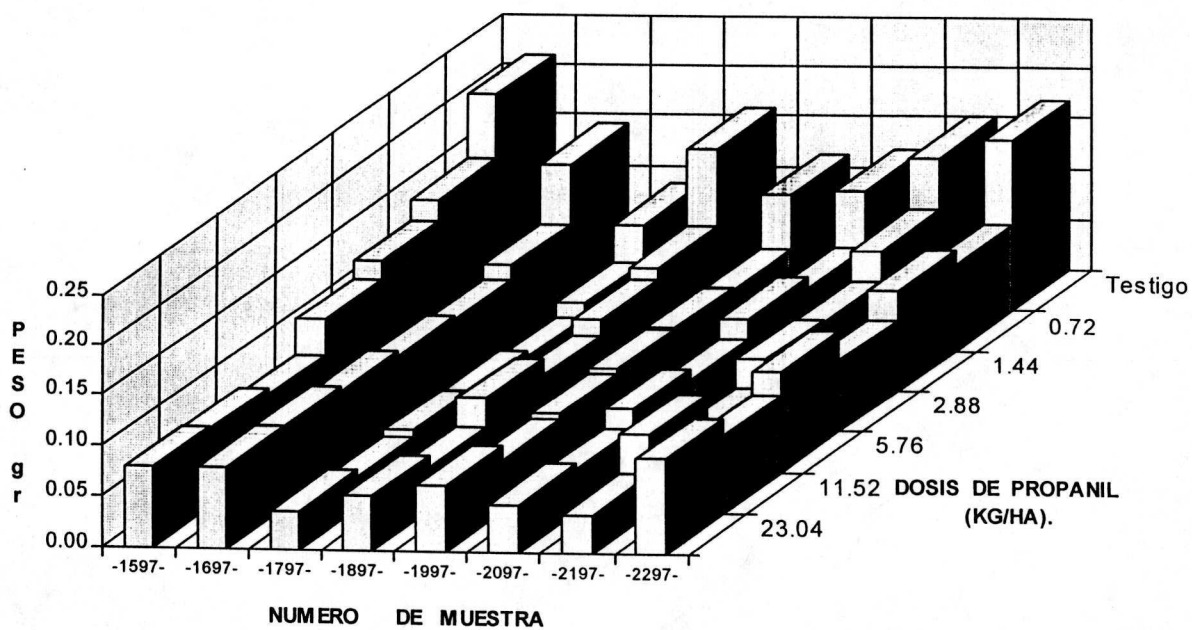


Figura 15.- Comparación del peso seco para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

(Figura 16 parte A)



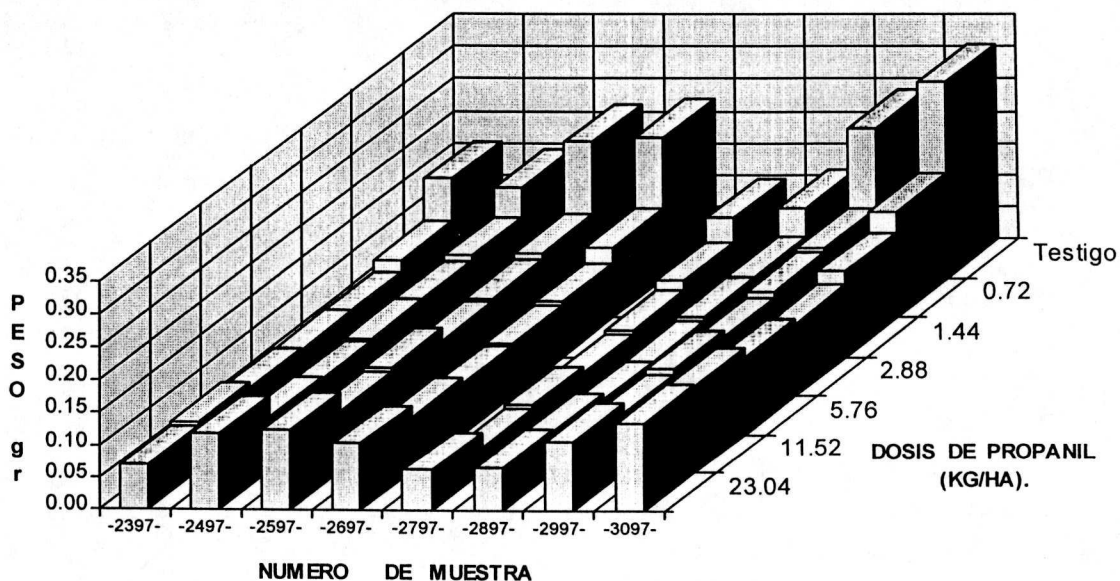


Figura 16.- Comparación del peso seco para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

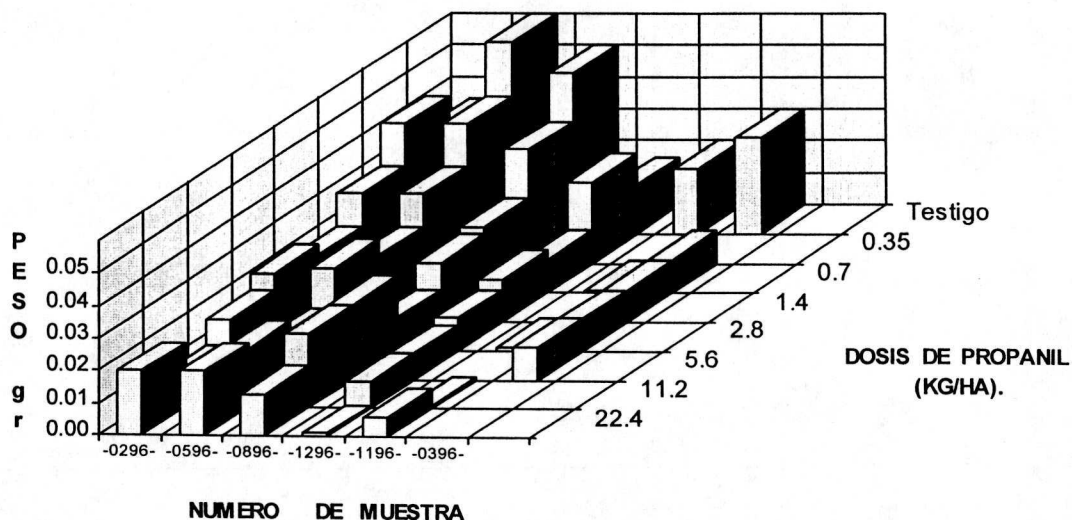


Figura 17.- Comparación del peso seco. Para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el bioensayo conducido en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

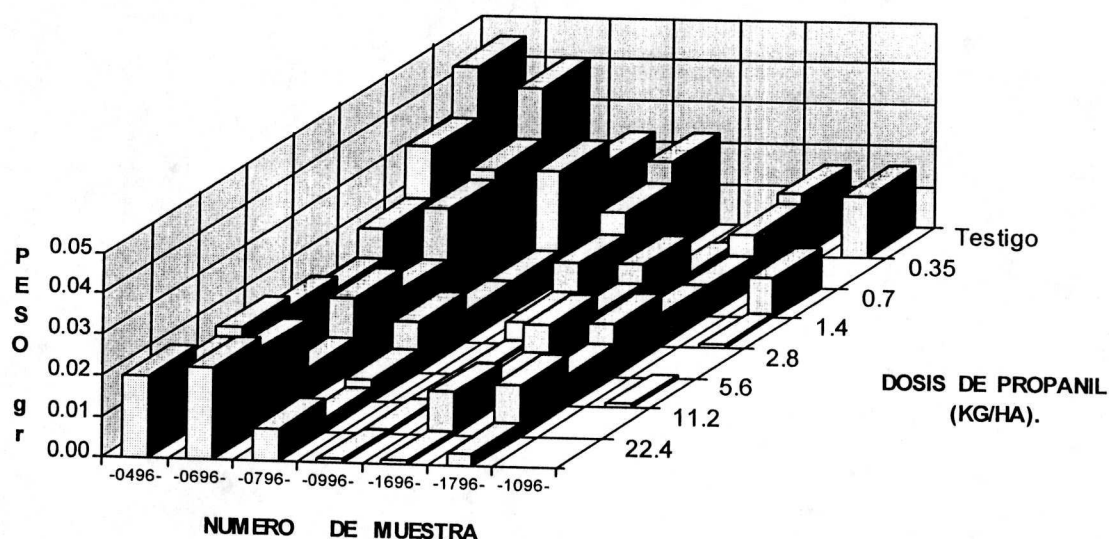


Figura 18.- Comparación del peso seco. Para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el bioensayo realizado en México, pero evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Al observar el comportamiento del peso fresco y el peso seco en las gráficas de los bioensayos realizados en México de las poblaciones evaluadas en Costa Rica, podemos notar que en la mayoría de poblaciones evaluadas en México, el peso fresco y el peso seco del primer tratamiento químico equivalen a menos del 50 % del peso en relación al testigo, lo cual significa que en la mayoría de las poblaciones se les causó el 50 % de daño a dosis inferiores e iguales a 0.72 kg/ha. En las poblaciones evaluadas en Costa Rica, el peso fresco y seco del tratamiento 0.70 kg/ha presenta una fluctuación muy grande pues que existen poblaciones en las que equivale al 33 % y poblaciones en las que corresponde al 70 % en relación con el peso del testigo. De lo cual se deduce que para llegar al 50 % de daño en las poblaciones evaluadas en Costa Rica se requirió una dosis ligeramente mayor que en las poblaciones evaluadas en México. Aunque el 50 % de daño en algunas poblaciones de Costa Rica se

ocasionó con dosis superiores a 0.70 kg/ha en ninguna de las poblaciones el peso fresco y seco del tratamiento 1.40 kg/ha de propanil fue mayor al 50 % del peso del testigo. Lo anterior demuestra lo mencionado en el capítulo de porcentaje de daño visual relacionado con una actividad enzimática ligeramente mayor en Costa Rica que en Chapingo, debido a las condiciones climáticas diferentes en ambos lugares.

También relacionado con el peso fresco y seco de las poblaciones evaluadas en México y en Costa Rica, se puede observar que en México a partir de la dosis de 1.44 kg/ha de propanil existe muy poca variación en los pesos frescos y secos, lo cual no sucede en las poblaciones evaluadas en Costa Rica, donde la variación tanto del peso fresco como del peso seco fue mucho mayor que la variación en las poblaciones evaluadas en México. Tomando en cuenta la poca variación del peso fresco y seco de las poblaciones evaluadas en México se puede concluir que a partir de la dosis de 1.44 kg/ha prácticamente todas las poblaciones fueron controladas eficientemente, lo anterior se corrobora al observar el porcentaje de rebrote (Figuras 19, 20 y 21), ya que éste sólo se presentó en el testigo y en el tratamiento de 0.72 kg/ha de propanil para la mayoría de las poblaciones.

4.4. Porcentaje de rebrote

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el porcentaje de rebrote a los 20 y 15 días después del corte de las plantas según el bioensayo (Cuadros 4, 8 y 12 del apéndice A) muestran efectos significativos ($\alpha=0.05$) de tratamientos, para todas las poblaciones de *E. colona* (excepto MEC-EC-08-97, MEC-EC-09-97 y MEC-EC-23-97). Sólo se presentó rebrote en el testigo (Cuadros 13, 14 y 15 del apéndice B) y en la dosis más baja (0.72 kg/ha), salvo

algunas excepciones en las que ocurrió un bajo porcentaje de rebrote en plantas tratadas con 1.44 kg/ha (Figuras 19, 20 y 21). Los resultados anteriores indican que las dosis superiores e iguales a la dosis recomendada comercialmente causaron prácticamente la muerte de las plantas después de la aplicación, evitando el rebrote debido a la eliminación de los puntos de crecimiento de las plantas así tratadas. El porcentaje de rebrote en el testigo llegó hasta un 95 %, mientras que en las dosis inferiores a la recomendada (0.72 y 1.44 kg/ha) se logró un máximo de 60% solo en la población MEX-EC-12-97. Cuando se aplicó propanil en dosis iguales o superiores a la recomendada ninguna planta rebrotó. Algunas plantas en las unidades experimentales correspondientes al testigo absoluto no rebrotaron debido a el corte probablemente se realizó por debajo de los puntos de crecimiento. En relación con las poblaciones evaluadas en Costa Rica, solo se presentó rebrote en los testigos de las poblaciones MEX-EC-08-96 y MEX-EC-12-96 y solamente se reportó el rebrote de una o dos plantas por unidad experimental.

Lo anteriormente explicado demuestra que la aplicación de dosis subletales de propanil no causa la muerte de *E. colona*, lo cual puede favorecer la evolución de resistencia ya que estas plantas que sobreviven, llegan a producir semillas, dando origen a plantas que presentan una mayor tolerancia al propanil. Por lo tanto, es importante recalcar que los herbicidas se deben de aplicar a las dosis recomendadas para retardar al máximo la evolución de resistencia, sin llegar al empleo de sobredosis o abusando de la frecuencia de aplicación como una manera de garantizar la mayor vida útil del herbicida en el campo.

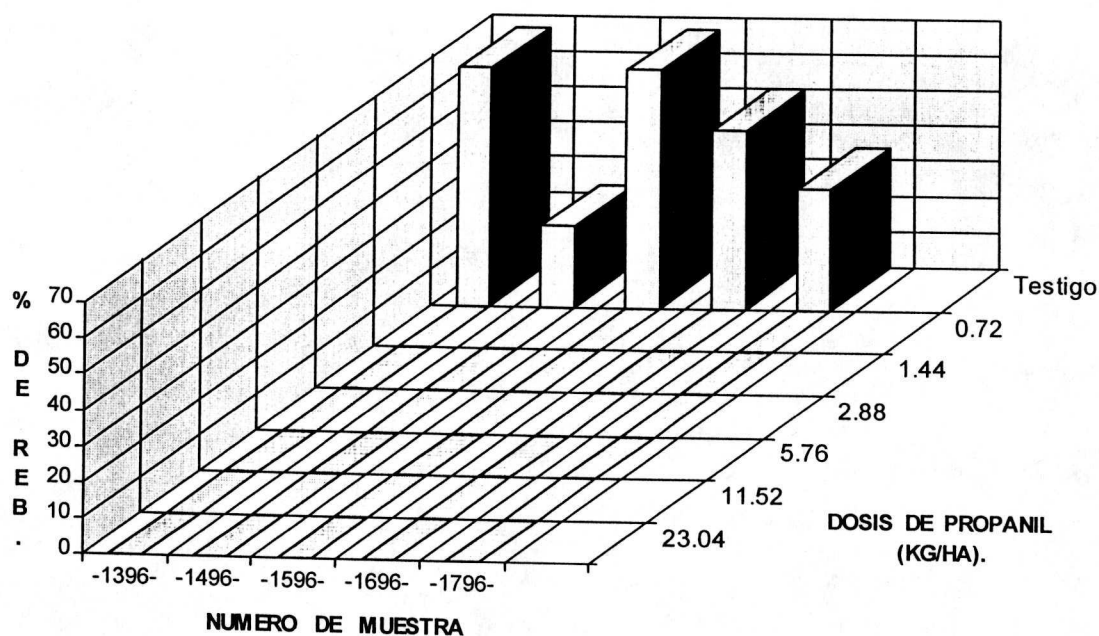
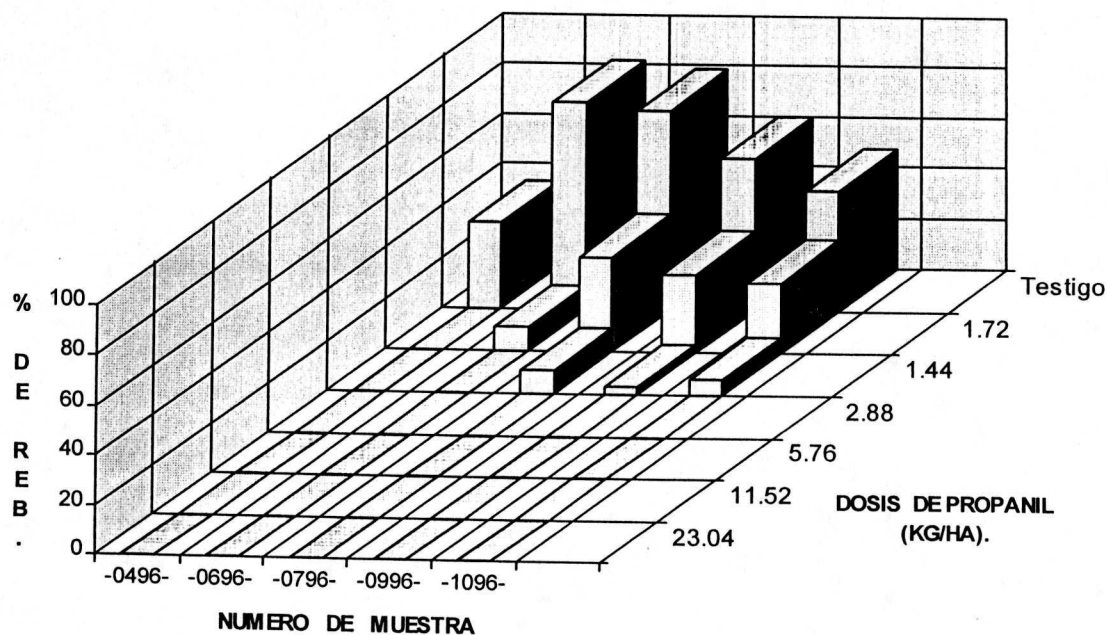


Figura 19.- Comparación del porcentaje de rebrote a los 20 días después del corte para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

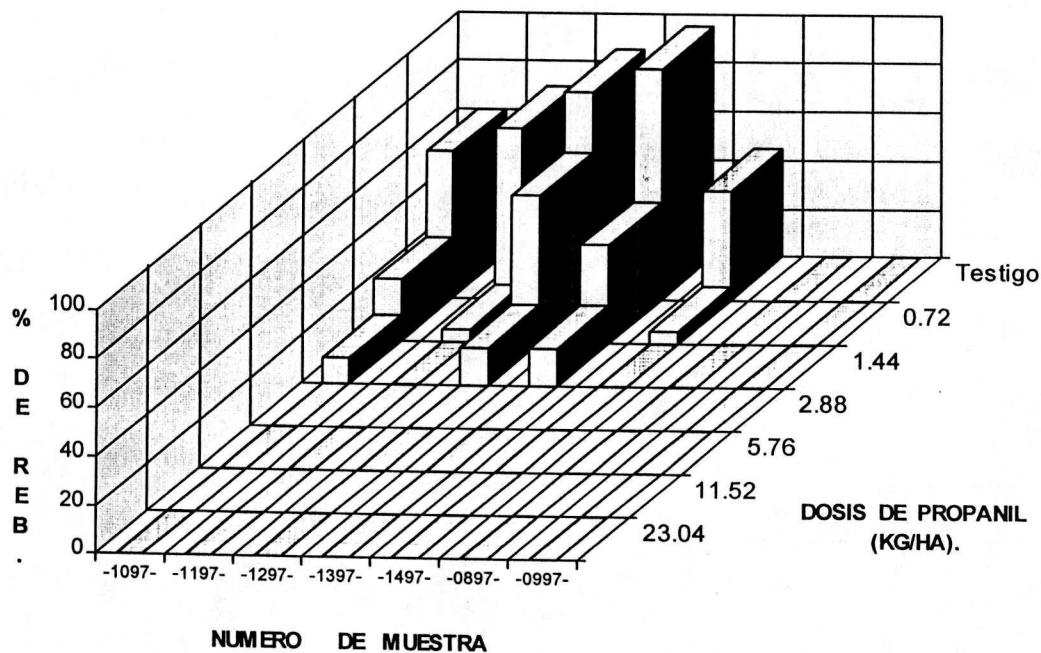
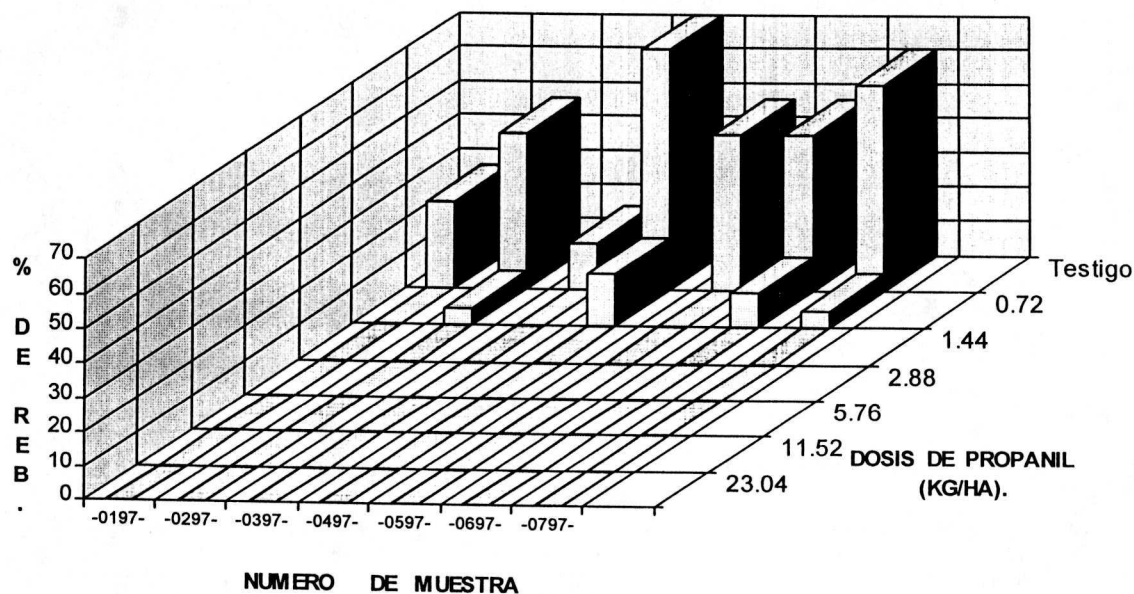


