

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSGRADO**

***Echinochloa colona* (L.) LINK EN ARROZ DE SECANO:
LONGEVIDAD DE LA SEMILLA EN EL SUELO
E INTEGRACIÓN DE TÁCTICAS PARA SU COMBATE**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación
del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
para optar al grado de

Magister Scientiae

por


Lilliana Chaves Fallas

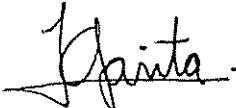
Turrialba, Costa Rica, 1996

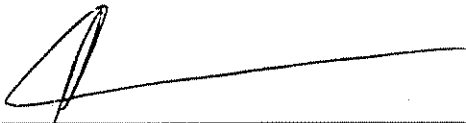
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

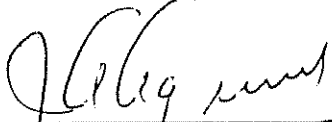
CIENCIAS AGRICOLAS
MAGISTER SCIENTIAE

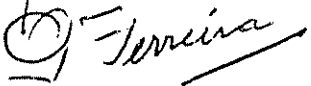
FIRMANTES:

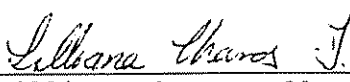

Bernal Valverde, Ph.D.
Profesor Consejero


Israel Garita, M.Sc.
Miembro Comité Asesor


Phil Shannon, M.Sc.
Miembro Comité Asesor


Juan Antonio Aguirre, Ph.D.
Jefe, Area de Postgrado


Pedro Ferreira, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza


Lilliana Chaves Fallas
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Alicia y Fernando por su gran amor y su apoyo incondicional, nunca pensamos que juntos llegaríamos tan lejos.

A mis hermanos Xinia y Juan Carlos, Kenneth y Aída, Marco Vinicio y Marlene, y Luis Diego, porque su cariño fortalece mi vida diariamente.

A mis sobrinitos Juan Carlos, David Ricardo y Kenneth Andrey, quienes forman parte de mi vida y son fuente de inspiración y amor en mi familia.

Al Dr. Bernal E. Valverde al ser esta la segunda ocasión en que dirige con gran éxito mi trabajo de tesis. Su apoyo profesional y humano, su confianza y su amistad, han sido elementos fundamentales en mi superación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las manifestaciones de su infinita presencia.

A Israel Garita (M.Sc.) porque su calidad profesional hace que aquellos que apenas nos iniciamos, tengamos la oportunidad de compartir sus valiosos conocimientos y experiencias científico-técnicas, pero más que eso, por ser un amigo incondicional y una persona muy humana que nos apoya en todo momento de nuestra vida.

A Phill Shannon (M.Sc.) por sus valiosos aportes a este trabajo. Sus sugerencias y críticas enriquecen toda investigación científica.

Al grupo de malezas, Erick Vargas, Fernando Ramírez y Seidy Salas, por la gran colaboración que me brindaron y los momentos que compartimos bajo el sol de Parrita.

A los funcionarios del laboratorio de semillas del proyecto PROSEFOR, especialmente a Alfonso González por la gentileza y el apoyo que siempre me brindó.

A Johnny Pérez, un excelente profesional que siempre está dispuesto a ayudarnos con el análisis estadístico de nuestros datos. Todo estudiante que ingrese a CATIE estará en su oficina muchas veces, y siempre contará con su apoyo y su amistad. Muchísimas gracias Johnny.

A los señores Miguel Guadamuz, Tranquilino Valverde, Mario Valverde, Antonio Sibaja y Mario Gatica, quienes me facilitaron sus terrenos y su maquinaria para poder desarrollar mis experimentos de campo.

A François y Aída por permitirme compartir tantos buenos y no muy buenos momentos durante estos dos años. Por sus risas, sus chistes, su paciencia ..., que hicieron de este tiempo uno de los mejores de mi vida. Son dos amigos que extrañaré por siempre, pero seguiremos unidos a través de la distancia.

A Marta por su amistad y sus consejos oportunos, a Blanca por transmitir amistad y alegría en cada momento.

A todos mis compañeros de Fitoprotección por enriquecer con sus experiencias y opiniones mi formación profesional. Gracias por todo lo bueno que compartimos.

A todos los profesores de la Escuela de Posgrado por su aporte a mi formación profesional, especialmente a aquellos que se esforzaron por transmitir sus conocimientos de la mejor manera posible.

Al CATIE por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado, especialmente al proyecto RENARM/MIP quien donó los fondos para mi beca y al Proyecto Echinochloa del NRI por su apoyo financiero.

A los amigos del proyecto MIP por todas las facilidades y la confianza que siempre me brindaron, y a todos aquellos funcionarios y amigos que de una u otra forma colaboraron para que mi estancia en CATIE fuera de gran agrado y éxito.

A las Compañías AgrEvo y Agropro por la donación de los herbicidas.