Figura 20.- Comparación del porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

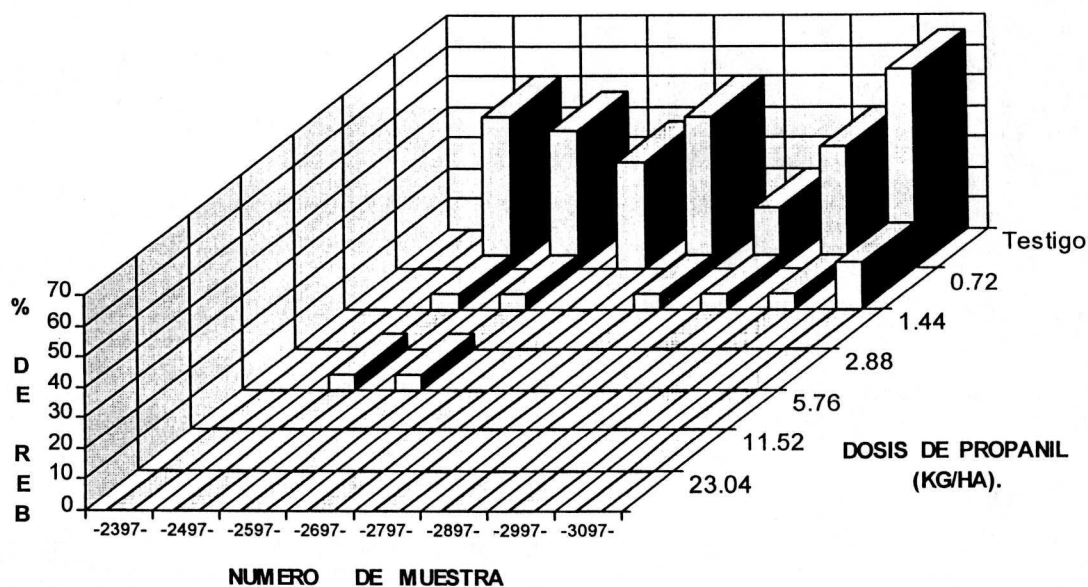
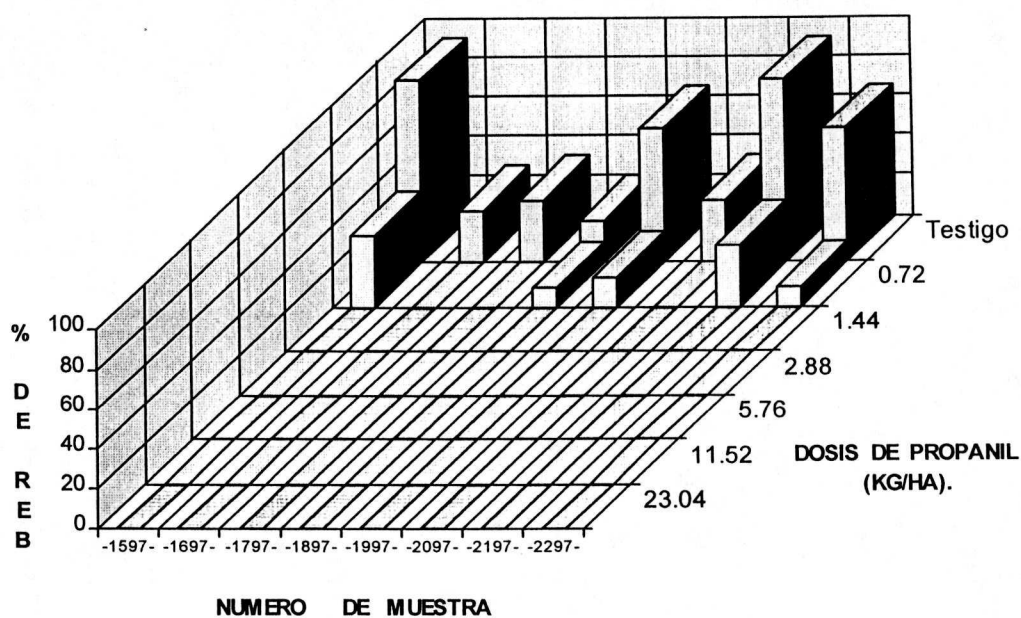


Figura 21.- Comparación del porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte. Para las poblaciones de *E. colona* involucradas en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

4.5. Interpretación de las dosis que causan el 50 % de daño (I_{50})

El análisis de varianza para los datos de cada bioensayo (Cuadros 16, 17, 18, 19 y 20 del apéndice A) muestran que el modelo de Steven et al. (1995) describe adecuadamente el comportamiento de los datos obtenidos para cada uno de los bioensayos con una confiabilidad del 95 %, debido a que la $Pr > F$ para modelo es 0.0001 (menor a 0.05). Además, dicho análisis muestra diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.05$) para las poblaciones de *E. colona* y dosis de propanil. Así mismo, se muestra que al menos una población de cada bioensayo presenta una respuesta diferente a la aplicación de propanil, lo cual indica que sí existen diferencias entre las poblaciones a la aplicación del propanil. También en dicho análisis se observa que para la interacción dosis(población) para los bioensayos uno, tres y las poblaciones evaluadas en Costa Rica no presentan diferencias estadísticas. Los resultados obtenidos indican que todas las dosis de propanil en las diferentes poblaciones involucradas en los bioensayos producen el mismo efecto, pero estos análisis de varianza también muestran que para el caso del bioensayo dos y las muestras del bioensayo uno evaluadas en Costa Rica sí existe interacción entre dosis(población), lo cual muestra que al menos una combinación dosis(población) produce un efecto diferente en algunas de las poblaciones involucradas en este bioensayo.

En lo referente a las I_{50} obtenidas para cada población de cada bioensayo, se obtuvieron valores muy bajos, de lo que se concluye que todas las poblaciones de las diferentes áreas muestreadas e involucradas en los bioensayos no presentan resistencia al propanil. Lo anterior se debe a que todas las poblaciones involucradas en los bioensayos presentan valores de I_{50} menores a uno, lo cual indica que para causar el 50 % de daño a todas las poblaciones se requiere menos de un kilogramo de propanil/ha. Lo anterior se comprueba al comparar los valores de GR_{40} (dosis para ocasionar el 40 % de

daño) obtenidos por Fisher et al. (1993), quien obtuvo valores entre 0.36 y 0.50 para las poblaciones de *E. colona* donde nunca se había hecho uso de propanil. Si comparamos los valores obtenidos en este trabajo (Cuadros 15, 16, 17 y 18) se comprueba que la mayoría de estos se ubican dentro de este rango de valores (0.36-0.50). Además mencionan que los valores de GR_{40} para las poblaciones de *E. colona* resistentes a propanil variaron entre 1.1 y 3.1; y en el presente trabajo no se obtuvieron valores comprendidos en este rango. De lo cual se concluye finalmente que ninguna población de *E. colona* colectadas en las áreas arroceras selectas de México presentaron resistencia al propanil.

Los valores de I_{50} obtenidas para cada una de las poblaciones evaluadas en este estudio también muestran que existen diferencias en la susceptibilidad de las diferentes poblaciones, ya que la población (MEX-EC-14-96) con la I_{50} menor fue de 0.168 y la población (MEX-EC15-97) con el valor máximo fue de 0.886, la población con el valor mayor requiere 5.3 veces más propanil para ocasionarle el 50 de daño comparado con la población mas susceptible, lo anterior no indica que la población con la I_{50} mayor sea resistente a propanil. En los cuadros 32, 33, 34 y 35 se observa que la mayoría de poblaciones requiere entre 1.0 y 4.0 (IR) veces más propanil que la población más susceptible para que se ocasione el 50 % de daño a la mayoría de las poblaciones, y sólo existen dos poblaciones que son las más susceptible las cuales presentan una I_{50} de 0.145 y 0.168 (MEX-EC-17-96 y MEX-EC-14-96 respectivamente). Así mismo, se observa que existen tres poblaciones (MEX-EC-15-96, MEX-EC-15-97 y MEX-EC-15-97) que requieren más de cinco veces la dosis que se necesita en la población más susceptible para ocasionarles el 50 % de daño. En el apéndice C se muestra un ejemplo para obtener las I_{50} de una población. El ejemplo mostrado se siguió para cada una de las poblaciones de los diferentes bioensayos.

Cuadro 15. Respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil para el primer bioensayo. Chapingo , México. 1997.

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀	IR	D	C	B
MEX - EC - 04 - 96	La Pachota, Tres Valles Ver	0.444	2.6	0.144	0.025	4.568
MEX - EC - 06 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.417	2.5	0.193	0.044	1.990
MEX - EC - 07 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.414	2.5	0.293	0.046	1.584
MEX - EC - 09 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos.	0.527	3.1	0.152	0.038	1.894
MEX - EC - 10 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos	0.269	1.3	0.280	0.048	2.488
MEX - EC - 13 - 96	Laguna Blanca, Palizada Cam.	0.211	1.3	0.267	0.013	1.533
MEX - EC - 14 - 96	Vista Hermosa, Palizada Cam.	0.168	1.0	0.161	0.007	1.181
MEX - EC - 15 - 96	San Francisco, Palizada Cam.	0.882	5.3	0.144	0.014	2.848
MEX - EC - 16 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.556	3.3	0.103	0.0007	1.212
MEX - EC - 17 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.736	4.4	0.098	-0.038	0.184

I₅₀= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño. IR= Índice de resistencia de la población comparada con la población más susceptibles de todas las poblaciones usadas en el presente trabajo. D= valor máximo estimado (limite superior). C= Valor mínimo estimado (limite inferior) y B= Pendiente estimada de la curva.

Cuadro 16. Respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil para el segundo bioensayo. Chapingo , México. 1998.

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀	IR	D	C	B
MEX - EC - 01 - 97	Arroyo Tambor, Tierra Blanca. Ver.	0.517	3.1	0.028	0.010	9.774
MEX - EC - 02 - 97	Ejido la Atalaya, Tierra Blanca. Ver.	0.564	3.4	0.148	0.042	4.792
MEX - EC - 03 - 97	El Ojochal, Tierra Blanca. Ver.	0.535	3.2	0.043	-0.02	0.057
MEX - EC - 04 - 97	Los Naranjos, Tierra Blanca. Ver.	0.373	2.2	0.177	0.040	1.689
MEX - EC - 05 - 97	Las Yaguas, Tres Valles. Ver.	0.457	2.7	0.141	0.031	1.776
MEX - EC - 06 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	0.180	0.047	1.995
MEX - EC - 07 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.435	2.6	0.179	0.045	3.006
MEX - EC - 08 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.627	3.7	0.110	0.038	4.511
MEX - EC - 09 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.446	2.7	0.177	0.047	3.453
MEX - EC - 10 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	0.250	0.079	2.449
MEX - EC - 11 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.483	2.6	0.204	0.070	1.814
MEX - EC - 12 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.394	2.3	0.177	0.067	1.925
MEX - EC - 13 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.324	1.9	0.173	0.067	1.176
MEX - EC - 14 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.487	2.9	0.191	0.055	2.735

I₅₀= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño. IR= Índice de resistencia de la población comparada con la población más susceptibles de todas las poblaciones usadas en el presente trabajo. D= valor máximo estimado (limite superior). C= Valor mínimo estimado (limite inferior) y B= Pendiente estimada de la curva.

Cuadro 17. Respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil para el tercer bioensayo. Chapingo , México. 1998.

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀	IR	D	C	B
MEX - EC - 15 - 97	EL Jicaro, Tierra Blanca. Ver.	0.886	5.3	0.208	0.069	1.139
MEX - EC - 16 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.547	3.3	0.136	0.075	8.319
MEX - EC - 17 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.537	3.2	0.080	0.010	0.106
MEX - EC - 18 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.552	3.3	0.156	0.002	0.205
MEX - EC - 19 - 97	Rancho los Pepes, Tres Valles. Ver.	0.644	3.8	0.112	0.007	0.027
MEX - EC - 20 - 97	La Guadalupe, Tres Valles. Ver.	0.331	1.9	0.117	0.054	1.396
MEX - EC - 21 - 97	Las Vegas, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	0.250	0.079	2.449
MEX - EC - 22 - 97	Las Margaritas, Tres Valles. Ver.	0.654	3.9	0.165	0.088	20.89
MEX - EC - 23 - 97	Tres Marias, Tres Valles. Ver.	0.601	3.6	0.153	0.071	9.892
MEX - EC - 24 - 97	Río Tonto, Tres Valles. Ver.	0.407	2.4	0.139	0.093	23.15
MEX - EC - 25 - 97	Manantiales, Tierra Blanca. Ver.	0.373	2.2	0.211	0.098	14.24
MEX - EC - 26 - 97	Paso el Corral, Tierra Blanca. Ver.	0.607	3.6	0.218	0.087	12.43
MEX - EC - 27 - 97	Piedras Negras, Tuxtepec. Oaxaca.	0.635	3.8	0.089	0.048	15.57
MEX - EC - 28 - 97	Piedras Negras, Tuxtepec. Oaxaca.	0.400	2.9	0.108	0.060	15.39
MEX - EC - 29 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	0.373	2.2	0.232	0.098	4.233
MEX - EC - 30 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	0.509	3.0	0.304	0.125	4.240

I₅₀= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño. IR= Índice de resistencia de la población comparada con la población más susceptibles de todas las poblaciones usadas en el presente trabajo. D= valor máximo estimado (limite superior). C= Valor mínimo estimado (limite inferior) y B= Pendiente estimada de la curva.

Cuadro 18. Respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil para el bioensayo, realizado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀	IR	D	C	B
MEX - EC - 02 - 96	Tres Valles. Ver.	0.827	4.9	0.037	0.017	4.418
MEX - EC - 03 - 96	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.422	2.5	0.030	0.010	19.44
MEX - EC - 05 - 96	Ejido el Zapotal, Tres Valles. Ver.	0.418	2.5	0.060	0.018	1.848
MEX - EC - 08 - 96	Tierra Blanca, Ver.	0.367	2.2	0.049	0.017	3.69
MEX - EC - 11 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	0.541	3.2	0.020	0.002	98.17
MEX - EC - 12 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	0.644	3.8	0.020	0.007	18.93

I₅₀= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño. IR= Índice de resistencia de la población comparada con la población más susceptibles de todas las poblaciones usadas en el presente trabajo. D= valor máximo estimado (limite superior). C= Valor mínimo estimado (limite inferior) y B= Pendiente estimada de la curva.

El comportamiento de las poblaciones evaluadas tanto en México como en Costa Rica, fue diferente en ambos lugares, ya que las I_{50} obtenidas en Costa Rica son mucho mayores que las obtenidas en México (Cuadro 19). Lo anterior se atribuye a que la reducción de peso fresco o seco de la dosis de 0.70 kg/ha es mucho menor en Costa Rica que en México, esto indica que en Costa Rica la actividad de la enzima aril acilamidasa es mayor que en México, debido a las condiciones más cálidas en Costa Rica lo cual favorece la actividad enzimática y por consiguiente una mayor degradación de propanil, provocando con esto que *E. colona* presente una mayor tolerancia al herbicida. Lo anterior se comprueba si se observan las gráficas de porcentaje de daño donde las dosis de 0.35 y 0.70 kg/ha causaron un daño mínimo o prácticamente nulo en las poblaciones evaluadas en Costa Rica, mientras que a la dosis de 0.72 kg/ha en México todas las poblaciones presentaron daños significativos (en promedio 20 %), pero las dosis superiores e iguales a 1.40 kg/ha presentaron un comportamiento similar tanto en México como en Costa Rica. Las dosis superiores e iguales a 2.80 kg/ha presentaron un porcentaje de daño superior al 95 % a *E. colona* al aplicar la dosis recomendada comercialmente de herbicida propanil. De lo antes comentado se deduce que las poblaciones evaluadas en el presente trabajo no presentan resistencia al propanil.

La actividad enzimática fue entre 2.43 y 7.65 mayor en Costa Rica que en México (Cuadro 19), esto significa que las I_{50} fueron mayores en Costa Rica que en México en la misma proporción. La diferencia mayor en relación a la I_{50} se presentó en la población más susceptible en México (MEX-EC-10-96), lo cual indica que a mayor nivel de resistencia la actividad de la enzima es menos afectada por las condiciones climáticas, indicando que en caso de haber existido poblaciones con altos niveles de resistencia podrías ser evaluados tanto en México como en Costa Rica sin variar considerablemente los resultados, ya que a mayor nivel de resistencia la actividad enzimática tiende a estabilizarse en ambos tipos de clima (Templado y Cálido).

Cuadro 19. Comparación de la respuesta de *E. colona* a propanil de las poblaciones incluidas en el primer bioensayo realizado en México, pero evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀ Mex.	I ₅₀ C.R.	N.V.M.A.E. en C.R.
MEX - EC - 04 - 96	La Pachota, Tres Valles Ver	0.444	1.998	4.50
MEX - EC - 06 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.417	1.813	4.53
MEX - EC - 07 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.414	1.663	4.00
MEX - EC - 09 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos.	0.527	2.084	3.95
MEX - EC - 10 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos	0.269	2.070	7.65
MEX - EC - 16 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.556	1.605	2.88
MEX - EC - 17 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.736	1.050	1.43

I₅₀ Mex= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño en México. I₅₀ C.R= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño en Costa Rica y N.V.M.A.E. en C.R.= Número de veces mayor actividad enzimática en Costa Rica.

Debido a que existieron diferencias en la respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil se optó por hacer una clasificación, agrupándolas en tres categorías: poblaciones muy susceptibles, susceptibles y ligeramente resistentes (Cuadro 20). En este cuadro se observa que 12 poblaciones de 46 (26.08 %) se comportaron como muy susceptibles estando representadas en todas los sitios de muestreo. Otras 29 poblaciones (63.04 %) se clasificaron como susceptibles y también con representación en las diferentes áreas muestreadas, y finalmente 5 poblaciones (10.87 %) se clasificaron como ligeramente resistentes, procediendo éstas de Tres Valles y Tierra Blanca Veracruz y Palizada Campeche. De lo cual se puede concluir que las poblaciones con el nivel de resistencia más alto se localizaron en Tres Valles, Veracruz, Tierra Blanca, Veracruz y Palizada, Campeche, Así mismo, las poblaciones con menor nivel de resistencia se localizaron en Zacatepec, Morelos y Tuxtepec, Oaxaca.

En el cuadro 20 se observa que la respuesta de *E. colona* al propanil está asociada con la intensidad del uso del propanil, ya que las poblaciones ligeramente resistentes se localizaron en aquellos sitios donde el propanil se ha

utilizado por tres años continuos o más, en comparación con las poblaciones que muestran mayor susceptibilidad con antecedentes de uso de propanil de 0 a 2 años de uso del propanil. Lo anterior no se puede fundamentar adecuadamente, ya que para la mayoría de los lotes muestreados se desconoce el historial de uso del propanil. Por ejemplo, la población MEX-EC-20-97 que presentó una I_{50} baja procede de un lote donde se ha sembrado arroz por 12 años consecutivos, y en ese lote se han hecho rotaciones de varios herbicidas como oxadiazon, pendimetalina, clomazone y fluazifop butilo.

Cuadro 20. Clasificación arbitraria de la respuesta de las poblaciones de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Lugar de colecta	I_{50}	IR	C.A.	A.C. C.A.
MEX - EC - 14 - 96	Vista Hermosa, Palizada Cam.	0.168	1.0	MS	DS
MEX - EC - 13 - 96	Laguna Blanca, Palizada Cam.	0.211	1.3	MS	0
MEX - EC - 10 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos	0.269	1.3	MS	2
MEX - EC - 20 - 97	La Guadalupe, Tres Valles. Ver.	0.331	1.9	MS	12
MEX - EC - 13 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.324	1.9	MS	DS
MEX - EC - 08 - 96	Tierra Blanca, Ver.	0.367	2.2	MS	DS
MEX - EC - 04 - 97	Los Naranjos, Tierra Blanca. Ver.	0.373	2.2	MS	DS
MEX - EC - 25 - 97	Manantiales, Tierra Blanca. Ver.	0.373	2.2	MS	DS
MEX - EC - 29 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	0.373	2.2	MS	DS
MEX - EC - 12 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.394	2.3	MS	DS
MEX - EC - 28 - 97	Piedras Negras, Tres Valles, Ver.	0.400	2.3	MS	DS
MEX - EC - 24 - 97	Río Tonto, Tres Valles. Ver.	0.407	2.4	MS	DS
MEX - EC - 07 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.414	2.5	S	DS
MEX - EC - 06 - 96	Los Macuiles, Tres Valles. Ver.	0.417	2.5	S	2
MEX - EC - 05 - 96	Ejido el Zapotal, Tres Valles. Ver.	0.418	2.5	S	2
MEX - EC - 03 - 96	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.422	2.5	S	3
MEX - EC - 07 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.435	2.6	S	DS
MEX - EC - 04 - 96	La Pachota, Tres Valles Ver	0.444	2.6	S	DS
MEX - EC - 09 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.446	2.7	S	DS
MEX - EC - 05 - 97	Las Yaguas, Tres Valles. Ver.	0.457	2.7	S	DS
MEX - EC - 06 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	S	DS
MEX - EC - 10 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	S	DS
MEX - EC - 21 - 97	Las Vegas, Tres Valles. Ver.	0.474	2.8	S	DS

(continuación cuadro 20)

Código de la población	Lugar de colecta	I ₅₀	IR	C.A.	A.C. C.A
MEX - EC - 11 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.483	2.8	S	DS
MEX - EC - 14 - 97	Lomas del Chivo, Tres Valles. Ver.	0.487	2.9	S	DS
MEX - EC - 30 - 97	La Mina, Tuxtepec. Oaxaca.	0.509	3.0	S	DS
MEX - EC - 01 - 97	Arroyo Tambor, Tierra Blanca. Ver.	0.517	3.1	S	DS
MEX - EC - 09 - 96	Galiana, Zacatepec Morelos.	0.527	3.1	S	DS
MEX - EC - 03 - 97	El Ojochal, Tierra Blanca. Ver.	0.535	3.2	S	DS
MEX - EC - 17 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.537	3.2	S	3
MEX - EC - 11 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	0.541	3.2	S	DS
MEX - EC - 16 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.547	3.3	S	3
MEX - EC - 18 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.552	3.3	S	DS
MEX - EC - 16 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.556	3.3	S	DS
MEX - EC - 02 - 97	Ejido la Atalaya, Tierra Blanca. Ver.	0.564	3.4	S	DS
MEX - EC - 23 - 97	Tres Marías, Tres Valles. Ver.	0.601	3.6	S	DS
MEX - EC - 26 - 97	Paso el Corral, Tierra Blanca. Ver.	0.607	3.6	S	DS
MEX - EC - 08 - 97	Paraíso Novillero, Tres Valles. Ver.	0.627	3.7	S	DS
MEX - EC - 27 - 97	Piedras Negras, Tres Valles, Ver.	0.635	3.8	S	DS
MEX - EC - 19 - 97	Rancho los Pepes, Tres Valles. Ver.	0.644	3.8	S	DS
MEX - EC - 12 - 96	Yohaltún, Palizada Campeche.	0.644	3.8	S	DS
MEX - EC - 22 - 97	Las Margaritas, Tres Valles. Ver.	0.654	3.9	LR	3
MEX - EC - 17 - 96	El Corral, Palizada Campeche.	0.736	4.4	LR	8
MEX - EC - 02 - 96	Tres Valles. Ver.	0.827	4.9	LR	3
MEX - EC - 15 - 96	San Francisco, Palizada Cam.	0.882	5.3	LR	DS
MEX - EC - 15 - 97	EL Jicaro, Tierra Blanca. Ver.	0.886	5.3	LR	DS

I₅₀= Dosis estimada para ocasionar el 50 % de daño. IR= Índice de resistencia de la población comparada con la población más susceptibles de todas las poblaciones usadas en el presente trabajo, C.A= clasificación arbitraria, A.C.C.A= Años con cultivo de arroz MS= muy susceptibles, S= susceptibles LR= ligeramente resistentes y DS= desconocido.

4.7. Interpretación de los valores predichos

Para conocer el nivel de ajuste de las curvas se realizó un programa en el paquete estadístico SAS (apéndice C) para calcular la media de cada dosis para los valores observados y predichos para cada población de cada uno de los bioensayos. Dicho programa se llevó a cabo sustituyendo los valores (D, C, y B) obtenidos en el programa realizado para calcular las I₅₀ de cada población

(Cuadros 15, 16, 17 y 18). En dicho análisis se observó que las gráficas de los valores observados y predichos presentan un comportamiento muy semejante, tal como se muestra en las Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 29, 30 y 31. No se grafican los resultados de todas las poblaciones empleadas para la realización de este trabajo debido a que fueron demasiadas y todas presentaron un comportamiento similar a la de los ejemplos mostrados, sólo se grafican las poblaciones mas susceptibles, las más resistentes y algunas intermedias. Debido al adecuado ajuste de las curvas se deduce que el modelo empleado para calcular las I_{50} describe adecuadamente el comportamiento de los datos. Por lo cual los volares (I_{50} , D, C, y B) son muy semejantes a los de los datos reales y se considera que el modelo empleado es el más adecuado para el análisis de la información.

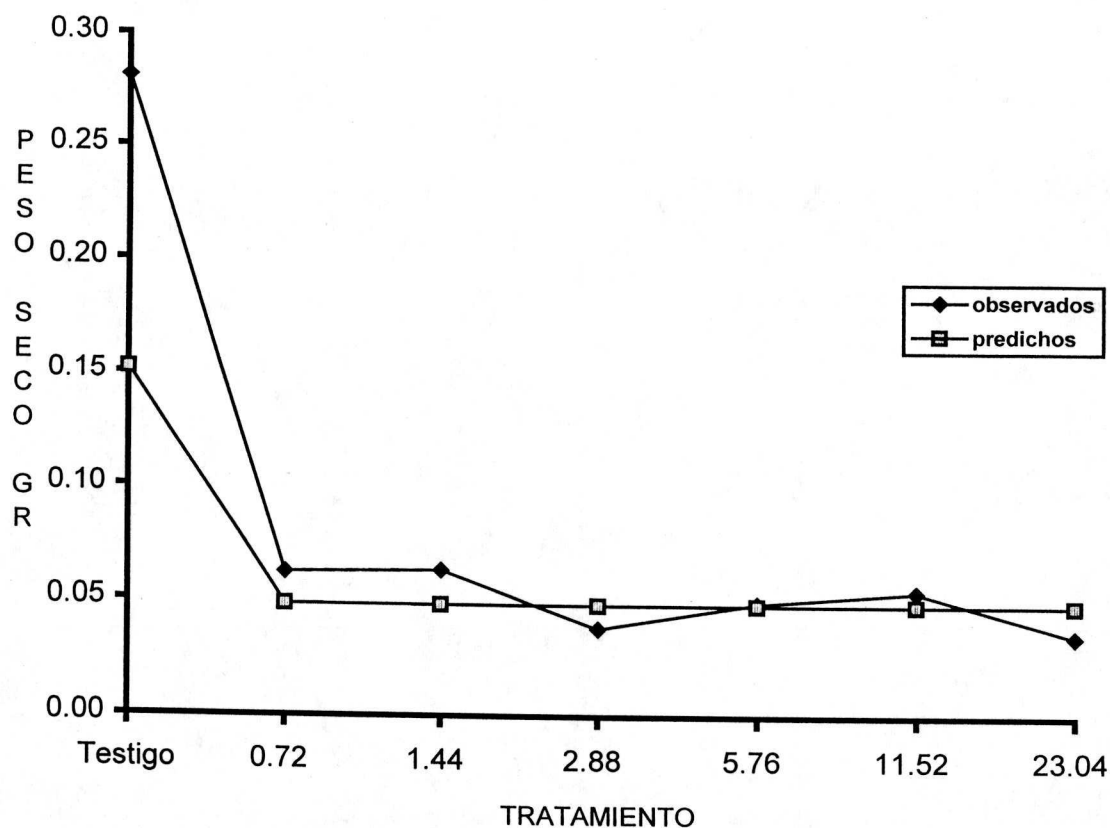


Figura 22- Comparación entre los valores de materia seca observados predichos para la población MEX-EC-10-96 (MS). Chapingo, México. 1997.

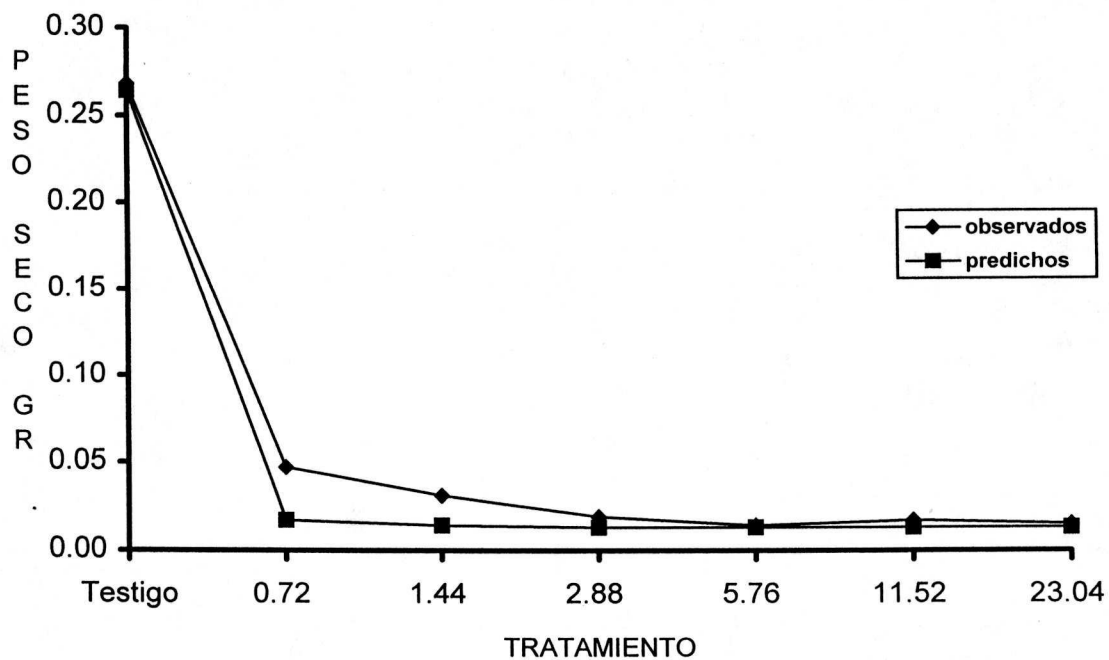


Figura 23. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-13-96 (MS). Chapingo, México. 1998.

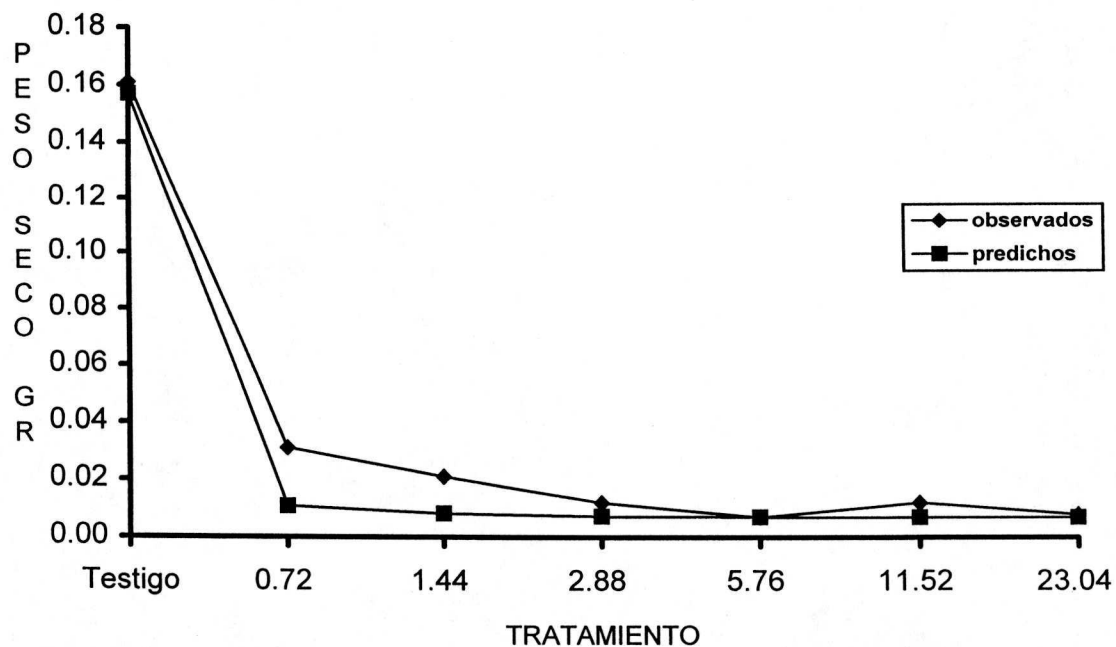


Figura 24. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-14-96 (MS). Chapingo, México. 1998.

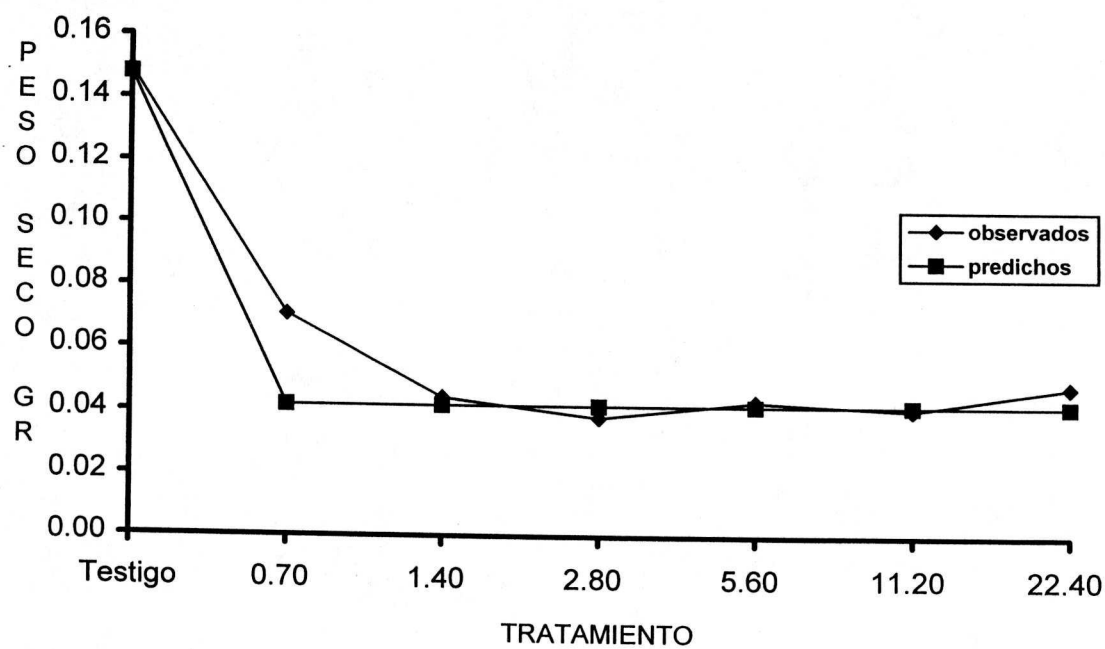


Figura 25. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-01-97 (S). Chapingo, México. 1998.

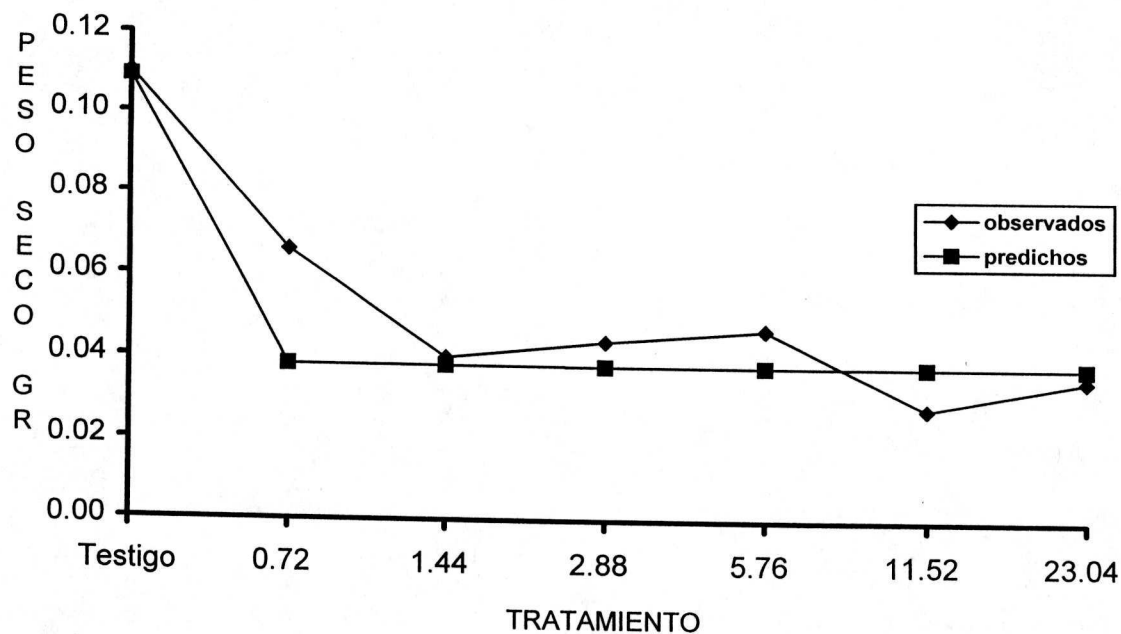


Figura 26. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-08-97 (S). Chapingo, México. 1997.

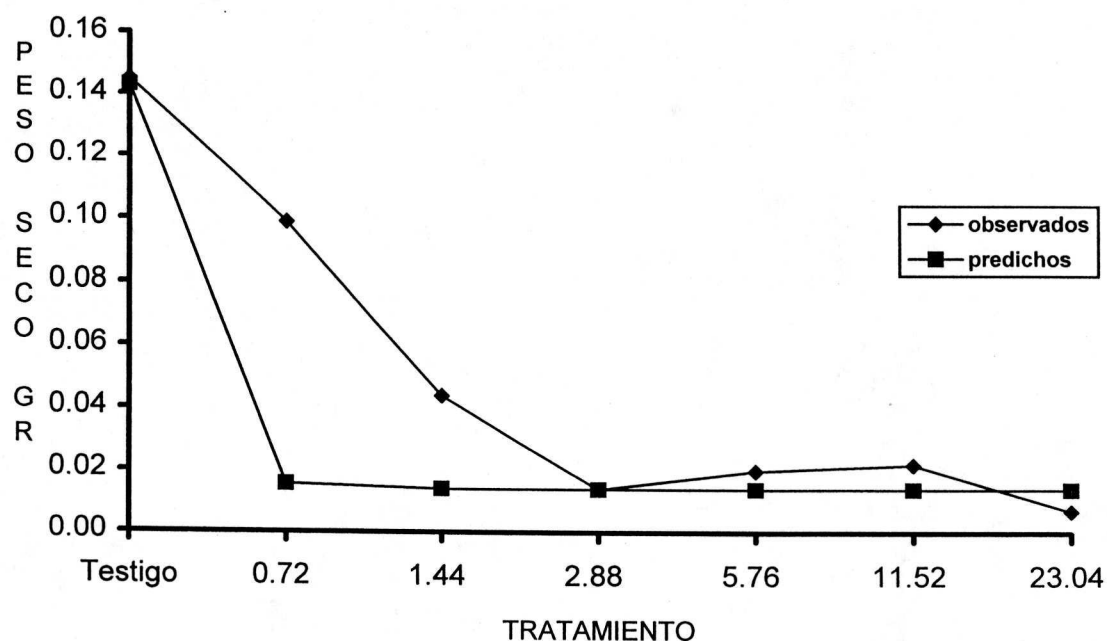


Figura 27. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-15-96 (LR). Chapingo, México. 1998.