A todos les estaré siempre agradecida.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
RESUMEN EN ESPAÑOL	vii
RESUMEN EN INGLES	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	1
REVISION DE LITERATURA	3
El cultivo de arroz en Costa Rica	3
Sistemas de cultivo	3
Malezas del arroz y su combate	4
Importancia de <i>E. colona</i> en el cultivo del arroz	5
Resistencia de <i>E. colona</i> al propanil	7
Manejo de la resistencia	9
El banco de semillas en el suelo	11
Tipos de latencia de las semillas	11
Longevidad de las semillas	12
Importancia de los estudios del banco de semillas	14
METODOLOGIA	19
Experimento 1. Longevidad de la semilla de <i>E. colona</i> en el suelo	19
Experimento 2. Integración de métodos de control de <i>E. colona</i>	21
Procedimiento general	21
Experimento 3. Emergencia de plántulas de <i>E. colona</i>	24
Procedimiento general	24
Análisis de los datos	24
RESULTADOS Y DISCUSION	26
Experimento 1. Longevidad de la semilla de <i>E. colona</i> en el suelo	26
Viabilidad de las semillas antes del entierro	26
Persistencia de las semillas de <i>E. colona</i> después de 10 meses de entierro	26

Experimento 2. Integración de métodos de control de <i>E. colona</i>	33
Densidad de plantas y No. de espigas de <i>E. colona</i> en el lote Pelicano (experimento de primer año)	33
Rendimiento de arroz en el lote Pelicano	36
Lote Bejuco (experimento de segundo año)	39
 Experimento 3. Emergencia de plántulas de <i>E. colona</i>	41
 Comentarios adicionales	43
 CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
LITERATURA CITADA	49
ANEXOS	55
 ANEXO 1. Corrección a la densidad de <i>E. colona</i> en los datos del lote "Bejuco" debido a la inversión de los tratamientos en las parcelas sin glifosato, en el segundo año de experimentación	55
 ANEXO 2. Datos observados para densidad de <i>E. colona</i> en el lote "Bejuco"	57
 ANEXO 3. Datos observados para rendimiento, número de espigas de arroz y maleza, y densidad de <i>E. colona</i> en el lote "Pelicano"	58
 ANEXO 4. Conteos de <i>E. colona</i> durante el ciclo del arroz en las parcelas de observación del lote "Pelicano"	59
 ANEXO 5. Conteos de <i>E. colona</i> durante el ciclo del arroz en las parcelas de observación del lote "Bejuco"	60
 ANEXO 6. Datos del experimento de longevidad de semillas de <i>E. colona</i> separados en los componente de persistencia y no persistencia	61

CHAVES FALLAS, L. 1996. *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de secano: longevidad de la semilla en el suelo e integración de tácticas para su combate. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 65 p.

Palabras clave: arroz, combate de malezas, *Echinochloa colona*, resistencia a herbicidas, longevidad de semillas, control cultural, control químico.

RESUMEN

Se evaluó la longevidad de la semilla y opciones de manejo de *E. colona* resistente a propanil en Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. Para estudiar la longevidad, se colocaron semillas de *E. colona* en bolsas de polipropileno permeables al agua. Las bolsas se colocaron a profundidades entre 5 y 20 cm y sobre la superficie del suelo. Mensualmente, se exhumaron grupos de semillas durante un período de 10 meses, y se separaron en semillas germinadas *in situ* y semillas no viables (porción no persistente), y semillas con latencia forzada, inducida o innata (porción persistente). Durante el período de estudio, la persistencia declinó constantemente. Las semillas colocadas sobre la superficie no persistieron más allá de cuatro meses, mientras que las enterradas presentaron en promedio un 34% de semillas persistentes al final del experimento. La reducción de la persistencia se debió más a la descomposición de las semillas que a la germinación *in situ*, ocurriendo una mayor germinación en aquellas colocadas sobre la superficie. Se evaluaron tácticas de control cultural y químico en el cultivo de arroz en dos localidades, incluida la incorporación del rastrojo, la eliminación de la población de malezas presentes antes de la siembra con glifosato (1,08 kg e.a./ha) y dos opciones de control químico dentro del cultivo. Una consistió de dos aplicaciones de propanil a razón de 3,84 kg/ha (manejo convencional), y la otra en la aplicación de pendimetalina (750 g/ha) en postemergencia temprana (manejo alternativo). Cuando fue necesario, ambos tratamientos se complementaron con una aplicación tardía de fenoxaprop-p-etilo en dosis de 45 g e.a./ha. La incorporación del rastrojo no afectó el rendimiento del cultivo ni la densidad de la *E. colona* en el siguiente ciclo de cultivo. El glifosato redujo sustancialmente la densidad de la maleza, resultando en un mayor rendimiento del arroz. En una de las localidades, la aplicación de glifosato se complementó muy bien con la pendimetalina; esta última siempre resultó más eficaz que el propanil. La eficacia de la pendimetalina fue más notoria cuando no se aplicó glifosato. En el otro experimento se cuantificó la emergencia de plántulas de *E. colona* durante el ciclo del arroz. Los tratamientos incluyeron parcelas con arroz, sin arroz removiendo el suelo, y sin arroz sin remoción del suelo. Se observaron dos germinaciones fuertes concentradas en el primer mes posterior a la siembra, independientemente del tratamiento. La densidad de la maleza fue mayor en las parcelas que se mantuvieron con arroz. Basados en los resultados de este estudio, es posible lograr un manejo adecuado de la *E. colona* a través de la integración de tácticas culturales y químicas.

CHAVES FALLAS, L. 1996. *Echinochloa colona* (L.) Link: seed longevity in the soil and integration of practices for its control in upland rice. M.S. thesis, Turrialba, Costa Rica. 65 p.

Key words: Rice, weed control, *Echinochloa colona*, herbicide resistance, seed longevity, cultural control, chemical control.