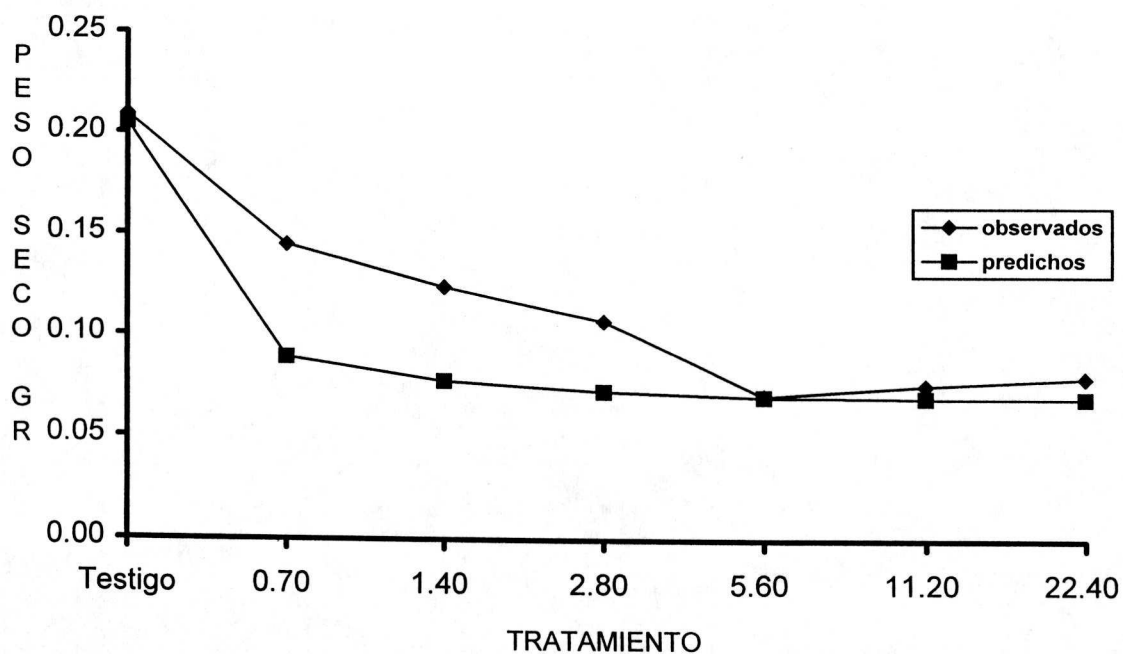


Figura 28. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-15-97 (LR). Chapingo, México. 1998.

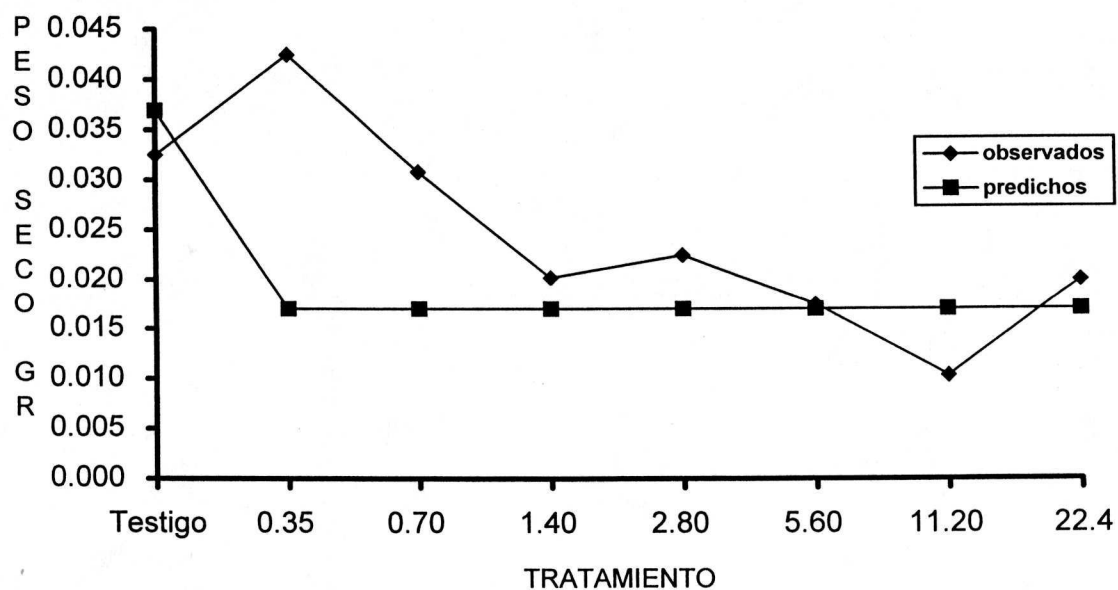


Figura 29. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-02-96 (LR). Turrialba Costa Rica. 1997.

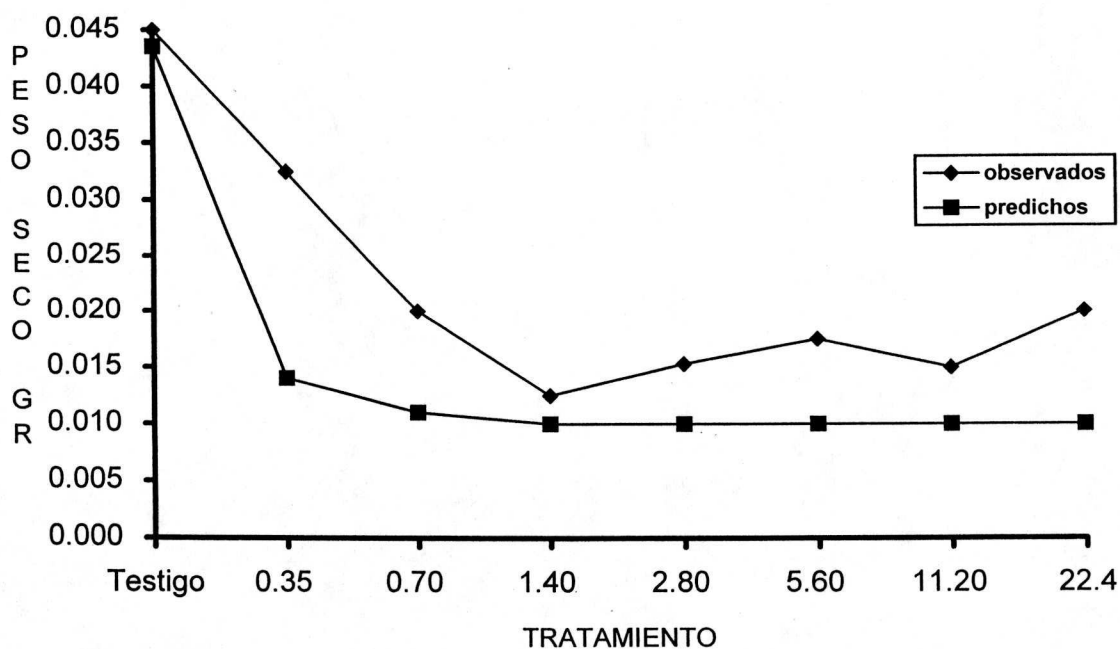


Figura 30. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-04-96 (LR). Turrialba Costa Rica. 1997.

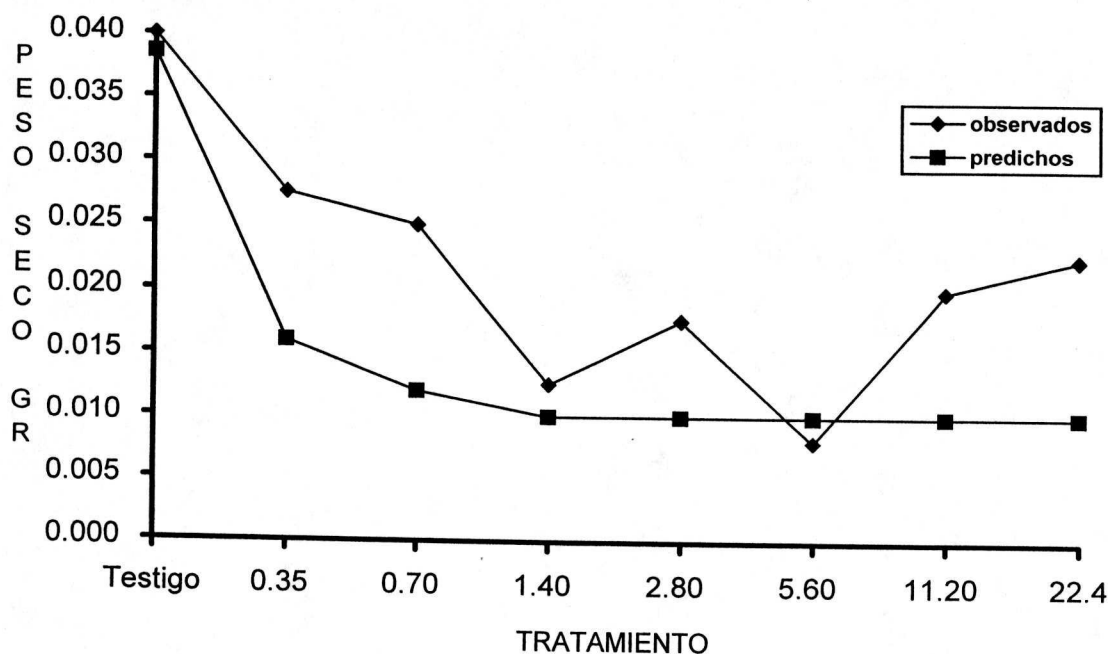


Figura 31. Comparación entre los valores de materia seca observados y predichos para la población MEX-EC-06-96 (LR). Turrialba Costa Rica. 1997.

Para reafirmar los valores de I_{50} obtenidos mediante el modelo de Steven *et al.* (1995), se graficó el peso seco y fresco en una misma gráfica simultáneamente (Figuras 32, 33, 34, 34, 35, 36, 37, 38, 39 40 y 41). Para tal fin se utilizan las mismas poblaciones que las consideradas para comparar los valores observados y predichos del peso seco, Con el fin de evitar diferencias de magnitud entre los valores de ambos pesos, se convirtieron los valores de los tratamientos en porcentaje tomando como 100 % al testigo sin aplicación y el resto de los porcentajes se obtuvo mediante una regla de tres simple. En dichas gráficas se observa que el 50 % de daño (50 % de disminución del peso) obtenido y el real son muy parecidos, de lo cual se concluye que los valores obtenidos mediante el programa de Steven *et al.* (1995) son correctos para todas las poblaciones; así mismo este modelo se considera el más adecuado para representar el comportamiento de los datos obtenidos.

En las mismas Figuras se observa que en todas las poblaciones la reducción del 50 % del peso del testigo (I_{50}) se obtuvo con dosis menores o ligeramente mayores a 0.72 kg/ha, lo cual reafirma lo señalado anteriormente en relación a que las I_{50} obtenidas mediante el modelo de Steven et al. son correctas. De todo lo explicado anteriormente se deduce que ninguna población de *E. colona* usada para la realización de este trabajo presenta niveles fuertes de resistencia al propanil. Ya que según Guevara et al. (1994) una población se considera resistente cuando necesita más de 1X (una vez la dosis comercial para ocasionarle el 50 % de daño), además también se concluye que sí existe un ligero nivel de resistencia a propanil, lo cual es de esperarse ya que este producto ha sido el más usado por mas de 15 años para el control de *E. colona* en el cultivo de arroz en México. Por otra parte ninguna población se puede considerar resistente, ya que la definición de resistencia menciona que una especie o biotipo de maleza es resistente a un herbicida cuando dicha especie o biotipo no es controlado a las dosis de un herbicida que anteriormente sí las controlaban (Byrd et al. 1997), y como se puede observar en el porcentaje de daño, todas las poblaciones evaluadas en México y en Costa Rica presentaron prácticamente un 100 % de daño o control a la dosis de propanil recomendada (2.88 kg/ha). Lo cual indica que ninguna población se puede considerar como resistente, pero que si existen indicios o poblaciones de *E. colona* ligeramente resistentes.

El los gráficos citados anteriormente también se observa que existen ligeras diferencias en la disminución porcentual del peso fresco y el peso seco y que en general la disminución es mayor en el peso seco, por lo cual si se hubiesen usado los pesos frescos para calcular las I_{50} , éstas hubiesen sido ligeramente mayores. Aunque en la mayoría de las poblaciones hubieran sido prácticamente los mismos o ligeramente menores. Se decidió usar el peso seco por considerar una menor variación entre los datos de las diferentes poblaciones.

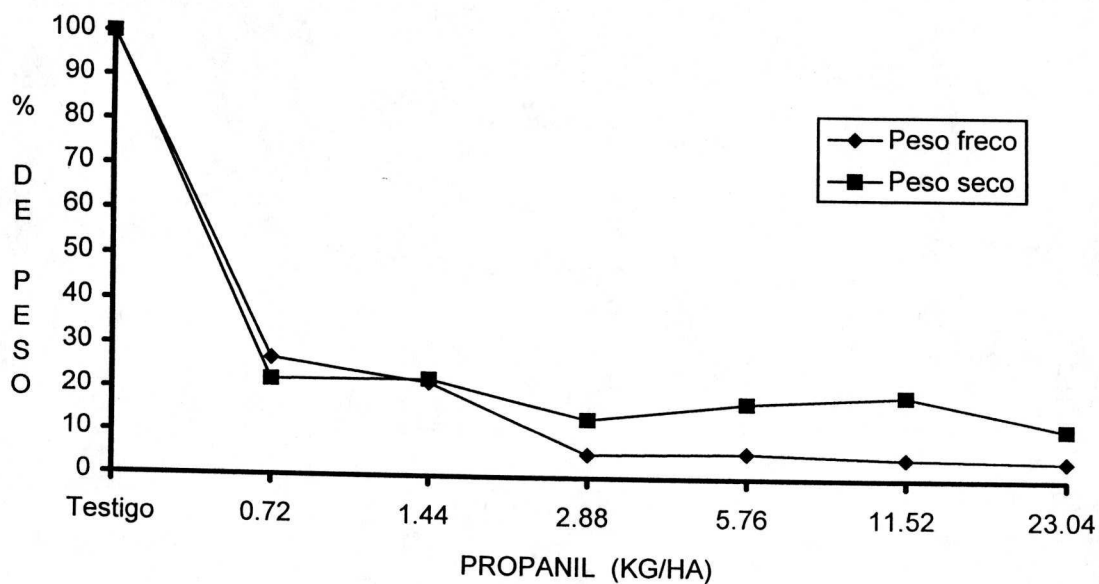


Figura 32. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-10-96. Chapingo, México. 1997.

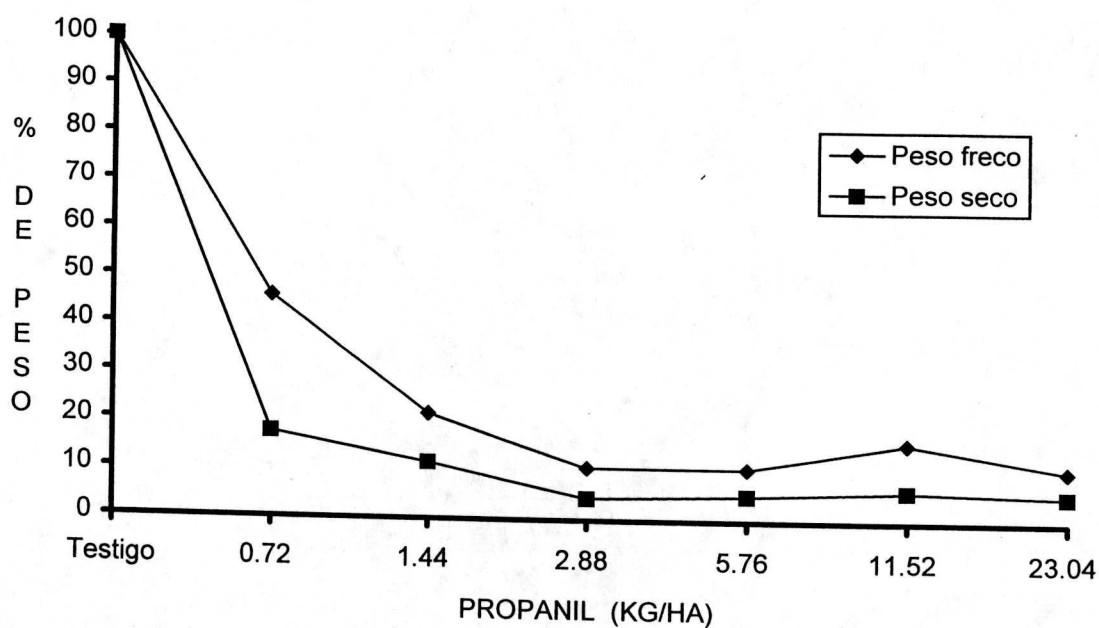


Figura 33. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-13-96. Chapingo, México. 1997.

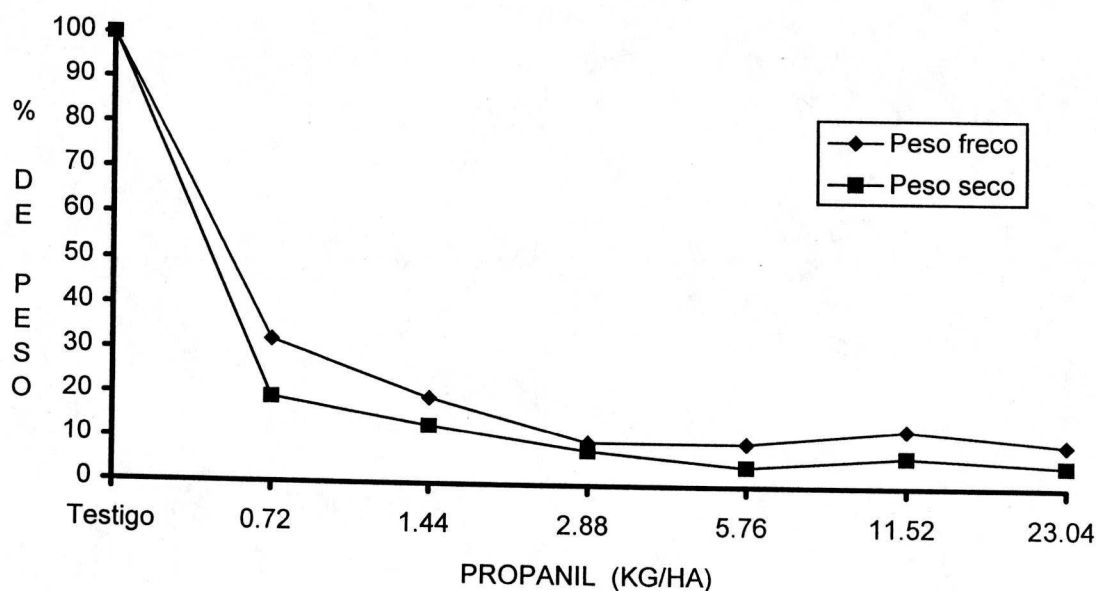


Figura 34. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-14-96. Chapingo, México. 1997.

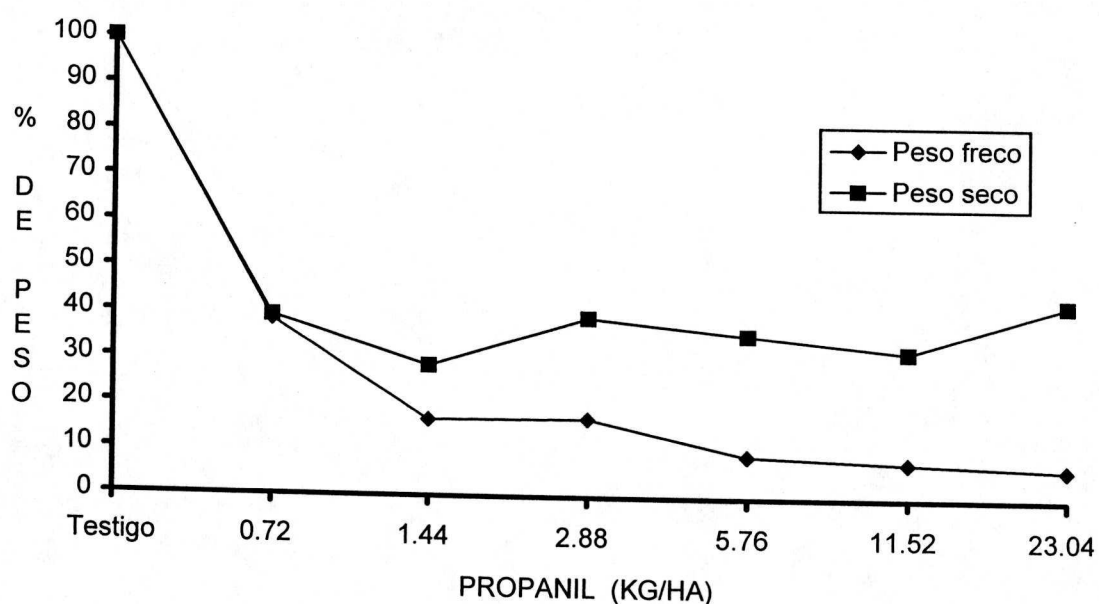


Figura 35. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-01-97. Chapingo, México. 1998.

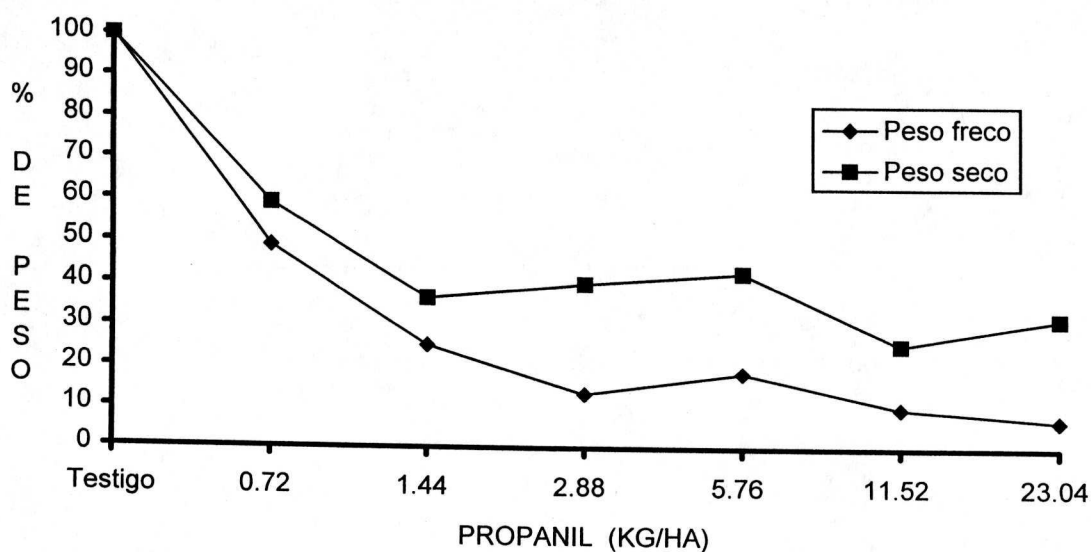


Figura 36. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-08-97. Chapingo, México. 1998.

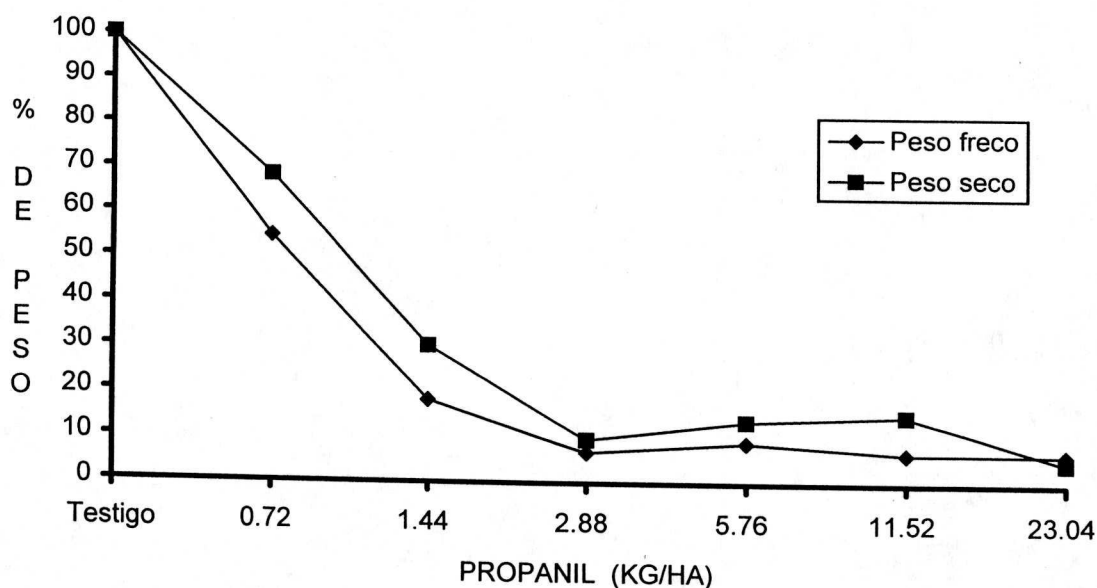


Figura 37. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-15-96. Chapingo, México. 1997.

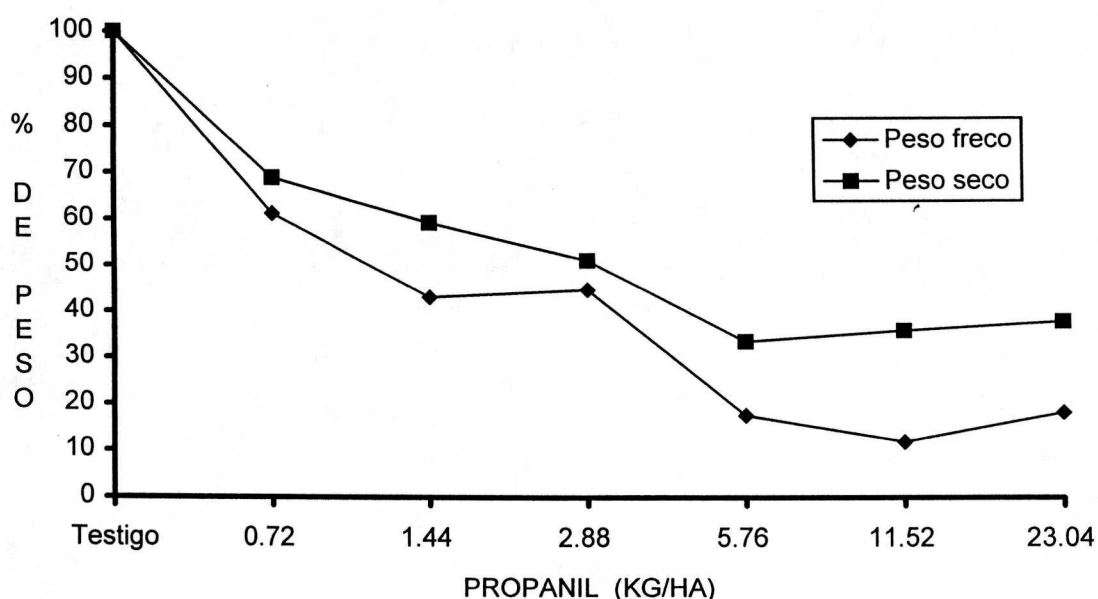


Figura 38. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-15-97. Chapingo, México. 1998.

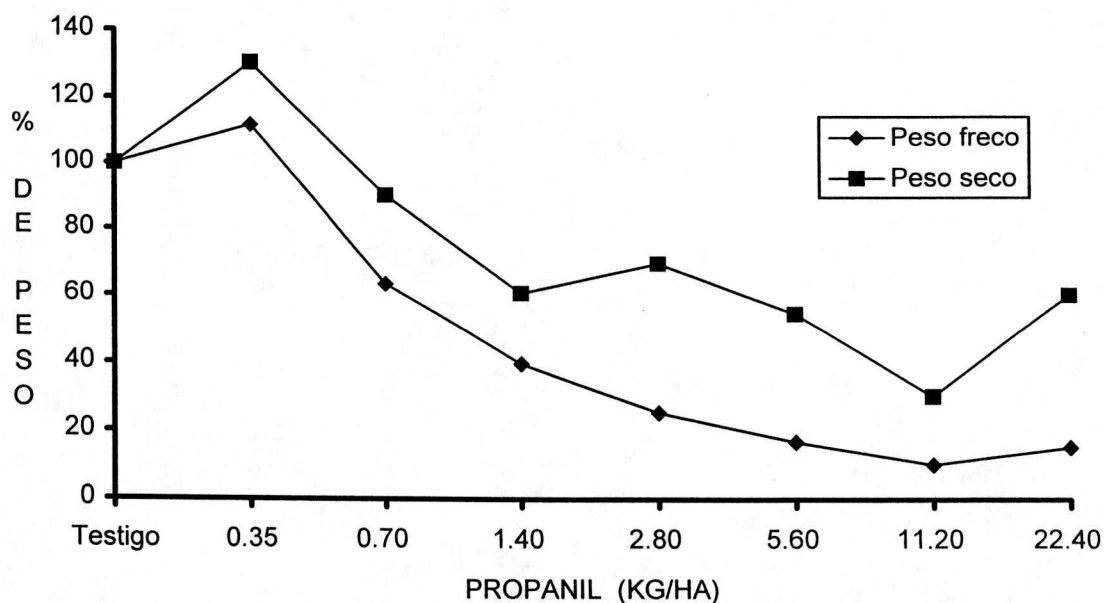


Figura 39. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-02-96. Turrialba, Costa Rica. 1997.

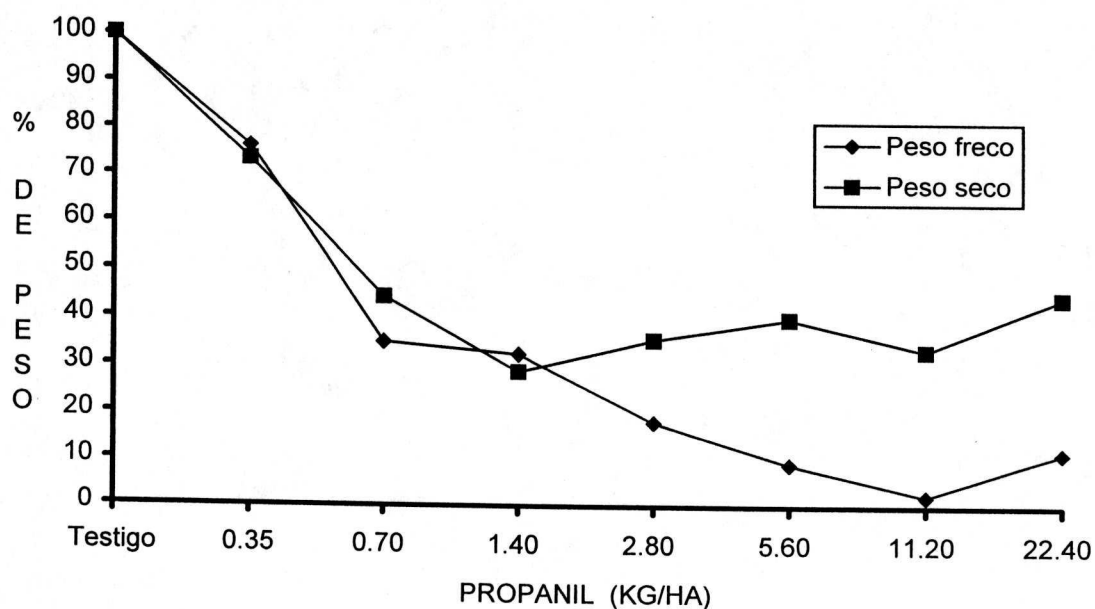


Figura 40. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-04-96. Turrialba, Costa Rica. 1997.

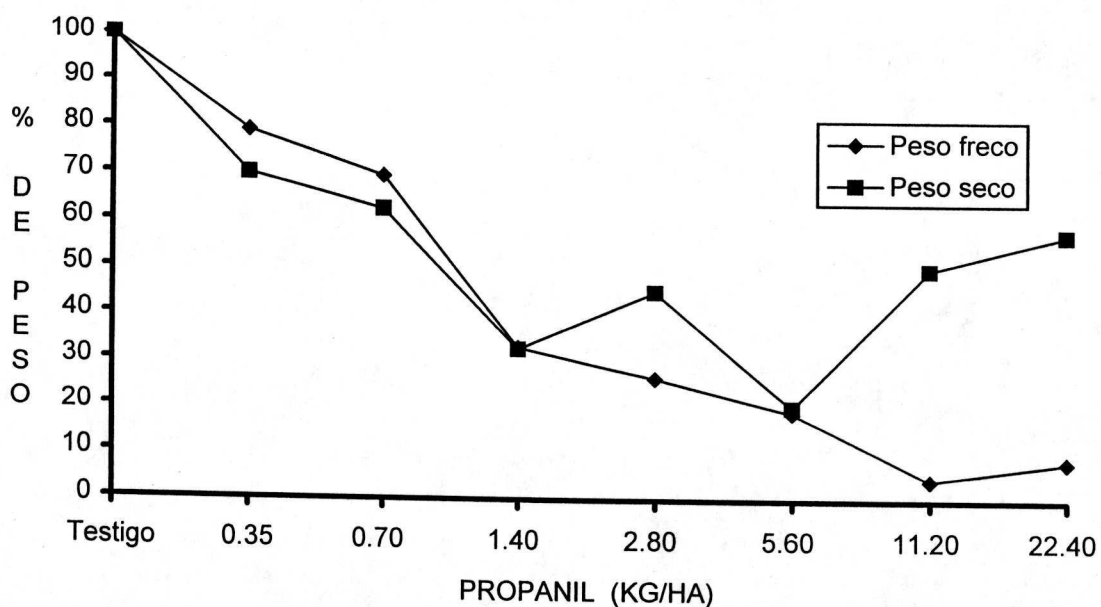


Figura 41. Comparación de la disminución porcentual del peso fresco y peso seco, de las diferentes dosis de propanil aplicadas en relación al testigo sin aplicación para la población MEX-EC-06-96. Turrialba, Costa Rica. 1997.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, así como a los objetivos e hipótesis planteados para la realización de este trabajo se concluye lo siguiente:

- 1.- La actividad enzimática es severamente afectada por las temperaturas, ya que el daño en las dosis subletales (0.72 y 1.44 kg/ha de propanil) fue mucho menor en Costa Rica (clima cálido) que en México (clima templado), por lo cual a estas dosis en todas las poblaciones el daño en Costa Rica fue prácticamente nulo, y en México fluctuó entre 20 y 90 %. Lo cual dio como resultado una mayor tolerancia al propanil en Costa Rica que en México.
- 2.- El daño a dosis superiores e iguales a la dosis recomendada comercialmente (2.88 kg de propanil por ha) presentó un comportamiento semejante tanto en México como en Costa Rica, causando prácticamente un 100 % de daño en todas las poblaciones.
- 3.- El peso seco y peso fresco en México a las dosis subletales (0.72 y 1.44 kg/ha de propanil disminuyeron más del 50 % en la mayoría de poblaciones, por lo tanto el 50 % de daño (I_{50}) se ocasionó a dosis menores a 0.72 kg/ha en la mayoría de las poblaciones. Comparando la disminución del peso fresco y seco en relación al testigo sin aplicación se observa que en Costa Rica dicha disminución fue menor, por lo cual se obtuvieron I_{50} ligeramente mayores en las poblaciones evaluadas en Costa Rica, comprobando así que existe una mayor actividad enzimática en un clima cálido que en un clima templado.

4.- En lo referente al porcentaje de rebrote éste sólo se observó en los testigos sin aplicación, los cuales presentaron en promedio hasta 95 % de rebrote, mientras que en las dosis bajas (0.72 y 1.44 kg/ha) el rebrote alcanzó un máximo de 60 %, aunque en la mayoría de las poblaciones el promedio de rebrote fue entre 0 y 20 %, y en las dosis superiores e iguales a 2.88 kg/ha no se presentó rebrote prácticamente en ninguna población.

5.- No se recomienda la aplicación de dosis subletales de herbicidas, ya que se corre el riesgo de acelerar la evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas, debido a la sobrevivencia de las malezas y producción de semillas que dan origen a poblaciones cada vez más tolerantes a los herbicidas.

6.- En cuanto a las I_{50} (dosis para causar el 50 % de daño) los valores obtenidos fueron muy variables, ya que se obtuvieron valores desde 0.168 hasta 0.886, teniendo así poblaciones que resisten 5.3 veces más propanil que otras; esto no significa que en este trabajo se hayan detectado poblaciones de *E. colona* resistentes a propanil más bien estos valores se identificarían como diferentes niveles de tolerancia de *E. colona* a propanil.

7.- Las diferentes poblaciones de *E. colona* usadas para la realización del presente trabajo se agruparon como muy susceptibles, susceptibles y ligeramente resistentes, encontrándose 12 poblaciones de 46 (26.08 %) muy susceptibles, 29 poblaciones (63.04 %) susceptibles y 5 poblaciones (10.87 %) ligeramente resistentes.

8.- El mayor nivel de resistencia lo presentaron algunas poblaciones recolectadas en Tres Valles y Tierra Blanca, Veracruz y Palizada, Campeche, donde se recolectaron las poblaciones con una I_{50} entre 3.9 y 5.3 veces mayor que la población más susceptible.

9.- El menor nivel de resistencia se presentó en poblaciones recolectadas en Zacatepec, Morelos y Tuxtepec, Oaxaca. Así mismo, otras poblaciones clasificadas como muy susceptibles se recolectaron en Tres Valles y Tierra Blanca, Veracruz y Palizada, Campeche.

10.- Las poblaciones clasificadas como ligeramente resistentes se recolectaron en sitios con 3 a 8 años de uso consecutivo de propanil, y las poblaciones susceptibles y muy susceptibles se recolectaron en sitios con 0 a 2 años consecutivos de sus del propanil.

OBSERVACIONES PERSONALES

De acuerdo a algunas observaciones personales realizados durante la recolección de las semillas de *E. colona* y a la información proporcionada por algunos productores se hacen las siguientes observaciones personales:

1.- La especie de maleza de mayor importancia y más difícil control en las zonas arroceras muestreadas durante la realización de este trabajo fue *E. colona*. Otras especies de malezas importancia fueron *Cyperus rotundus* y *Digitaria sanguinalis*. Así mismo, otras especies de malezas observadas en las áreas de estudio fueron: *Oryza latifolia*, *Heliconia sp*, *Heteranthera limosa* y *Amaranthus sp* entre otras.

2.- Según algunas entrevistas y las observaciones realizadas durante la colecta de las semillas de *E. colona* los problemas para el control de *E. colona* en las áreas arroceras muestreadas no se deben a la resistencia de *E. colona* a propanil, sino a otros factores como son: malas aplicaciones,

aplicaciones tardías, aplicación de dosis subletales y desconocimiento de la calibración de los equipos de aplicación.

3.- Las poblaciones de *E. colona* evaluadas en el presente trabajo no presentan resistencia a propanil, debido a que el propanil no es utilizado intensivamente en las áreas arroceras muestreadas, ya que se utilizan productos alternativos para el control de malezas como son, fenoxaprop etilo, oxadiazon, pendimetalina y clomazone entre otros, además de existir una rotación de cultivos muy frecuente de caña de azúcar y arroz.

SUGERENCIAS

1.- Debido a que en este trabajo se desconoce el historial de uso del propanil para la mayoría de poblaciones, se sugiere que para futuros trabajos sobre el tema se trate de conseguir la mayor información posible acerca del manejo y uso de los herbicidas, lo anterior con la finalidad de conocer adecuadamente la relación entre intensidad de uso y nivel de resistencia.

2.- Se sugiere que en estudios posteriores de resistencia de malezas a herbicidas, de ser posible estos se realicen bajo condiciones climáticas similares a las del lugar de origen de las semillas o propágulos con la finalidad de evitar resultados erróneos.

VI. LITERATURA CITADA

- Andersen, B.N. 1968. Germination and establishment of weed for experimental porpoises. A weed Science Society of America Handbook. Urban Illinois, U.S.A. p. 64.
- Angladette, A. 1969. El arroz. Colección agricultura tropical dirigida por Rene Coste Director General de I.F.C.C. Editorial Blume. Traducción de Ripoll Vicente y Palomeque Fermin. Barcelona, España, 867 p.
- Baldwin, F.L., R.E. Talbert., V.F. Carey. III., M.J. Kitt., R.S. Helms., H.J. Black & J.R. Smith, Jr. 1995. A review of propanil resistant *Echinochloa crus-galli* in Arkansas and fields advice for its management in dry-seeded rice. In: Brighton Crop Protection Conference: Weeds Proceedings of an International Conference, Brighton, UK, 20-23 November . 1995, vol. 2: 577-585.
- Baldwin, F.L., R.E. Talbert., V.f. Carey. III., M.J. Kitt., R.S. Helms., H.J. Black & J.R. Smith, Jr. 1996. A historical review of propanil resistant barnyardgrass in Arkansas and fields advice for it's management in dry-seeded rice. Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. No. 453: 1-8.

- Baltazar, A.M. & R.J. Smith, Jr. 1994. Propanil resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice (*Oryza sativa*). Weed Technology 8 (3): 576-581.
- Byrd, J.D. Jr., W.J. Barrentine & D.R. Shaw. 1997. Herbicides Resistance Prevention and Detection. Extension Service Of Mississippi State University, Cooperating With U.S. Department of Agriculture. Published in furtherance of acts of congress, May 8 and June 30, 1914. Ronald A. Brown, Director, 6 p.
- Calixto C.,N. 1990. El arroz; su cultivo en México. Universidad Autónoma Chapingo. Colección cuadernos universitarios. Serie agronomía No. 21. Chapingo, México, 147 p.
- Carey, V.F III., R.E. Hoagland & R.E. Talbert. 1995. Verification and distribution of propanil resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas. Dep. Agron., Fayetteville, AR 72703, USA. Weed Technology 9 (2): 366-372.
- Carey, V., Frank II., S.O. Duke., R.E. Hoagland & R.E. Talbert. 1996. Resistance mechanism of propanil resistant barnyardgrass I. Absorption traslocation and site of action studies. Pesticide Biochemistry and Physiology 52: 182-189.
- Carey, V.F III., R.E. Hoagland & R.E. Talbert. 1997. Resistance mechanism of propanil resistant barnyardgrass: In-vivo metabolism of the propanil molecule. Pesticides Science 49 (4): 333-338.