SUMMARY

Experiments were established in Parrita, in the Central Pacific region of Costa Rica to evaluate seed longevity in the soil and management options for propanil-resistant *Echinochloa colona*. To the longevity study *E. colona* seeds were placed in water-permeable polypropylene bags. The bags were placed on the soil surface and at depths varying from 5 to 20 cm. Groups of seeds were exhumed monthly for 10 months and partitioned into seed germinating *in situ* and seed losing viability before germination (nonpersistent portion), and seed under enforced dormancy and seed under innate or induced dormancy (persistent portion). Persistence declined steadily during the study period. Seeds placed on the soil surface persisted less than four months, while buried seeds showed 34% seed persistence at the end of the experiment. Seed decay rather than *in situ* germination was responsible for seed persistence reduction. Higher germination was observed in seeds on the soil surface. Cultural and chemical control practices were evaluated in rice at two different sites. Stubble incorporation, elimination of weed populations present at pre-planting with glyphosate (1,08 kg a.e./ha), and two chemical control options were evaluated in the crop. One of these consisted of two applications of propanil at 3,84 kg/ha (conventional management) and the other was an application of pendimethalin alone at 750 g/ha in early preemergence (alternative management). When necessary, both treatments were complemented by a late application of fenoxaprop-p-ethyl at 45 g a.e./ha. Stubble incorporation had no effect on crop yield nor on *E. colona* density in the following crop cycle. Glyphosate significantly reduced weed density, resulting in better rice yield. At one site, the application of glyphosate was well complemented by the use of pendimethalin, which was always more efficient than propanil. This efficiency was more evident when glyphosate was not applied. In the other experiment, the emergence of *E. colona* plants was quantified during the crop cycle. Treatments evaluated included plots with rice and plots without rice, with and without soil disturbance. Two germination flushes occurred in the first month after planting, regardless of the treatment. Weed density was higher in plots with rice. Based on the results of this study, it is possible to achieve adequate *E. colona* management by integrating cultural and chemical practices.

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para los componentes de persistencia (Pex + Pend) y no persistencia (Dg y Dn), de las semillas de <i>E. colona</i>	26
Cuadro 2. Efecto del tiempo y la profundidad de entierro sobre la persistencia (Pex + Pend) de <i>E. colona</i> en el suelo	27
Cuadro 3. Densidad de <i>E. colona</i> en relación con las actividades desarrolladas en las parcelas sin glifosato en el lote "Pelicano"	33
Cuadro 4. Densidad de <i>E. colona</i> en relación con las actividades desarrolladas en las parcelas con glifosato en el lote "Pelicano"	35
Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para densidad y número de espigas de <i>E. colona</i> en el lote "Pelicano"	35
Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza para rendimiento y número de espigas de arroz en el lote "Pelicano"	36
Cuadro 7. Efecto de cuatro tratamientos herbicidas sobre el rendimiento de arroz en el lote "Pelicano"	37
Cuadro 8. Efecto de distintos tratamientos químicos aplicados el ciclo anterior sobre la densidad de <i>E. colona</i> en el próximo ciclo de cultivo (lote Bejuco)	39
Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza para densidad de <i>E. colona</i> en el lote "Bejuco"	40
Cuadro 10. Densidad de <i>E. colona</i> en relación con las actividades desarrolladas en las parcelas sin y con glifosato en el lote "Bejuco"	41
Cuadro 11. Efecto de tres tratamientos sobre la emergencia de <i>E. colona</i> en las parcelas de observación del lote "Bejuco"	42
Cuadro 12. Efecto de tres tratamientos sobre la emergencia de <i>E. colona</i> en las parcelas de observación del lote "Pelicano"	42

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Modelo usado para la separación de la semilla de <i>E. colona</i> recuperada del suelo, en los componentes de persistencia ($P_{ex} + P_{end}$) y no persistencia ($D_g + D_n$)	21
Figura 2. Porcentaje promedio de semillas de <i>E. colona</i> con latencia forzada (P_{ex}) y con latencia inducida + innata (P_{end}) a diferentes tiempos y profundidades	28
Figura 3. Porcentaje promedio de semillas de <i>E. colona</i> germinadas <i>in situ</i> (D_g) y semillas no viables (D_n) a diferentes tiempos y profundidades	28
Figura 4. Precipitación registrada en la estación meteorológica Palo Seco, Parrita de diciembre de 1994 hasta setiembre de 1994	31
Figura 5. Cantidad de lluvia registrada en la estación meteorológica La Palma, Parrita, durante el mes de mayo de 1995	38

INTRODUCCION

Convencionalmete, los productores agrícolas más tecnificados controlan las malezas con herbicidas, los cuales constituyen una herramienta muy útil por su eficacia y su bajo costo relativo. Sin embargo, el uso continuo de estos productos, el inadecuado manejo que muchas veces reciben y los sistemas de producción de monocultivo, han provocado importantes modificaciones en los agroecosistemas que incluyen no sólo cambios en la composición florística, sino además la evolución de resistencia en algunas poblaciones de malezas.

Una de las especies en que se han encontrado poblaciones resistentes es *Echinochloa colona* (L.) Link, considerada la principal maleza en el cultivo del arroz, y que ha evolucionado resistencia al herbicida propanil en Costa Rica (Garro *et al.* 1991), Colombia (Fischer *et al.*, 1993), y en otros países de la región centroamericana (Garita *et al.*, 1995), puesto que este producto químico se usado por más de veinte años.

El aumento creciente en la distribución y en el número de especies resistentes a uno o más herbicidas, ha creado la necesidad de evaluar diversos métodos para manejar el problema. En el caso particular del arroz, en el que se usa intensivamente el propanil, es muy importante diseñar tácticas para el manejo de malezas resistentes a herbicidas, puesto que el daño ambiental es creciente y este grano es un alimento básico en los pueblos de la región centroamericana. De acuerdo con Cordero (1993), en Costa Rica hay un consumo per cápita de 46 kg anuales de arroz oro, y además constituye un renglón de significativa importancia dentro del sector agrícola.

Así, las investigaciones dirigidas al manejo de *E. colona*, beneficiarían a un gran número de productores en la región, al generar tecnologías que podrían ejecutarse con el fin de reducir el impacto ambiental que causa el uso de herbicidas como única opción en el control de malezas, y que además les permita a los productores continuar el cultivo de manera rentable.

La investigación desarrollada contempló los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar el impacto de diferentes prácticas de manejo integrado, sobre las poblaciones de *E. colona* en el arroz de secano, y estudiar la longevidad de su semilla en el suelo.

Objetivos específicos

- Evaluar diferentes tácticas de control con el fin de determinar el más adecuado en términos técnicos para el manejo de *E. colona*.
- Cuantificar la emergencia de plántulas de esta maleza durante el ciclo del cultivo, como medida de su potencial de establecimiento.
- Evaluar el efecto de la profundidad y tiempo de enterrado de la semilla de *E. colona*, sobre su viabilidad y persistencia.
- Detectar cuál es el principal proceso regulador de *E. colona* en la etapa pasiva del ciclo de vida (procesos que ocurren por debajo del suelo), y cómo podría utilizarse en programas de manejo de la maleza.

HIPOTESIS

Las semillas de *E. colona* tienen una larga longevidad, por lo que las invasiones al cultivo provienen principalmente de las semillas que están en el suelo y que son traídas a la superficie durante la preparación del suelo. Por esto, las prácticas tradicionales en las que se efectúan aplicaciones intensivas de propanil no son exitosas, y a la vez han inducido la evolución de resistencia.

REVISION DE LITERATURA

El cultivo de arroz en Costa Rica

El arroz se produce en una gama de patrones geomorfológicos. En Costa Rica, se siembra tanto en la modalidad de riego como de secano, principalmente en las planicies aluviales del litoral Pacífico, en suelos regados por los ríos Tempisque, Parrita, Grande de Térraba y Coto (Cordero, 1993).

En nuestro país se distinguen tres zonas arroceras principales; el Pacífico Norte con un área de siembra 18705 ha y un promedio de rendimiento de arroz en cáscara de 4.2 Tm (la única zona con áreas extensas de arroz anegado), el Pacífico Central con 9657 ha sembradas y 4.28 Tm/ha de rendimiento promedio, y el Pacífico Sur, que produjo en 1989 un promedio de 4.06 Tm/ha en 10459 ha. Existen otras zonas adicionales que en ese año produjeron en promedio 3.44 Tm/ha en 4622 ha (Cordero, 1993).

Las áreas de siembra se han reducido desde 1981 cuando se sembraron 73000 ha, a 46000 en 1993 (FAO, 1994), mientras que la productividad se mantuvo relativamente estable con un promedio de 4.12 Tm/ha en 1989 (Cordero, 1993) y 3.7 Tm/ha en 1993 (FAO, 1994).

Sistemas de cultivo

A pesar de que el arroz es un cultivo tradicional en Costa Rica, la modalidad de siembra predominante es la de secano, a diferencia del sistema bajo riego que es el prevaleciente en el mundo y el más adecuado para esta planta adaptada a condiciones anegadas.

El arroz de secano se cultiva en tierras con una ligera pendiente y niveladas, pero es más común el cultivo en tierras planas que se preparan en condiciones secas y cuya humedad proviene de la precipitación. Por su parte, el arroz bajo riego se cultiva en Costa Rica desde hace aproximadamente 30 años, pero la superficie en esta modalidad representa un porcentaje muy bajo del área cultivada en el país (Cordero, 1993).

El manejo del cultivo es más complejo en el arroz anegado que en el de secano, ya que existen distintos modelos de riego de acuerdo con la frecuencia de aplicación y la permanencia del agua sobre el suelo (Cordero, 1993). En cada modalidad de siembra

hay diferencias tanto en la preparación del terreno, como en el tipo de manejo de los problemas fitosanitarios y las malezas, los cuales varían dependiendo de cada condición.

Malezas del arroz y su combate

En el arroz, las malezas causan daños directos por interferencia, como sucede con el coyolillo (*Cyperus rotundus*) y el arrocillo (*E. colona*), e indirecto por contaminación de la cosecha, como ocurre con *Rottboellia cochinchinesis* y con el arroz rojo (*Oryza sativa*) (Soto y Agüero, 1992). El primer tipo de daño sucede durante la fase del crecimiento, pero también puede ocurrir durante la fase reproductiva, mientras que el segundo ocurre cuando el cultivo "se ensucia", y al momento de la cosecha las semillas de las malezas contaminan el grano.