Caseley, J.C., J.M. Leah., C.R. Riches and B.E. Valverde. 1996. Combating propanil resistance in *Echinochloa colona* with synergists that inhibit acylamidase and oxigenases. Second International Weed Control Congress. Copenhagen, Denmark. pp. 455-460.

Caseley, J.C., Palgrave, C., Haas, E., Riches, C.R. y Valverde, E.B. 1997. Herbicides with alternative modes of action for the control of propanil - and fenoxaprop-p-resistant *Echinochloa colona*. Brighton Crop Protection Conference- Weeds. pp. 915 - 920.

Center For Overseas Pest Research (PANS). 1976. Control de las plagas del arroz. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. SRL. Montevideo, Uruguay, 367 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983. Principales malezas del cultivo de arroz en América; Guía de estudios para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: González, J. Producción: Zelaya, R. y Arregocés, O. Colaboración: Escobar, E. Cali Colombia. CIAT. 48 p. (serie 04SR-03.01).

Colon, C., G. Antigua., J. Garcia & J. Díaz. 1990. Mixtures of propanil with insecticides for selective weed control in flooded rice. Ciencia y Tecnologia en la Agricultura, arroz. 13 (1-2): 49-58.

CICOPLAFEST (Comisión Interdisciplinaria para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas), 1995. Catalogo Oficial de Plaguicidas. Secretaría de Agricultura Ganaderia y Desarrollo Rural, Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Mexico, D.F., 483 p.

- Chandler, F.R. 1984. Arroz en los tropicos; guía para el desarrollo de programas nacionales. Intituto Interamericano para la Agricultura. Traducida del inglés por Ediberto Camacho. San José , Costa Rica, 280 p.
- Chaves, L. 1996. *Echinochloa colona* (L). Linck en arroz de secano: Longevidad de la semilla en el suelo e integración de tácticas para su combate. Tesis de Maestria. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 79 p.
- Chaves, L., B.E. Valverde., y I, Garita. 1997. Efecto del tiempo y la profundidad en el suelo sobre la persistencia de la semilla de *Echinochloa colona*. Manejo integrado de Plagas (Costa Rica). 45; 18-24.
- De Datta, S.K. 1986. Producción de arroz; fundamentos y prácticas. Editorial Limusa. México, D.F, 690 p.
- De Datta, S.K. y V.E. Roos. 1982. Prácticas culturales el cultivo de arroz de temporal. En Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Arroz de temporal; investigaciones sobresalientes. Martin Castillos Editores S.A. México, D.F. pp. 170-195.
- Diccionario de Especialidades Agroquímicas. 1997. Ediciones PLM S.A. de C.V. 7ª Edición. México, D.F, 1171 p.
- Evbuomwan, F.O. & O.A. Akinyemiju. 1995. Tolerance of *Echinochloa colona* (L.) Link and *Cyperus rotundus* L. to propanil. Institute of Ecology and Department of Plant Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Plant-Protection-Quarterly. 10 (1): 32-34.

- Fisher, A. 1991. Integrated weed management: environmental implications, loss forecast, agronomy and pest. Proceedings of the round table on plant protection: Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba. 20th november, 1990. Santo Domingo, Dominican Republic; Caribbean Rice Improvement Network. pp. 9-22.
- Fischer, A.J. 1995. Herbicide resistance and thresholds of action integrated weed management. *Arroz*. 44 (395): 28-34.
- Fischer, A.J. 1996. Development of resistance to herbicides in weed populations. *Arroz*. 45 (401): 12-17.
- Fischer, A.J. & A. Ramirez. 1993. Mixed-weed infestation: prediction of crop losses for economic weed management in rice. *International- Journal-of- pest- management*. 39 (3): 354-357.
- Fischer, A.J., E. Granados & D. Trujillo. 1993. Propanil resistance in population of junglanrice (*Echinochloa colona*) in Colombia rice fields. *Weed Science*. 41 (2): 201-206.
- Flores, S.A. 1993. La producción de arroz en Tabasco; un reflejo de la producción arrocería en México. Dirección de Centros Regionales. PIIAI-CIESTAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 107 p.
- Frear, D.S. y Still, G.G. 1968. The metabolism of 3,4-dichloropropionanilide in plants. Partial purification and properties of an aryl acylamidase from rice. *Phytochemistry* 7: 913-920.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema clasificación climática de Köpen. Para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta Edición. Talleres Offset Larios S.A. México, D.F, 217 p.
- Garita, I., B.E. Valverde., E. Vargas., L.A. Chacon., R. de la Cruz., C.R. Riches & J.C. Caseley. 1995. Occurrence of propanil resistance in *Echinochloa colona* in Central America. Brighton crop protection conference weed. Proceedings of an International Conference. British Crop Protection Council; farnham; Uk. Brighton, UK, 20-23 November, Vol. 1: 193-196.
- Garro, J.E., R. De la Cruz & P.J. Shannon. 1991. Propanil resistance in *Echinochloa colona* population with different herbicide use histories. CATIE Turrialba, Costa Rica. Brighton Crop Protection Conference Weed. Vol. 3: 1079-1083.
- Giannopolitis, C.N. & G. Vassilius. 1989. Propanil tolerance in *Echinochloa crus-galli*. Tropical Pest Management. 35: 6-7.
- Gómez, B.J.G. 1993. Control químico de la maleza. Editorial trillas. México, D.F, 250 p.
- González, J., E. García., & M. Perdomo. 1981. Important rice weeds in Latin America. IRRI/WISS Rice Weed Control Conference International Rice Research Institute. Los Baños Filipinas, 15 p.
- González, J., E. García & M. Perdomo. 1983. Important rice weeds of Latin America. Proceedings of Conference on Weed Control in Rice. IRRI: Philippines. pp. 119-123.

- Guevara, A.R., M.P. Trejos., B.E. Valverde. y R. De la Cruz. 1994. Estudio enzimático de la resistencia al herbicida propanil en *Oryza sativa* y *Echinochloa colona*. En resúmenes del Congreso sobre Malezas realizado del 18 al 22 de julio de 1994 en Centro Internacional de Conferencias de Hotel Herradura. San José, Costa Rica, p. 198.
- Hallenbeck, W.H. & K.M. Cunningham-Burns. 1985. Pesticides and human health. New York: Springer-Verlag, 57 p.
- Heap I. 1998. International survey of herbicide resistant weeds. On-line. Internet. 04 september 1998. Available www.weedscience.com.
- Hill, E.A., R.J. Smith, Jr., D.E. Bayer & E. Humphreys. 1994. Rice weed control: current technology and emerging issues in the United States. Temperate rice-achievements and potential proceedings of a conference held at Leeton, New South Wales, Australia, on 21-24 february 1994. pp. 377-391.
- Holm, G.I., L.D. Plucknett., V.J. Pancho & P.J. Herberger. 1977. The world's worst weeds, distribution and biology. East-west Center. Ed. University Press of Hawaii. Honolulu, U.S.A. 609 p.
- Huang, B.Q., Lin S.X. 1993. Study on the resistance to butachlor in paddy fields in China (Englis abstract). Journal South ChinaAgricultural University 14: 103-108.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1996. El sector alimentario en México. Comisión Nacional de Alimentación. Edición 1996. México, D.F, p. 56.

- Leah, J.M., J.C. Caseley., C.R. Riches & B.E. Valverde. 1994. Association between elevated activity of aryl acylamidase and propanil resistance in jungle-rice, *Echinochloa colona*. Pesticides-Science. 42 (4): 281-289.
- Leah, J.M., J.C. Caseley., C.R. Riches & B.E. Valverde. 1995. Age-related mechanisms of propanil tolerance in jungle-rice, *Echinochloa colona*. 43 (4): 347-354.
- Leah, J.M., J.C. Caseley., C.R. Riches & B.E. Valverde. 1997. Effect of mono-oxygenase inhibitors on uptake, metabolism and phytotoxicity of propanil in resistant biotypes of jungle-rice, *Echinochloa colona*. Pesticides-Science. 49 (2): 141-147.
- LeBaron, H.M. 1982. Herbicide resistance in plant. A Wiley-Inter Science Publication. John Wiley and Sons. New York, USA, 144 p.
- Meister, R.T. 1992. Farm Chemical Handbook '92. Meister Publishing Company, Willoughby, OH. pp. 137-141.
- Morales, M.M.D. 1987. Manual de Malezas. Talleres Offset del Centro Nacional de Investigaciones Azucareras (IMPA). Cordova Veracruz, México, 51 p.
- Occupational Health Services, Inc. 1991. MSDS for propanil. OHS Inc., Secaucus, NJ, 67 p.
- Putwain, P.D. & H.A. Collin. 1989. Mechanism involved in the evolution of herbicides resistance in weeds. In Dodge 1989. Herbicides and plant metabolism. pp. 211-235.

- Putwain, P.D. & A.M. Mortimer. 1989. The resistance of weeds to herbicides: Rational approaches for containment of a growing problem. In Brighton Crop Protection Conference Weeds Vol. I. Proceedings of an International Conference Organized by Brighton Crop Protection Council Held at Brighton Center And Brighton Metropole, November 20-23. pp. 285-294.
- Radosevich, S.R. & J.S. Holt. 1984. Weed Ecology; implications for vegetation management. Library of congress cataloging publication data. A wiley interscience publication. New York. U.S.A, 265 p.
- Reed, W.T., J.L. Saladini., J.C. Cotterman., M.M. Primiani & L.L. Sarri. 1989. Resistance in weed to sulfonylureas herbicides. E.I. Du Pont de Neumours and Company, Inc., Wilmington, de 19898 USA. In Brighton Crop Protection Conference Weeds Vol. I. Proceedings of an International Conference Organized by Brighton Crop Protection Council Held at Brighton Center And Brighton Metropole, November 20-23. pp. 295-308.
- Riches, C.R., Knights, S.J., Chaves, L. Caseley, C.J. y Valverde, B. E. 1997. The role of pendimethalin in the integrated management of propanil-resistant *Echinochloa colona* en Central America. Pestic Sci. 51; 341-346.
- Rubin, B. 1995. Herbicide resistance outside North America and Europe: Causes and significance. Proceeding International Symposium on Weed and Crop Protection to herbicides, Cordoba Spain, p. 37.
- SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 1996. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP), Centro de Investigación Regional del centro, Campo Experimental Zacatepec. Guía actualizada para cultivar la variedad de arroz Morelos A-923. Folleto para productores No 22. Empresa comercializadora de arroz, S.A. de C.V. (COMARROZ). Zacatepec, Morelos, México, 10 p.

- SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos para 1996. Tomo II Centro de Estadística Agropecuaria, Dirección de Difusión y coordinación. Impreso en los Talleres del Centro de Estadística Agropecuaria. México, D.F. 393 pp.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraulicos), 1988. Manual de agroquímicos, químico-farmacéuticos, alimentos y biológicos Veterinarios. Volumen I plaguicidas. México, D.F, 397 p.
- Steven, S., J. E.J. Seefeldt., & Patrick, E.F. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. Weed Technology. Volume 9, Issue 2: 218-227.
- Still, C.C. y Kuzirian, O. 1967. Enzyme detoxication of 3,4-dichloropropionanilide in rice and barnyard grass, a factor in herbicide selectivity. Nature 216: 799-800.
- Talbert, R.E., C. Baines., J.K. Curless., J.K. Norsworthy., H. Daul., R.S. Helms & H.L. Black. 1996. Confirmation, distribution and control of propanil resistant Barnyardgrass. Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR 72701, USA. Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. 453: 77-87.
- Taylor, M. 1995. Herbicide resistance management in rice. Farmer's-Newsletter, Large-Area. No 147: 17-18.

- United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1990. SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database: Version 2 (Summary). USDA-Soil Conservation Service, Syracuse, NY. 125 pp.
- Valverde, B.E. 1995. Resistencia de *Echinochloa colona* a herbicidas usados en arroz en América Latina. Hoja Técnica No 15. CATIE. Area de Fitopatología. Turrialba, Costa Rica, 4 p.
- Valverde, B.E. 1996. Management of herbicides resistance in Latin America; the case of propanil-resistant *Echinochloa colona* in rice. Second International Weed Control Congress. Copenhagen, Denmark, pp. 415-420.
- Valverde, B.E., I. Garita., C.R. Riches., J.C. Caseley & L.A. Chacon. 1995. Integrated management of propanil resistant *Echinochloa colona* in dryland rice in Costa Rica, p. 218. In; Abstract of International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicides, European Weed Research Society.
- Valverde, B.E., P. Chavez., I. Garita & E. Vargas. 1997. From theory to practice: Development of piperophos as a synergist to propanil to combat propanil resistance in junglerice, *Echinochloa colona*. Plant Protection Unit, Tropical Agriculture Center for Research and Higher Education (CATIE), Turrialba Costa Rica, C.R. Riches , Natural Resources Institute, Kent, UK and J.C. Caseley, IACR-Long Aston Research Station, University of Brighton, Brighton, UK. pp.33-38.

- Valverde, B.E., Chaves, L. y Ramírez, F. 1998. La resistencia a herbicidas dificulta el manejo de las malezas en el cultivo de arroz. Memoria del primer congreso internacional del cultivo de arroz. Cocoyoc, Morelos. pp. 1-15.
- Villarias, M.J.L. 1979. Control de malas hierbas. Volumen I; atlas de malas hierbas. Heroes S.A. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España, 514 p.
- Windholz, M. 1976. The Merck Index: an enciclopedia of chemicals and drugs. 9th edition. Rahway, NJ: Merck, 320 p.
- Yih, R. Y., McRae, D.H. y Wilson, H.F. 1968. Mechanism of selective action of 3,4-dichloropropionanilide. *Plant physiology* 43: 1291-1296.
- Zimdahl, L.R. 1993. Fundamentals of Weeds Science. Colorado State University; Department of Plant Pathology and weed Science. Academic press Inc. A division of Harcourt Bee and Company . Fort Collins Colorado USA. pp. 334-339.

VII. APENDICE

7.1. Apéndice A. cuadros de resúmenes de análisis de varianza para las variables porcentaje de daño, peso fresco, peso seco y porcentaje de rebrote para cada bioensayo

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de daño visual ($\alpha = 0.05$) a los diez días después de la aplicación, para el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-04-96	Tra	6	15072.32	2512.05	200.15	0.0001	**
MEX-EC-06-96	Tra	6	69155.94	11525.99	2200.69	0.0001	**
MEX-EC-07-96	Tra	6	66241.31	11040.22	949.34	0.0001	**
MEX-EC-09-96	Tra	6	70694.69	11782.45	760.25	0.0001	**
MEX-EC-10-96	Tra	6	67257.20	11209.53	931.62	0.0001	**
MEX-EC-13-96	Tra	6	29834.05	4972.34	794.83	0.0001	**
MEX-EC-14-96	Tra	6	23331.20	3888.53	231.27	0.0001	**
MEX-EC-15-96	Tra	6	23499.99	3516.66	1412.98	0.0001	**
MEX-EC-16-96	Tra	6	15603.34	2600.56	39.20	0.0001	**
MEX-EC-17-96	Tra	6	23778.56	3963.09	142.99	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza para peso fresco ($\alpha = 0.05$), del primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-04-96	Tra	6	1.814	0.302	3.44	0.0654	NS
MEX-EC-06-96	Tra	6	27.952	4.658	36.90	0.0001	**
MEX-EC-07-96	Tra	6	60.118	10.019	43.41	0.0001	**
MEX-EC-09-96	Tra	6	16.496	2.749	23.01	0.0001	**
MEX-EC-10-96	Tra	6	30.869	5.144	27.44	0.0001	**
MEX-EC-13-96	Tra	6	2.229	0.371	11.07	0.0001	**
MEX-EC-14-96	Tra	6	2.085	0.347	3.20	0.0341	**
MEX-EC-15-96	Tra	6	4.958	0.826	6.57	0.0018	**
MEX-EC-16-96	Tra	6	1.600	0.266	4.44	0.0357	**
MEX-EC-17-96	Tra	6	1.211	0.201	3.89	0.0170	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza para peso seco ($\alpha = 0.05$), del primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F	V	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F
MEX-EC-04-96	Tra	6	0.024	0.004	30.11	0.0001	**
MEX-EC-06-96	Tra	6	0.144	0.024	17.85	0.0001	**
MEX-EC-07-96	Tra	6	0.386	0.064	20.14	0.0001	**
MEX-EC-09-96	Tra	6	0.083	0.014	12.42	0.0001	**
MEX-EC-10-96	Tra	6	0.373	0.062	5.84	0.0001	**
MEX-EC-13-96	Tra	6	0.210	0.035	2.88	0.0330	**
MEX-EC-14-96	Tra	6	0.056	0.009	32.53	0.0001	**
MEX-EC-15-96	Tra	6	0.049	0.008	4.21	0.0125	**
MEX-EC-16-96	Tra	6	0.029	0.004	10.69	0.0032	**
MEX-EC-17-96	Tra	6	0.010	0.001	3.57	0.0234	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si Pr > F es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 4. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de rebrote a los 20 días después del corte ($\alpha = 0.05$), para el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F	V	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F
MEX-EC-04-96	Tra	6	1282.08	213.68	1.00	0.4918	NS
MEX-EC-06-96	Tra	6	35702.51	5950.41	45.07	0.0001	**
MEX-EC-07-96	Tra	6	30752.53	5125.42	31.67	0.0001	**
MEX-EC-09-96	Tra	6	20860.61	3476.76	27.53	0.0001	**
MEX-EC-10-96	Tra	6	15099.03	2516.50	17.75	0.0001	**
MEX-EC-13-96	Tra	6	11797.07	1966.17	26.44	0.0001	**
MEX-EC-14-96	Tra	6	1419.59	236.59	4.00	0.0153	**
MEX-EC-15-96	Tra	6	9257.09	1543.84	4.00	0.0153	**
MEX-EC-16-96	Tra	6	3466.72	577.78	21.38	0.0004	**
MEX-EC-17-96	Tra	6	2311.15	385.19	3.51	0.0248	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si Pr > F es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de daño visual a los siete días después de la aplicación ($\alpha = 0.05$), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-01-97	Tra	6	14328.29	2388.04	2355.23	0.0001	**
MEX-EC-02-97	Tra	6	28300.49	4716.74	5557.83	0.0001	**
MEX-EC-03-97	Tra	6	21597.60	3599.60	254.29	0.0001	**
MEX-EC-04-97	Tra	6	28975.70	4829.28	1084.70	0.0001	**
MEX-EC-05-97	Tra	6	28020.88	4670.14	6371.12	0.0001	**
MEX-EC-06-97	Tra	6	28323.07	4720.51	1513.75	0.0001	**
MEX-EC-07-97	Tra	6	27531.60	4588.60	642.40	0.0001	**
MEX-EC-08-97	Tra	6	20932.32	3488.72	411.49	0.0001	**
MEX-EC-09-97	Tra	6	28171.37	4695.22	619.18	0.0001	**
MEX-EC-10-97	Tra	6	27946.69	4657.78	2432.74	0.0001	**
MEX-EC-11-97	Tra	6	28094.54	4682.42	2412.78	0.0001	**
MEX-EC-12-97	Tra	6	27334.64	4555.77	2396.56	0.0001	**
MEX-EC-13-97	Tra	6	27058.40	4509.73	975.47	0.0001	**
MEX-EC-14-97	Tra	6	27349.18	4558.19	1113.01	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza para peso fresco ($\alpha = 0.05$), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-01-97	Tra	6	0.106	0.017	2.89	0.0954	NS
MEX-EC-02-97	Tra	6	7.036	1.172	26.83	0.0001	**
MEX-EC-03-97	Tra	6	0.122	0.020	3.37	0.0287	**
MEX-EC-04-97	Tra	6	9.981	1.663	77.80	0.0001	**
MEX-EC-05-97	Tra	6	6.773	1.128	43.65	0.0001	**
MEX-EC-06-97	Tra	6	10.157	1.692	61.69	0.0001	**
MEX-EC-07-97	Tra	6	14.001	2.333	138.43	0.0001	**
MEX-EC-08-97	Tra	6	2.917	0.486	3.17	0.0354	**
MEX-EC-09-97	Tra	6	10.820	1.803	61.25	0.0001	**
MEX-EC-10-97	Tra	6	19.081	3.180	56.03	0.0001	**
MEX-EC-11-97	Tra	6	14.189	2.364	45.31	0.0001	**
MEX-EC-12-97	Tra	6	7.637	1.272	34.52	0.0001	**
MEX-EC-13-97	Tra	6	7.000	1.166	11.33	0.0001	**
MEX-EC-14-97	Tra	6	8.453	1.410	26.64	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 7. Resumen del análisis de varianza para peso seco ($\alpha = 0.05$), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-01-97	Tra	6	0.0005	0.00009	1.02	0.4841	NS
MEX-EC-02-97	Tra	6	0.037	0.006	21.55	0.0001	**
MEX-EC-03-97	Tra	6	0.003	0.0005	5.34	0.0047	**
MEX-EC-04-97	Tra	6	0.061	0.010	36.73	0.0001	**
MEX-EC-05-97	Tra	6	0.039	0.006	25.66	0.0001	**
MEX-EC-06-97	Tra	6	0.057	0.009	35.55	0.0001	**
MEX-EC-07-97	Tra	6	0.074	0.012	74.69	0.0001	**
MEX-EC-08-97	Tra	6	0.014	0.002	5.34	0.0547	NS
MEX-EC-09-97	Tra	6	0.056	0.009	33.91	0.0001	**
MEX-EC-10-97	Tra	6	0.095	0.015	25.13	0.0001	**
MEX-EC-11-97	Tra	6	0.059	0.009	16.80	0.0001	**
MEX-EC-12-97	Tra	6	0.038	0.006	11.60	0.0001	**
MEX-EC-13-97	Tra	6	0.034	0.005	5.07	0.0023	**
MEX-EC-14-97	Tra	6	0.060	0.010	16.98	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 8. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte ($\alpha = 0.05$), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-01-97	Tra	6	1542.84	257.14	99999	0.0009	**
MEX-EC-02-97	Tra	6	4832.97	805.49	6.87	0.0004	**
MEX-EC-03-97	Tra	6	806.51	134.41	4.00	0.0153	**
MEX-EC-04-97	Tra	6	12211.95	2035.32	17.21	0.0001	**
MEX-EC-05-97	Tra	6	6000.08	1000.01	52.56	0.0001	**
MEX-EC-06-97	Tra	6	5067.35	844.55	5.99	0.0009	**
MEX-EC-07-97	Tra	6	8699.21	1449.86	6.34	0.0001	**
MEX-EC-08-97	Tra	6	0.00	0.00	99999	_____	NS
MEX-EC-09-97	Tra	6	0.00	0.00	99999	_____	NS
MEX-EC-10-97	Tra	6	9655.88	1609.31	21.55	0.0001	**
MEX-EC-11-97	Tra	6	11005.68	1834.28	39.77	0.0001	**
MEX-EC-12-97	Tra	6	21847.18	3641.19	26.27	0.0001	**
MEX-EC-13-97	Tra	6	23943.03	3990.50	42.22	0.0001	**
MEX-EC-14-97	Tra	6	4832.97	805.49	6.87	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de daño visual a los siete días después de la aplicación ($\alpha = 0.05$), para el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-15-97	Tra	6	25756.62	4292.77	314.10	0.0001	**
MEX-EC-16-97	Tra	6	25858.48	4309.74	1247.71	0.0001	**
MEX-EC-17-97	Tra	6	28244.28	4704.38	556.24	0.0001	**
MEX-EC-18-97	Tra	6	27662.13	4610.35	576.18	0.0001	**
MEX-EC-19-97	Tra	6	29409.16	4901.52	239.74	0.0001	**
MEX-EC-20-97	Tra	6	29996.05	4999.34	897.02	0.0001	**
MEX-EC-21-97	Tra	6	27408.75	4568.12	440.16	0.0001	**
MEX-EC-22-97	Tra	6	28413.44	4735.57	545.52	0.0001	**
MEX-EC-23-97	Tra	6	27010.47	4501.74	266.69	0.0001	**
MEX-EC-24-97	Tra	6	25405.31	4234.21	181.24	0.0001	**
MEX-EC-25-97	Tra	6	22859.51	3809.91	234.46	0.0001	**
MEX-EC-26-97	Tra	6	25262.12	4210.35	736.74	0.0001	**
MEX-EC-27-97	Tra	6	26758.74	4459.79	458.85	0.0001	**
MEX-EC-28-97	Tra	6	25258.68	4209.78	367.66	0.0001	**
MEX-EC-29-97	Tra	6	24477.02	4079.50	355.59	0.0001	**
MEX-EC-30-97	Tra	6	24663.94	4110.65	146.23	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza para peso fresco ($\alpha = 0.05$), para el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-15-97	Tra	6	0.058	0.009	8.80	0.0001	**
MEX-EC-16-97	Tra	6	0.015	0.002	2.42	0.0619	NS
MEX-EC-17-97	Tra	6	0.007	0.001	4.88	0.0029	**
MEX-EC-18-97	Tra	6	0.035	0.005	7.82	0.0002	**
MEX-EC-19-97	Tra	6	0.010	0.001	4.37	0.0051	**
MEX-EC-20-97	Tra	6	0.015	0.002	5.55	0.0014	**
MEX-EC-21-97	Tra	6	0.034	0.005	15.46	0.0001	**
MEX-EC-22-97	Tra	6	0.024	0.004	4.16	0.0066	**
MEX-EC-23-97	Tra	6	0.022	0.003	6.29	0.0007	**
MEX-EC-24-97	Tra	6	0.011	0.001	2.94	0.0304	**
MEX-EC-25-97	Tra	6	0.047	0.007	4.16	0.0066	**
MEX-EC-26-97	Tra	6	0.060	0.010	13.86	0.0001	**
MEX-EC-27-97	Tra	6	0.009	0.001	3.06	0.0260	**
MEX-EC-28-97	Tra	6	0.008	0.001	2.66	0.0444	**
MEX-EC-29-97	Tra	6	0.061	0.010	4.8	0.0031	**
MEX-EC-30-97	Tra	6	0.108	0.018	2.55	0.0516	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza para peso seco ($\alpha = 0.05$), para el tercer bioensayo. Chapingo México 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-15-97	Tra	6	0.058	0.009	8.80	0.0001	**
MEX-EC-16-97	Tra	6	0.015	0.002	2.42	0.0619	NS
MEX-EC-17-97	Tra	6	0.007	0.001	4.88	0.0029	**
MEX-EC-18-97	Tra	6	0.035	0.005	7.82	0.0002	**
MEX-EC-19-97	Tra	6	0.010	0.001	4.37	0.0051	**
MEX-EC-20-97	Tra	6	0.015	0.002	5.55	0.0014	**
MEX-EC-21-97	Tra	6	0.034	0.005	15.46	0.0001	**
MEX-EC-22-97	Tra	6	0.024	0.004	4.16	0.0066	**
MEX-EC-23-97	Tra	6	0.022	0.003	6.29	0.0007	**
MEX-EC-24-97	Tra	6	0.011	0.001	2.94	0.0304	**
MEX-EC-25-97	Tra	6	0.047	0.007	4.16	0.0066	**
MEX-EC-26-97	Tra	6	0.060	0.0007	13.86	0.0001	**
MEX-EC-27-97	Tra	6	0.009	0.001	3.06	0.0260	**
MEX-EC-28-97	Tra	6	0.008	0.001	2.66	0.0444	**
MEX-EC-29-97	Tra	6	0.061	0.010	4.80	0.0031	**
MEX-EC-30-97	Tra	6	0.148	0.018	2.55	0.0516	NS