Las malezas más nocivas presentes en el arroz, pertenecen a las familias Poaceae, Ciperaceae, Onagraceae y Commelinaceae (Ocampo, 1985). Algunas especies predominan en el arroz de secano, otras en el anegado y algunas están presentes en ambos sistemas de cultivo. Soto y Agüero (1992), destacan las principales malezas que invaden el arroz: *Amaranthus* spp., *Commelina diffusa*, *Physalis angulata*, *C. rotundus* y *R. cochinchinesis*, en el arroz de secano y *Pystia stratiotes*, *Eichornia crassipes*, *Eliocharis* spp. y *Typha angustifolia*, en el anegado. En ambos sistemas están presentes *E. colona*, *O. sativa*, *Ischaemun rugosum*, *Eclipta alba* y *Polygonum* spp, entre otras.

De acuerdo con el estudio realizado por Ocampo (1985) en los cantones de Parrita y Aguirre, las tres malezas más frecuentes en el arroz, correspondieron a *C. rotundus*, *E. colona* y *Murdania nudiflora*.

Tradicionalmente, el combate de malezas en este cultivo se efectúa con productos químicos. Soto y Agüero (1992), describen en detalle las prácticas de manejo más utilizadas, e indican que el control químico es la más empleada en el país y requiere de una preparación previa del suelo. La preparación del suelo se usa como un factor que estimula la germinación de las malezas, y las labranzas sucesivas destruyen varias generaciones, reduciendo el banco de semillas.

En Costa Rica recién se han comenzado a usar las prácticas de mínima labranza y el fanguero, que pretenden reducir las condiciones que estimulan la germinación (Soto y Agüero, 1992).

Los principales herbicidas utilizados para el combate de malezas de hoja ancha y ciperáceas, incluyen los conocidos como hormonales que son aplicados entre el inicio del macollamiento y el encañado completo. Los más usados son el 2,4-D, fenobit (Fenotiol), mezcla de 2,4-D+MCPA (Fenoxal especial), triclopir (Garlon) y bentazon (Basagran). Para el control de gramíneas se usa principalmente el propanil, en virtud de la tolerancia que muestra el arroz a este producto. Con frecuencia el propanil es mezclado con otros antigramíneos residuales como tiobencarbo (Bolero), butaclor (Machete) y pendimetalina (Prowl) (Soto y Agüero, 1992).

El propanil es un herbicida de la familia de las acetanilidas, de contacto, utilizado en arroz para el combate de gramíneas y otras malezas en posemergencia temprana (Soto y Valverde, 1991). Desde su introducción al mercado arrocero en los setenta, el uso del propanil creció rápidamente al incrementarse sustancialmente la producción, dada la recuperación de áreas con altas poblaciones de *E. colona*, pero esto resultó en una dependencia casi total del herbicida para la producción arrocera en el mundo (Garro, 1990). En Arkansas el propanil se usó por primera vez en 1962, y desde entonces se ha utilizado hasta dos veces por año, en el cultivo del arroz (Carey III *et al.*, 1995).

De acuerdo con Soto y Agüero (1992), estudios recientes han demostrado la eficacia de tres herbicidas antigramíneos. Estos incluyen el fluazifop-butilo (Fusilade), fenoxaprop etilo (Furore) y el haloxifop-metilo (Galant).

Importancia de *E. colona* en el cultivo del arroz

E. colona es una gramínea anual considerada como la principal maleza del arroz en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Michael, 1983; Yabuno, 1983). Es originaria de la India y fue introducida en América Tropical, Australia y Polinesia (Ramakrishnan, 1960).

Al ser una planta anual, crece rápidamente durante la estación lluviosa o aún cuando hay suficiente humedad en el suelo, pero muere durante la estación seca. En la mayoría de los cultivos que afecta, tiene la capacidad de germinar en cualquier momento durante la

estación de crecimiento, y es por esto que a menudo las primeras plántulas aparecen antes de que se siembre el cultivo (Holm *et al.*, 1977).

Esta planta es la principal competidora del arroz (Krishnamurthy *et al.*, 1989) y, si el cultivo es mal manejado, puede llegar a destruirlo. Sin embargo, Yabuno (1983) indica que, bajo condiciones de inundación de 10 cm, las plántulas de *E. colona* cesan de crecer y mueren.

Siriwardana y Zimdahl (1984), encontraron que la especie congénere *E. crus-galli* tuvo mayor habilidad competitiva que *A. retroflexus*, con base en la capacidad para germinar a diferentes profundidades y contenidos de humedad del suelo. Por su parte, Smith (1968), demostró que diversas malezas, incluida *E. crus-galli*, redujeron significativamente la producción de arroz en Arkansas. La producción de arroz decreció conforme incrementó la densidad de *E. crus-galli* durante las etapas iniciales del ciclo de cultivo.

Stauber *et al.* (1991), encontraron que *E. crus-galli* redujo la producción de grano de arroz de dos cultivares, cuando alcanzó densidades de 40 plantas/m² o más. La reducción fue diferente según el espaciamiento entre las plantas de arroz y los grupos de la maleza.

En estudios comparativos de cuatro especies de *Echinochloa*, incluida *E. colona*, en relación con el arroz, Krishnamurthy *et al.* (1989) encontraron altas tasas de crecimiento y de intercepción lumínica en las cuatro especies, con respecto a dos cultivares de arroz. Adicionalmente, las especies de *Echinochloa* tuvieron un bajo punto de compensación de CO₂ y una alta resistencia estomática, lo cual les ayuda a competir más efectivamente con el arroz que es una planta C3.

Además de la alta capacidad para competir, la adaptabilidad diferencial de las poblaciones en las distintas regiones del mundo, ha inducido la formación de ecotipos, lo cual está relacionado principalmente con el grado de humedad del sustrato (Ramakrishnan, 1960). Michael (1983), indica que las diferentes formas de *E. colona* varían en hábitat, longitud de la inflorescencia y tamaño de la espiga. Observaciones similares son expuestas por Ramakrishnan (1960). Fischer *et al.* (1993), indican que hay una considerable variabilidad en el crecimiento y la morfología entre diferentes

poblaciones. Es de esperarse entonces que en los cultivos de arroz de nuestras regiones, estén presentes varios ecotipos de la maleza.

Barret (1983) indica que distintas fuerzas impuestas por prácticas agrícolas han resultado en la evolución de agroecotipos de malezas y que algunos de estos están íntimamente asociados con un cultivo específico, desarrollándose un sistema de mimetismo en el cual la maleza asemeja al cultivo durante un estado específico de su ciclo de vida. El autor demuestra la existencia de mimetismo entre plántulas de *E. crus-galli* var *oryzicola* y cultivares de arroz a pesar de que ambas plantas pertenecen a diferentes tribus de gramíneas.

Resistencia de *E. colona* al propanil

El propanil es un herbicida tradicionalmente utilizado a nivel mundial para controlar gramíneas anuales, principalmente las del género *Echinochloa*. Las dosis comerciales oscilan entre 1.8 a 4.0 kg de i.a./ha, con un adecuado control a las poblaciones de la maleza (Fischer *et al.*, 1993). Sin embargo, su uso continuado a lo largo de varias décadas de cultivo, ha generado una eficacia errática del producto (Giannapolitis y Vassiliou, 1989).

En América Latina, la resistencia de *E. colona* al propanil fue confirmada originalmente en Costa Rica (Garro *et al.*, 1991) y luego en Colombia (Fischer *et al.*, 1993). Por su parte, Giannapolitis y Vassiliou (1989) y Smith *et al.* (1992) informan de la resistencia de *E. crus-galli* al propanil en Grecia y Arkansas, respectivamente. Adicionalmente, en un estudio reciente, Carey *et al.* (1995), encontraron poblaciones de *E. crus-galli* resistentes al propanil en Louisiana, Mississippi y Texas.

Fischer *et al.* (1993), indican que al igual que en muchas áreas del trópico, el arroz en Colombia se siembra frecuentemente dos veces por año, lo cual resulta en un uso intensivo del propanil. Diversas investigaciones demuestran que el uso continuo de un sólo agente de control es a menudo una característica común en la evolución de resistencia, lo cual es discutido ampliamente por Saari *et al.* (1990) y Rubin (1991).

En Costa Rica, el propanil se ha utilizado para controlar *E. colona*, durante más de 20 años, en 1990 se importaron unos 275000 kg de propanil¹.

En un estudio efectuado con siete poblaciones de *E. colona*, procedentes de campos de arroz de la zona del Pacífico Central de Costa Rica, se encontró que seis de ellas presentaron una RC_{50} (dosis requerida para reducir el crecimiento en un 50%), significativamente mayor que la población testigo (San Antonio de Belén), la cual nunca había sido tratada con propanil. Dos poblaciones provenientes de Parrita, una con un historial de 15 años de uso de propanil dos veces por año, y otra con 15 años de recibir propanil una vez por año, resultaron ocho veces más resistentes que la población testigo (Garro *et al.*, 1991).

Garita *et al.* (1995), muestrearon las principales áreas arroceras de América Central para comprobar la existencia de resistencia de *E. colona* al propanil, encontrando una amplia variabilidad de respuestas entre las poblaciones evaluadas. Algunas de estas poblaciones fueron 70 veces más resistentes que la población testigo (susceptible), dependiendo de las condiciones locales de crecimiento y de la presión de selección.

El mecanismo de resistencia a propanil en *E. colona* está relacionado con la hidrolización del herbicida a 3,4-dicloroanilina, debido al incremento en la actividad enzimática de la aril acilamidasa a niveles comparables a los de esta enzima en el arroz, según lo demostraron Leah *et al.* (1994) y Guevara *et al.* (1994). Leah *et al.* (1994) encontraron que la actividad específica de la aril acilamidasa del arroz (cv. CR5272) y de un biotipo resistente de *E. colona* fue casi tres veces superior a la del biotipo susceptible de referencia.

Leah *et al.* (1995), indican que en *E. colona*, el metabolismo del propanil es importante para conferir resistencia en plantas jóvenes (4 a 6 hojas) y sugieren que la absorción limitada contribuye a la resistencia en plantas más viejas, puesto que la actividad de la arilacilamidasa declina cerca de un 50% del máximo en estas plantas, sin que haya una reducción sustancial en el nivel de resistencia.

¹ Según datos de la Cámara de Insumos Agropecuarios, San José, Costa Rica

Carey *et al.* (1995) demostraron que la resistencia al propanil en *E. crus-galli* no es debida a diferencias en la absorción y transporte del herbicida entre un biotipo susceptible y otro resistente, ni a la modificación del sitio de acción del herbicida.