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de rebrote a los 20 días después del corte ($\alpha = 0.05$), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-15-97	Tra	6	9.434	1.572	11.40	0.0001	**
MEX-EC-16-97	Tra	6	3.414	0.569	9.61	0.0001	**
MEX-EC-17-97	Tra	6	1.457	0.242	14.39	0.0001	**
MEX-EC-18-97	Tra	6	6.525	1.087	17.88	0.0001	**
MEX-EC-19-97	Tra	6	3.632	0.605	5.85	0.0010	**
MEX-EC-20-97	Tra	6	3.088	0.514	15.17	0.0001	**
MEX-EC-21-97	Tra	6	4.914	0.819	34.16	0.0001	**
MEX-EC-22-97	Tra	6	4.884	0.814	9.84	0.0001	**
MEX-EC-23-97	Tra	6	4.744	0.790	10.19	0.0561	NS
MEX-EC-24-97	Tra	6	4.080	0.680	4.84	0.0030	**
MEX-EC-25-97	Tra	6	8.879	1.479	6.76	0.0004	**
MEX-EC-26-97	Tra	6	6.448	1.074	19.43	0.0001	**
MEX-EC-27-97	Tra	6	1.993	0.332	15.94	0.0001	**
MEX-EC-28-97	Tra	6	2.185	0.364	13.16	0.0001	**
MEX-EC-29-97	Tra	6	9.934	1.655	10.07	0.0001	**
MEX-EC-30-97	Tra	6	17.24	2.873	4.78	0.0032	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para el porcentaje de daño visual ($\alpha = 0.05$) a los cuatro días después de la aplicación, para el bioensayo conducido en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-02-96	Tra	7	47435.61	6776.51	259.28	0.0001	**
MEX-EC-03-96	Tra	4	28566.91	7141.72	492.66	0.0001	**
MEX-EC-05-96	Tra	7	45875.23	6553.60	329.40	0.0001	**
MEX-EC-08-96	Tra	7	41266.32	5895.18	83.48	0.0001	**
MEX-EC-11-96	Tra	4	11794.53	2948.63	124.28	0.0001	**
MEX-EC-12-96	Tra	7	38073.04	5439.00	87.20	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza para peso fresco ($\alpha = 0.05$) para el bioensayo conducido en Costa Rica.. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-02-96	Tra	7	0.385	0.055	20.95	0.0001	**
MEX-EC-03-96	Tra	4	0.144	0.036	6.01	0.0043	**
MEX-EC-05-96	Tra	7	0.709	0.101	27.18	0.0001	**
MEX-EC-08-96	Tra	7	0.491	0.070	14.06	0.0001	**
MEX-EC-11-96	Tra	4	0.046	0.011	52.34	0.0003	**
MEX-EC-12-96	Tra	7	0.012	0.0005	16.51	0.0001	**

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para peso seco ($\alpha = 0.05$) para el bioensayo conducido en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Código de la población	Análisis de varianza para tratamientos						Sig.
	F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F	
MEX-EC-02-96	Tra	7	0.0028	0.00041	2.54	0.0414	**
MEX-EC-03-96	Tra	4	0.0012	0.00032	12.00	0.0001	**
MEX-EC-05-96	Tra	7	0.0068	0.00097	6.05	0.0004	**
MEX-EC-08-96	Tra	7	0.0046	0.00066	4.14	0.0041	**
MEX-EC-11-96	Tra	4	0.00054	0.00013	16.72	0.0042	**
MEX-EC-12-96	Tra	7	0.0013	0.00019	1.31	0.2860	NS

HO= Todos los tratamiento producen el mismo efecto, se rechaza HO si $Pr > F$ es mayor a 0.05. NS= diferencias no significativas y **= diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.05$. F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada, $Pr > F$ = f exacta y Sig = significancia.

Cuadro 16. Análisis de varianza para las poblaciones de *E. colona* usadas en el primer bioensayo sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Chapingo, México. 1997.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F
Modelo	69	1.5328	0.0222	5.53	0.0001
Dosis	6	1.1860	0.1976	49.18	0.0001
Pobalción	9	0.1653	0.0183	4.57	0.0001
Dosis(población)	54	0.1814	0.0033	0.84	0.7839
Error	273	1.0972	0.0040		
Total corregido	342	2.6300			

F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada y Pr > F = f exacta.

Cuadro 17. Análisis de varianza para las poblaciones de *E. colona* usadas en el segundo bioensayo sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Chapingo, México. 1998.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F
Modelo	97	0.8620	0.0088	17.93	0.0001
Dosis	6	0.5682	0.0947	191.11	0.0001
Población	13	0.2282	0.01755	35.43	0.0001
Dosis(población)	78	0.0655	0.0008	1.69	0.0001
Error	266	0.1318	0.0004		
Total corregido	363	0.9938			

F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada y Pr > F = f exacta.

Cuadro 18. Análisis de varianza para las poblaciones de *E. colona* usadas en el tercer bioensayo sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Chapingo, México. 1998.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F
Modelo	111	0.8877	0.0079	6.57	0.0001
Dosis	6	0.4116	0.0686	56.32	0.0001
Población	15	0.3568	0.0237	19.53	0.0001
Dosis(población)	90	0.1193	0.0013	1.09	0.2939
Error	336	0.4093	0.0012		
Total corregido	447	1.2971			

F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada y Pr > F = f exacta.

Cuadro 19. Análisis de varianza para las poblaciones de *E. colona* usadas en el bioensayo conducido en Costa Rica sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Turrialba, Costa Rica. 1997.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F
Modelo	41	0.0261	0.00063	4.76	0.0001
Dosis	7	0.0131	0.0018	14.01	0.0001
Población	5	0.0083	0.0016	12.45	0.0001
Dosis(población)	29	0.0043	0.00015	1.13	0.3187
Error	116	0.0155	0.00013		
Total corregido	157	0.0417			

F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada y Pr > F = f exacta.

Cuadro 20. Análisis de varianza para las poblaciones de *E. colona* evaluadas en México y en Costa Rica sobre determinación de resistencia de *E. colona* a propanil en áreas selectas de México. Turrialba, Costa Rica. 1997.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Pr > F
Modelo	51	0.0197	0.00038	6.16	0.0001
Dosis	7	0.0081	0.0011	18.59	0.0001
Población	6	0.0075	0.0012	20.06	0.0001
Dosis(población)	38	0.0039	0.000105	1.68	0.0152
Error	165	0.0097	0.00006		
Total corregido	207	0.0249			

F.V = fuente de variación, G.L = grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrado medio, F.C = F calculada y Pr > F = f exacta.

7.2. Apéndice B. Cuadros de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para las variables porcentaje de daño, peso fresco, peso seco, porcentaje de rebrote, para cada bioensayo. Chapingo, México. 1996-1998.

Cuadro 1. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para porcentaje de daño a los 10 días después de la aplicación, para el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96
23.02 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
11.52 kg/ha	100 A	100 A	99.75 A	100 A	99.75 A
5.76 kg/ha	100 A	99.50 A	99.00 A	99.75 A	99.50 A
2.88 kg/ha	97.50 A	100 A	99.13 A	100 A	99.38 A
1.44 kg/ha	50.00 B	43.63 B	35.63 B	35.00 B	38.38 B
0.72 kg/ha	37.50 C	17.75 C	22.38 C	20.13 C	22.00 C
Testigo	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D

(continuación cuadro 1)

Tratamiento	MEX-EC 13-96	MEX-EC 14-96	MEX-EC 15-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
23.02 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
11.52 kg/ha	99.50 A	99.67 A	100 A	100 A	99.33 A
5.76 kg/ha	99.75 A	99.67 A	99.67 A	99.50 A	99.66 A
2.88 kg/ha	100 A	99.67 A	100 A	100 A	99.66 A
1.44 kg/ha	54.50 B	61.67 B	52.33 B	50.00 B	41.67 B
0.72 kg/ha	41.75 C	25.67 C	33.33 C	35.00 B	30.67 B
Testigo	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 C	0.00 C

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para porcentaje de daño a los 7 días después de la aplicación, para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Tratamiento	MEX-EC 01-97	MEX-EC 02-97	MEX-EC 03-97	MEX-EC 04-97	MEX-EC 05-97	MEX-EC 06-97	MEX-EC 07-97
23.02 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
11.52 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
5.76 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	99.50 A	100 A
2.88 kg/ha	98.0 A	98.25 A	98.66 A	99.50 A	98.0 A	98.00 A	98.0 A
1.44 kg/ha	62.5 B	74.25 B	83.33 B	68.75 B	70.0 B	67.50 B	77.5 B
0.72 kg/ha	41.0 C	40.75 C	38.33 C	44.50 C	43.75 C	38.25 C	46.25 C
Testigo	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D

(continuación cuadro 2)

Trata- miento	MEX-EC 08-97	MEX-EC 09-97	MEX-EC 10-97	MEX-EC 11-97	MEX-EC 12-97	MEX-EC 13-97	MEX-EC 14-97
23.02 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
11.52 kg/ha	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A
5.76 kg/ha	99.33 A	99.50 A	100 A	100 A	98.25 A	98.00 A	98.5 A
2.88 kg/ha	98.66 A	99.50 A	98.00 A	98.00 A	98.00 A	97.75 A	98.0 A
1.44 kg/ha	70.0 B	72.00 B	66.25 B	64.25 B	70.50 B	67.50 B	76.25 B
0.72 kg/ha	43.66 C	47.25 C	47.00 C	45.50 C	37.50 C	39.25 C	38.25 C
Testigo	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

Cuadro 3. Comparación de medias Tukey ($\alpha =0.05$) para porcentaje de daño a los 7 días después de la aplicación, para el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Trata- miento	MEX-EC 15-97	MEX-EC 16-97	MEX-EC 17-97	MEX-EC 18-97	MEX-EC 19-97	MEX-EC 20-97	MEX-EC 21-97	MEX-EC 22-97
23.04 kg/ha	98.5 A	99.2 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	99.0 A
11.52 kg/ha	99.0 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A	98.5 A	100 A
5.76 kg/ha	96.7 A	98.0 A	99.2 A	99.5 A	100 A	99.0 A	100 A	98.5 A
2.88 kg/ha	93.5 A	97.5 A	98.7 A	97.2 A	97.5 A	99.2 A	98.2 A	98.0 A
1.44 kg/ha	51.2 B	78.7 B	85.0 B	74.2 B	68.7 B	71.2 B	76.2 B	47.0 B
0.72 kg/ha	26.2 C	39.7 C	37.7 C	39.0 C	31.7 C	26.2 C	38.7 C	31.2 C
Testigo	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D	0.00 D

(continuación cuadro 3)

Trata- miento	MEX-EC 23-97	MEX-EC 24-97	MEX-EC 25-97	MEX-EC 26-97	MEX-EC 27-97	MEX-EC 28-97	MEX-EC 29-97	MEX-EC 30-97
23.04 kg/ha	100 A	99.2 A	99.0 A	99.5 A	100 A	99.7 A	99.5 A	99.2 A
11.52 kg/ha	99.0 A	99.0 A	99.5 A	100 A	100 A	99.5 A	100 A	100 A
5.76 kg/ha	98.7 A	98.7 A	96.5 A	95.5 A	100 A	98.7 A	90.0 B	94.0 A
2.88 kg/ha	98.0 A	97.5 A	95.7 A	97.7 A	99.2 A	97.7 A	98.2 AB	99.2 A
1.44 kg/ha	82.0 B	92.5 A	85.0 B	88.2 B	94.5 A	95.0 A	94.2 AB	97.2 A
0.72 kg/ha	34.5 C	48.2 B	64.0 C	45.0 C	64.5 B	56.2 B	58.2 C	67.5 B
Testigo	0.00 D	0.00 C	0.00 D	0.00 D	0.00 C	0.00 C	0.00 D	0.00 C

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

Cuadro 4. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para porcentaje de daño a los 4 días después de la aplicación. Bioensayo realizado en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 02-96	MEX-EC 03-96	MEX-EC 05-96	MEX-EC 08-96	MEX-EC 11-96	MEX-EC 12-96
22.4 kg/ha	98.25 A		99.5 A	97.75 A	100 A	100 A
11.2 kg/ha	99.50 A		99.5 A	100 A	95.0 A	96.25 A
5.6 kg/ha	98.25 A	100 A	95.0 A B	90.0 A		95.75 A
2.8 kg/ha	95.25 A B	100 A	89.5 B	87.5 A	80.0 A	92.5 A
1.4 kg/ha	90.25 B	92.00 A	80.00 C	60.0 B		90.0 A
0.7 kg/ha	3.75 C	11.25 B	1.25 D	5.0 C	12.5 B	22.5 B
0.35 kg/ha	0.00 C		0.00 D	0.00 C		3.75 C
Testigo	0.00 C	0.00 C	0.00 D	0.00 C	0.00 B	0.00 C

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$. (Tratamientos sin valores no se evaluaron por falta de semilla o baja germinación de la misma).