Manejo de la resistencia

Ante la complejidad en el manejo de las malezas, las cuales se estima que pueden causar potencialmente pérdidas en el arroz entre el 30 y el 73% (Rojas y De la Cruz, 1973), diversos investigadores han efectuado estudios enfocados a buscar opciones nuevas y eficaces.

Con la aparición de malezas resistentes a herbicidas, muchas de las nuevas opciones están enfocadas a manejar este problema. La literatura es amplia en exponer con detalle algunas de estas nuevas prácticas.

La mayoría de investigadores coinciden en que los programas de manejo de la resistencia deben incluir las siguientes tácticas: uso de mezclas de herbicidas, uso de herbicidas alternativos y sinergistas y uso de productos poco persistentes, complementados con prácticas agronómicas que contemplen rotación de cultivos, uso de umbrales de acción, preparación adecuada del terreno y conservación de malezas susceptibles (Thill *et al.*, 1991; Gressel, 1991; Rubin, 1991). Ejemplos en los que se han utilizado algunas de estas tácticas, se resumen a continuación.

El uso de mezclas de herbicidas se menciona principalmente como una herramienta preventiva en la aparición de resistencia. Wrubel y Gressel (1994) y Gressel y Baltazar (1995) detallan las características que deben reunir las mezclas para que sean eficaces en prevenir la resistencia. Ambos herbicidas deben controlar el mismo espectro de malezas, presentar la misma persistencia, tener diferente sitio de acción, y ser degradados en una manera diferente. El herbicida acompañante preferiblemente debe ejercer resistencia cruzada negativa.

Kimura *et al.* (1975), demostraron que la actividad herbicida sobre *E. crus-galli* fue incrementada por la combinación de bentiocarbo con propanil, mientras que Street y Snipes (1989) en experimentos de campo desarrollados entre 1983 y 1985, encontraron que tridifano en dosis de 0.6 kg/ha en mezcla con propanil (2.2 a 3.4 kg/ha), mejoró el

control de *E. cruss-galli*, comparado con la aplicación de propanil solo, en dosis de 3.4 kg/ha.

Imeokparia (1990), en un estudio de campo de 2 años en Nigeria, encontró que la mezcla formulada de piperofos + propanil en dosis de 1.45 y 2.4 kg/ha, respectivamente, controló las malezas gramíneas e incrementó la producción hasta en un 62%. Por su parte, Hawton (1992) encontró innecesaria la adición de 2,4,5-T al propanil, para controlar adecuadamente *E. colona*.

Baltazar y Smith (1994) determinaron, en Arkansas, que los tratamientos que consistentemente controlaron *E. cruss-galli* resistente a propanil, incluyeron mezclas de tanque de propanil con pendimetalina o quinclorac, aplicados en postemergencia a la maleza en estado de dos hojas. Resultados similares se obtuvieron cuando se aplicó quinclorac solo en pre o postemergencia, y cuando se aplicó en postemergencia mezclado con tiobencarbo, pendimetalina o una mezcla formulada de propanil y molinato.

Por su parte, Garro *et al.* (1991) sugieren que rotaciones de pendimetalina con propanil, podrían ser usadas como estrategia en el manejo de la resistencia, como ha sido recomendado para otros herbicidas (Rubin, 1994). Crawford y Jordan (1995), encontraron que la aplicación de herbicidas residuales (molinato y tiobencarbo) con propanil, mejoró el control de *E. crus-galli*, incrementó la producción de arroz y el retorno económico en la mayoría de los experimentos evaluados. Fischer y Ramírez (1993) sugieren que las altas densidades de siembra de arroz utilizadas por muchos agricultores en Colombia, no justifican en términos económicos, el uso de herbicidas después de los 30 días de la siembra.

Rubin (1994) indica que es urgente identificar métodos factibles para mejorar el combate de las malezas resistentes a herbicidas, ya que la resistencia atenta contra la utilidad de estos productos y es una amenaza contra el ambiente. De allí que es indispensable, según lo apunta Yabuno (1983), el conocimiento básico de la clasificación, morfología, fisiología y ecología de una maleza específica, para desarrollar métodos de control que resulten factibles.

Radosevich y Holt (1984) indican que el control de malezas se ha enfocado típicamente al tratamiento de los síntomas, o sea a la presencia de las malezas, en vez de la observación de la dinámica de las comunidades de malezas-cultivos, y para lograrlo es

esencial determinar las funciones básicas del cultivo y las malezas, especialmente en relación con la germinación y el crecimiento. Es aquí donde el estudio del banco de semillas juega un papel determinante.

El banco de semillas en el suelo

El banco de semillas se refiere al reservorio de estructuras reproductivas sexuales o vegetativas en el suelo, que le permite a las malezas dispersarse en el tiempo, ya que se encuentran semillas en estado de latencia diferencial que germinarán en forma escalonada.

Harper (1977) indica que en este banco se pueden hacer depósitos y retiros. Los depósitos ocurren por producción e inmigración de semillas, mientras que los retiros ocurren por germinación, senescencia, muerte y depredación. El reservorio de semillas resulta de la distribución vertical de las semillas a través del perfil del suelo, con mayor abundancia en las capas superficiales (Radosevich y Holt, 1984).