Cuadro 5. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso fresco (gr), para el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96
Testigo	1.150 A	2.163 A	3.137 A	1.650 A	2.313 A
0.72 kg/ha	0.350 A	0.862 B	1.312 B	0.837 B	0.625 B
1.44 kg/ha	0.150 A	0.550 BC	0.812 BC	0.400 BC	0.500 B
2.88 kg/ha	0.100 A	0.100 C	0.150 C	0.100 C	0.125 B
5.76 kg/ha	0.100 A	0.112 C	0.175 C	0.125 C	0.137 B
11.52 kg/ha	0.100 A	0.100 C	0.100 C	0.100 C	0.112 B
23.04 kg/ha	0.100 A	0.100 C	0.100 C	0.100 C	0.100 B

(continuación cuadro 5)

Tratamiento	MEX-EC 13-96	MEX-EC 14-96	MEX-EC 15-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
Testigo	0.925 A	1.033 A	1.467 A	1.100 A	0.800 A
0.72 kg/ha	0.425 B	0.333 AB	0.800 A B	0.300 A B	0.467 A B
1.44 kg/ha	0.200 B	0.200 AB	0.267 B	0.300 A B	0.267 A B
2.88 kg/ha	0.100 B	0.100 B	0.100 B	0.100 B	0.133 B
5.76 kg/ha	0.100 B	0.100 B	0.133 B	0.100 B	0.100 B
11.52 kg/ha	0.150 B	0.133 AB	0.100 B	0.100 B	0.167 A B
23.04 kg/ha	0.100 B	0.100 B	0.100 B	0.100 B	0.100 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

Cuadro 6. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso fresco (gr), para el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Trata- miento	MEX-EC 01-97	MEX-EC 02-97	MEX-EC 03-97	MEX-EC 04-97	MEX-EC 05-97	MEX-EC 06-97	MEX-EC 07-97
Testigo	0.281 A	1.620 A	0.248 A	1.913 A	1.538 A	1.938 A	2.237 A
0.72 kg/ha	0.108 A	0.687 B	0.074 AB	0.676 B	0.662 B	0.897 B	0.727 B
1.44 kg/ha	0.047 A	0.367 BC	0.074 AB	0.484 BC	0.314 BC	0.468 C	0.388 C
2.88 kg/ha	0.048 A	0.235 BC	0.038 AB	0.221 CD	0.225 C	0.312 C	0.241 C
5.76 kg/ha	0.026 A	0.183 C	0.017 B	0.147 CD	0.114 C	0.243 C	0.207 C
11.52 kg/ha	0.022 A	0.116 C	0.026 B	0.175 D	0.074 C	0.170 C	0.121 C
23.04 kg/ha	0.019 A	0.131 C	0.015 B	0.094 D	0.069 C	0.102 C	0.098 C

(continuación cuadro 6)

Trata- miento	MEX-EC 08-97	MEX-EC 09-97	MEX-EC 10-97	MEX-EC 11-97	MEX-EC 12-97	MEX-EC 13-97	MEX-EC 14-97
Testigo	1.221 A	2.017 A	2.744 A	2.262 A	1.760 A	1.785 A	1.851 A
0.72 kg/ha	0.598 A B	0.674 B	1.212 B	1.250 B	1.003 B	1.001 B	0.969 B
1.44 kg/ha	0.308 A B	0.436 BC	0.703 BC	0.772 BC	0.639 BC	0.645 B	0.483 BC
2.88 kg/ha	0.190 A B	0.243 C	0.488 C	0.394 CD	0.355 BC	0.426 B	0.373 C
5.76 kg/ha	0.226 A B	0.195 C	0.367 C	0.218 D	0.299 BC	0.394 B	0.281 C
11.52 kg/ha	0.122 B	0.201 C	0.319 C	0.252 CD	0.241 BC	0.321 B	0.242 C
23.04 kg/ha	0.085 B	0.121 C	0.228 C	0.157 D	0.231 BC	0.290 B	0.242 C

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 7. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso fresco (gr), para el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Trata- miento	MEX-EC 15-97	MEX-EC 16-97	MEX-EC 17-97	MEX-EC 18-97	MEX-EC 19-97	MEX-EC 20-97	MEX-EC 21-97	MEX-EC 22-97
Testigo	2.014 A	1.308 A	0.798 A	1.614 A	1.319 A	1.155 A	1.429 A	1.596 A
0.72 kg/ha	1.234 AB	0.656 B	0.308 B	0.662 B	0.522 B	0.514 B	0.739 B	0.683 B
1.44 kg/ha	0.869 B C	0.385 B	0.165 B	0.471 B	0.431 B	0.505 B	0.440 BC	0.660 B
2.88 kg/ha	0.902 B C	0.397 B	0.155 B	0.259 B	0.349 B	0.240 B	0.352 C	0.365 B
5.76 g/ha	0.354 C	0.347 B	0.156 B	0.266 B	0.540 B	0.280 B	0.142 C	0.389 B
11.52 kg/ha	0.238 C	0.293 B	0.077 B	0.118 B	0.163 B	0.120 B	0.427 BC	0.277 B
23.04 kg/ha	0.366 C	0.206 B	0.168 B	0.176 B	0.194 B	0.149 B	0.109 C	0.389 B

(continuación cuadro 7)

Trata- miento	MEX-EC 23-97	MEX-EC 24-97	MEX-EC 25-97	MEX-EC 26-97	MEX-EC 27-97	MEX-EC 28-97	MEX-EC 29-97	MEX-EC 30-97
Testigo	1.461 A	1.510 A	2.085 A	1.761 A	0.902 A	1.054 A	2.177 A	2.786 A
0.72 kg/ha	0.681 B	0.707 AB	0.743 B	0.787 B	0.440 B	0.516 A B	0.834 B	1.333 A B
1.44 kg/ha	0.629 B	0.466 B	0.455 B	0.511 B C	0.225 B C	0.371 B	0.631 B	0.697 B
2.88 kg/ha	0.264 B	0.589 B	0.461 B	0.384 B C	0.106 C	0.243 B	0.444 B	0.439 B
5.76 kg/ha	0.272 B	0.341 B	0.595 B	0.553 B C	0.232 B C	0.266 B	0.832 B	0.864 B
11.52 kg/ha	0.306 B	0.328 B	0.305 B	0.240 C	0.075 C	0.226 B	0.258 B	0.440 B
23.04 kg/ha	0.212 B	0.438 B	0.536 B	0.348 B C	0.166 B C	0.218 B	0.432 B	0.479 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 8. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso fresco (gr), para el bioensayo conducido en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 02-96	MEX-EC 03-96	MEX-EC 05-96	MEX-EC 08-96	MEX-EC 11-96	MEX-EC 12-96
Testigo	0.295 A B	0.240 A	0.455 A	0.367 A	0.195 A	0.142 A
0.35 kg/ha	0.330 A		0.355 AB	0.312 AB		0.113 A
0.70 kg/ha	0.187 BC	0.073 B	0.283 BC	0.235 ABC	0.055 B	0.095 A B
1.40 kg/ha	0.117 CD	0.033 BC	0.155 CD	0.153 BCD		0.033 B C
2.80 kg/ha	0.075 CD	0.015 BC	0.095 D	0.080 CD	0.020 B	0.048 C
5.60 kg/ha	0.050 D	0.015 C	0.060 D	0.070 CD		0.030 C
11.20 kg/ha	0.030 D		0.045 D	0.020 D	0.020 B	0.025 C
22.40 kg/ha	0.045 D		0.038 D	0.030 D	0.020 B	0.023 C

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$. (Tratamientos sin valores no se evaluaron por falta de semilla o baja germinación de la misma).

Cuadro 9. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco del primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96
Testigo	0.145 A	0.193 A	0.294 A	0.152 A	0.281 A
0.72 kg/ha	0.039 B	0.083 B	0.121 B	0.082 B	0.062 B
1.42 kg/ha	0.027 B	0.063 B	0.087 B	0.049 B	0.063 B
2.88 kg/ha	0.024 B	0.035 B	0.046 B	0.052 B	0.038 B
5.76 kg/ha	0.022 B	0.054 B	0.054 B	0.039 B	0.049 B
11.52 kg/ha	0.022 B	0.052 B	0.057 B	0.038 B	0.054 B
23.04 kg/ha	0.036 B	0.039 B	0.042 B	0.036 B	0.033 B

(continuación cuadro 9)

Tratamiento	MEX-EC 13-96	MEX-EC 14-96	MEX-EC 15-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
Testigo	0.268 A	0.161 A	0.145 A	0.149 A	0.067 A
0.72 kg/ha	0.047 A B	0.031 B	0.099 A B	0.029 B	0.044 A B
1.44 kg/ha	0.031 A B	0.021 B	0.044 A B	0.037 B	0.031 A B
2.88 kg/ha	0.012 A B	0.012 B	0.014 B	0.013 B	0.011 A B
5.76 kg/ha	0.014 A B	0.007 B	0.020 B	0.015 B	0.005 A B
11.52 kg/ha	0.017 B	0.011 B	0.022 B	0.017 B	0.008 B
23.04 kg/ha	0.014 B	0.008 B	0.007 B	0.012 B	0.003 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 10. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco del segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Tratamiento	MEX-EC 01-97	MEX-EC 02-97	MEX-EC 03-97	MEX-EC 04-97	MEX-EC 05-97	MEX-EC 06-97	MEX-EC 07-97
Testigo	0.028 A	0.149 A	0.043 A	0.178 A	0.141 A	0.180 A	0.196 A
0.72 kg/ha	0.011 A	0.070 B	0.009 B	0.074 B	0.067 B	0.089 B	0.071 B
1.44 kg/ha	0.008 A	0.044 B	0.013 B	0.058 BC	0.041 BC	0.059 BC	0.051 B C
2.88 kg/ha	0.011 A	0.038 B	0.010 B	0.041 BC	0.042 BC	0.052 BC	0.040 C
5.76 kg/ha	0.010 A	0.043 B	0.006 B	0.031 C	0.029 C	0.055 BC	0.051 B C
11.52 kg/ha	0.009 A	0.041 B	0.011 B	0.041 BC	0.026 C	0.043 C	0.044 B C
23.04 kg/ha	0.012 A	0.048 B	0.007 B	0.048 BC	0.035 BC	0.045 C	0.046 B C

(continuación cuadro 10)

Tratamiento	MEX-EC 08-97	MEX-EC 09-97	MEX-EC 10-97	MEX-EC 11-97	MEX-EC 12-97	MEX-EC 13-97	MEX-EC 14-97
Testigo	0.110 A	0.177 A	0.250 A	0.204 A	0.177 A	0.173 A	0.191 A
0.72 kg/ha	0.065 A	0.069 B	0.127 B	0.115 B	0.094 B	0.098 A B	0.092 B
1.44 kg/ha	0.039 A	0.049 B	0.088 B	0.089 BC	0.081 B	0.085 B	0.061 B
2.88 kg/ha	0.044 A	0.047 B	0.088 B	0.080 BC	0.065 B	0.070 B	0.063 B
5.76 kg/ha	0.047 A	0.041 B	0.079 B	0.056 C	0.062 B	0.073 B	0.051 B
11.52 kg/ha	0.028 A	0.052 B	0.080 B	0.074 BC	0.071 B	0.078 B	0.052 B
23.04 kg/ha	0.035 A	0.047 B	0.075 B	0.078 BC	0.073 B	0.061 B	0.058 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

Cuadro 11. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco del tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Tratamiento	MEX-EC 15-97	MEX-EC 16-97	MEX-EC 17-97	MEX-EC 18-97	MEX-EC 19-97	MEX-EC 20-97	MEX-EC 21-97	MEX-EC 22-97
Testigo	0.209 A	0.140 A	0.081 A	0.157 A	0.112 A	0.117 A	0.150 A	0.167 A
0.72 kg/ha	0.144 AB	0.082 B	0.044 B	0.081 B	0.059 B	0.062 B	0.099 B	0.085 B
1.44 kg/ha	0.124 B	0.066 B	0.030 B	0.068 B	0.062 B	0.072 A B	0.069 B C	0.100 A B
2.88 kg/ha	0.107 B	0.071 B	0.035 B	0.054 B	0.061 B	0.051 B	0.072 B C	0.072 B
5.76 kg/ha	0.070 B	0.075 B	0.038 B	0.069 B	0.056 B	0.061 B	0.073 C	0.101 A B
11.52 kg/ha	0.075 B	0.079 B	0.031 B	0.042 B	0.049 B	0.042 B	0.078 B C	0.076 B
23.04 kg/ha	0.079 B	0.080 B	0.037 B	0.052 B	0.064 B	0.047 B	0.038 C	0.094 B

(continuación cuadro 11)

Tratamiento	MEX-EC 23-97	MEX-EC 24-97	MEX-EC 25-97	MEX-EC 26-97	MEX-EC 27-97	MEX-EC 28-97	MEX-EC 29-97	MEX-EC 30-97
Testigo	0.153 A	0.139 A	0.211 A	0.218 A	0.092 A	0.108 A	0.233 A	0.304 A
0.72 kg/ha	0.086 B	0.094 B	0.097 B	0.106 B	0.056 AB	0.063 A B	0.107 B	0.162 B
1.44 kg/ha	0.069 B	0.086 B	0.088 B	0.084 B	0.041 B	0.061 A B	0.099 B	0.129 B
2.88 kg/ha	0.069 B	0.086 B	0.084 B	0.079 B	0.035 B	0.055 B	0.091 B	0.110 B
5.76 kg/ha	0.071 B	0.084 B	0.103 B	0.076 B	0.046 AB	0.054 B	0.101 B	0.119 B
11.52 kg/ha	0.078 B	0.087 B	0.095 B	0.086 B	0.040 B	0.064 A B	0.094 B	0.134 B
23.04 kg/ha	0.070 B	0.118 B	0.124 AB	0.104 B	0.063 AB	0.067 A B	0.109 B	0.137 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

Cuadro 12. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco del bioensayo conducido en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Trata- miento	MEX-EC 02-96	MEX-EC 03-96	MEX-EC 05-96	MEX-EC 08-96	MEX-EC 11-96	MEX-EC 12-96
Testigo	0.033 A	0.030 A	0.060 A	0.050 A	0.020 A	0.015 A
0.35 kg/ha	0.043 A B		0.043 A B	0.035 A B		0.025 A
0.70 kg/ha	0.030 A B	0.010 B	0.030 B	0.020 B	0.010 B	0.010 A
1.40 kg/ha	0.020 A B	0.010 B	0.020 B	0.018 B		0.013 A
2.80 kg/ha	0.023 A B	0.010 B	0.025 B	0.010 B	0.010 B	0.010 A
5.60 kg/ha	0.018 A B	0.010 B	0.013 B	0.028 A B		0.008 A
11.20 kg/ha	0.010 B		0.018 B	0.023 A B	0.010 B	0.008 A
22.40 kg/ha	0.020 A B		0.020 B	0.013 B	0.006 B	0.001 A

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$. (Tratamientos sin valores no se evaluaron por falta de semilla o baja germinación de la misma).

Cuadro 13. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de rebrote a los 20 días después del corte, en el primer bioensayo. Chapingo, México. 1997.

Trata- miento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96
Testigo	33.30 A	81.25 A	78.13 A	59.38 A	46.88 A
0.72 kg/ha	0.00 B	9.38 B	37.50 B	31.25 B	28.13 A
1.44 kg/ha	0.00 B	0.00 B	9.38 C	3.13 C	6.25 B
2.88 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 C	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 C	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 C	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 C	0.00 B

(continuación cuadro 13)

Trata- miento	MEX-EC- 3-96	MEX-EC 14-96	MEX-EC 15-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
Testigo	66.63 A	22.20 A	66.67 A	49.95 A	33.30 A
0.72 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
1.44 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
2.88 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 14. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte, en el segundo bioensayo. Chapingo, México. 1998.

Tratamiento	MEX-EC 01-97	MEX-EC 02-97	MEX-EC 03-97	MEX-EC 04-97	MEX-EC 05-97	MEX-EC 06-97	MEX-EC 07-97
Testigo	25.0 A	45.0 A	13.3 A	70.0 A	45.0 A	45.0 A	60.0 A
0.72 kg/ha	0.00 B	5.00 B	0.00 B	15.0 B	0.00 B	10.0 B	5.00 B
1.44 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
2.88 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B

(continuación cuadro 14)

Tratamiento	MEX-EC 08-97	MEX-EC 09-97	MEX-EC 10-97	MEX-EC 11-97	MEX-EC 12-97	MEX-EC 13-97	MEX-EC 14-97
Testigo	0.00 A	0.00 A	60.0 A	70.0 A	85.0 A	95.0 A	45.0 A
0.72 kg/ha	0.00 A	0.00 A	25.0 B	5.00 B	60.0 A	40.0 B	5.00 B
1.44 kg/ha	0.00 A	0.00 A	10.0 BC	0.00 B	15.0 B	15.0 C	0.00 B
2.88 kg/ha	0.00 A	0.00 A	0.00 C	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 A	0.00 A	0.00 C	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 A	0.00 A	0.00 C	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 A	0.00 A	0.00 C	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 15. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de rebrote a los 15 días después del corte, en el tercer bioensayo. Chapingo, México. 1998,

Tratamiento	MEX-EC 15-97	MEX-EC 16-97	MEX-EC 17-97	MEX-EC 18-97	MEX-EC 19-97	MEX-EC 20-97	MEX-EC 21-97	MEX-EC 22-97
Testigo	90.0 A	25.0 A	30.0 A	20.0 A	65.0 A	30.0 A	90.0 A	65.0 A
0.72 kg/ha	35.0 B	0.00 B	0.00 B	10.0 B	15.0 B	0.00 B	30.0 B	10.0 B
1.44 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
2.88 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 C	0.00 B

(continuación cuadro 15)

Tratamiento	MEX-EC 23-97	MEX-EC 24-97	MEX-EC 25-97	MEX-EC 26-97	MEX-EC 27-97	MEX-EC 28-97	MEX-EC 29-97	MEX-EC 30-97
Testigo	0.00 A	50.0 A	45.0 A	35.0 A	50.0 A	20.0 A	40.0 A	65.0 A
0.72 kg/ha	0.00 A	5.0 B	5.0 B	0.00 B	5.0 B	5.0 A B	5.0 B	10.0 B
1.44 kg/ha	0.00 A	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
2.88 kg/ha	0.00 A	0.00 B	5.0 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
5.76 kg/ha	0.00 A	0.00 B	0.03 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
11.52 kg/ha	0.00 A	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B
23.04 kg/ha	0.00 A	0.00 B	0.00 B	0.00 B	0.03 B	0.00 B	0.00 B	0.00 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 16. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable porcentaje de daño a los 4 días después de la aplicación para las poblaciones del primer bioensayo evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
22.4 kg/ha	99.0 A	99.5 A	100 A	100 A		100 A	100 A
11.2 kg/ha	99.5 A	99.5 A	97.5 AB	100 A		99.5 A	99.5 A
5.6 kg/ha	97.0 A B	95.75 A	91.25 BC	100 A	100 A	99.5 A	99.5 A
2.8 kg/ha	95.0 B C	94.5 A	88.75 C	100 A		91.25 A	96 A
1.4 kg/ha	91.25 C	85.0 B	11.25 D	88.75 A	90.25 AB	87.5 A	95.75 A
0.7 kg/ha	3.75 C	2.5 C	8.75 D	32.5 B	83.75 B	33.75 B	48.75 B
0.35 kg/ha	0.00 C	1.25 C	0.00 E	0.50 C		13.75 BC	21.25 C
Testigo	0.00 C	0.00 C	0.00 E	0.00 C	0.00 C	0.00 C	0.00 D

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 17. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso fresco para las poblaciones del primer bioensayo evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
Testigo	0.415 A	0.335 A	0.193 A	0.215 A	0.153 A	0.198 A	0.150 A
0.35 kg/ha	0.316 AB	0.265 A	0.260 A	0.165 A		0.118 B	0.103 AB
0.70 kg/ha	0.220 BC	0.233 A B	0.108 B	0.073 B	0.053 B	0.093 BC	0.063 AB
1.40 kg/ha	0.135 CD	0.110 B C	0.068 BC	0.040 BC	0.023 B	0.055 CD	0.028 B
2.80 kg/ha	0.075 D	0.088 C	0.045 BC	0.015 C		0.048 CD	0.043 B
5.60 kg/ha	0.038 D	0.063 C	0.020 C	0.018 BC	0.015 B	0.018 D	0.023 B
11.20 kg/ha	0.040 D	0.038 C	0.018 C	0.015 C		0.028 D	0.015 B
22.40 kg/ha	0.048 D	0.028 C	0.023 C	0.018 BC		0.020 D	0.020 B

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 18. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco para las poblaciones del primer bioensayo evaluadas en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	MEX-EC 04-96	MEX-EC 06-96	MEX-EC 07-96	MEX-EC 09-96	MEX-EC 10-96	MEX-EC 16-96	MEX-EC 17-96
Testigo	0.045 A	0.040 A	0.023 A B	0.023 A	0.015 A	0.020 A	0.015 A
0.35 kg/ha	0.033 AB	0.028 A B	0.028 A	0.018 A		0.003 B	0.013 A
0.70 kg/ha	0.020 BC	0.025 A B	0.008 A B	0.013 A B	0.010 A	0.013 A B	0.008 A
1.40 kg/ha	0.013 C	0.013 B	0.008 A B	0.006 BC	0.001 B	0.008 A B	0.008 A
2.80 kg/ha	0.016 BC	0.018 A B	0.013 A B	0.001 C		0.013 A B	0.013 A
5.60 kg/ha	0.018 BC	0.008 B	0.006 B	0.001 C	0.001 B	0.006 B	0.008 A
11.20 kg/ha	0.015 BC	0.020 A B	0.003 B	0.001 C		0.011 A B	0.013 A
22.40 kg/ha	0.020 BC	0.023 A B	0.008 A B	0.001 C		0.001 B	0.003 A

Medias agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

7.3. Apéndice C. Ejemplos de los diferente modelo estadístico de Steven et al. (1995) usado para realizar el análisis y obtención de las I_{50} .

- 1.- Ejemplo de un programa de Steven usado para el análisis estadístico del peso seco para cada bioensayo.

[illegible]

Con la finalidad de que la computadora realizara las operaciones más rápido, a cada población se le asignó un letra como se muestra en el programa.

```
DATA I500796;
INPUT PESOSE DOSIS BIOTIPO $;
IF DOSIS>0 THEN LOGDOSIS=LOG(DOSIS);
ELSE LOGDOSIS=LOG(0.066/9);
CARDS;
0.092 0.7 E
0.097 0.7 E
.
.
.
.
.
.
.
      = 52 OBSERVACIONES NO MOSTRADAS
```

Con la finalidad de que la computadora realizara las operaciones más rápido, a cada población se le asigno un letra como se muestra en el programa.

[illegible]

140