De acuerdo con Egley (1986), las semillas no latentes y aquellas que germinan en un período máximo de un año, constituyen la porción no persistente del banco, mientras que las que permanecen en latencia por un período mayor de un año, se consideran la porción persistente. Schafer y Chilcote (1969) indican que el segmento persistente puede ser descrito por parámetros de latencia bajo regulación exógena y endógena, mientras que la germinación *in situ* y la pérdida de viabilidad describen el segmento no persistente.

Tipos de latencia de las semillas

Las propiedades del banco están íntimamente ligadas a la naturaleza biológica de las semillas (Merino, 1991). Las semillas de ciertas especies de malezas pueden permanecer latentes en el suelo por 20 años o más. Una semilla se considera latente si no puede germinar bajo condiciones adecuadas para el crecimiento de plántulas (Egley, 1986).

Radosevich y Holt (1984), indican que actualmente prevalecen dos criterios sobre la latencia de las semillas, uno referido a las consecuencias ecológicas o demográficas de la latencia (latencia estacional y oportunista), y la otra referida a los mecanismos

■ Latencia innata (primaria). Se refiere a la latencia presente al momento en que el embrión deja de crecer y cuando aún está adherido a la planta madre. Baskin y Baskin (1985) indican que las semillas con este tipo de latencia no germinarán bajo condiciones normales de ambiente, mientras que las no latentes lo harán a través del ámbito de condiciones posibles para la especie.

■ Latencia forzada (quiescencia). Se refiere a la imposibilidad de germinar debido a condiciones ambientales desfavorables. El término es muy usado para referirse a semillas que permanecen enterradas en el suelo y que sólo germinan cuando, por efecto de laboreo, son traídas a la superficie.

■ Latencia inducida (secundaria). Se refiere a la incapacidad de una semilla para germinar aún después de remover las condiciones desfavorables para su germinación. Esta persistencia de la latencia por algún tiempo después de haberse removido del medio que la indujo, es lo que la diferencia de la latencia forzada.

La latencia conserva las semillas viables por algún tiempo o muchos años, mientras encuentran un ambiente propicio para su germinación. De acuerdo con Radosevich y Holt (1984), esto constituye una estrategia de las especies para distribuirse en el tiempo.

García-Torres y Fernández-Quintanilla (1991), indican que las semillas latentes tienen su germinación bloqueada debido a impedimentos de tipo químico, como la presencia de inhibidores de la germinación en el embrión, o inhibidores en el tegumento seminal. Los impedimentos también pueden ser de tipo físico, e incluyen tegumentos impermeables al agua y a los gases; ontogénicos por inmadurez del embrión y ambientales, como una humedad y una temperatura desfavorables.

Longevidad de las semillas

Las especies varían considerablemente con respecto a la longevidad de sus semillas (Radosevich y Holt, 1984). Por lo tanto, el conocimiento de la longevidad, es un elemento indispensable para la estimación del riesgo de infestación en parcelas agrícolas (Barralis *et al.*, 1988).

La longevidad puede ser corta para algunas especies, especialmente gramíneas, o larga en otras. Estudios arqueológicos demuestran que algunas semillas pueden permanecer viables por períodos de hasta 1700 años, como es el caso de *Chenopodium album* (Radosevich y Holt, 1984).

Radosevich y Holt (1984) indican que debido a la larga viabilidad de las semillas de muchas malezas, si un campo está infestado con ellas, existe una reocupación potencial en el tiempo. Así, en un sitio disturbado, la invasión temprana de malezas obedece a la germinación de las semillas previamente depositadas en el banco, y aún con pocas plantas que logren establecerse desde este reservorio, ocurriría una gran infestación en pocas generaciones.

Diversas condiciones influyen en la longevidad. En general, la longevidad se favorece con incrementos en la profundidad en el perfil del suelo y con suelos ácidos y fangosos, mientras que el laboreo favorece la germinación, debido a la aireación del suelo o la exposición de la semilla a la luz. Las altas temperaturas del suelo también favorecen la germinación y reducen la viabilidad de las semillas (Egley y Chandler, 1978).

Consecuentemente, los problemas de malezas en un campo de cultivo, existirán tanto tiempo como la viabilidad de la semilla lo permita. De ahí la necesidad de obtener información acerca de su longevidad en el suelo (Egley y Chandler, 1983).

Para estudiar la demografía de una especie de maleza, su ciclo de vida se puede dividir en dos fracciones; una activa que incluye a las plantas que crecen en la superficie del suelo, y otra pasiva referida a los procesos dinámicos que suceden en el banco de semillas (Fernández-Quintanilla, 1988).

La longevidad de semillas de malezas se ha tratado de determinar mediante diferentes metodologías que incluyen estudios de enterrado de semillas, recuperación de semillas de áreas que no han sido disturbadas durante largos períodos y algunas combinaciones de éstas técnicas (Egley y Chandler, 1983).

Según Egley y Chandler (1978), los primeros estudios de longevidad de semillas en suelos no disturbados, fueron realizados en 1879 por Beal en Michigan y por Duvel en 1902, en Virginia. De los estudios de Beal, se pudo demostrar que semillas de *Verbascum blattaria* permanecieron viables después de 90 años, mientras que Duvel

encontró que de las 107 especies incluidas en sus análisis, 36 continuaban viables 39 años después de iniciada la investigación.

Por su parte, Fernández-Quintanilla (1988), en un estudio de la dinámica de *Avena sterilis*, encontró que las tasas de germinación y muerte de las semillas fueron muy similares a profundidades de 0 a 30 cm, pero que la tasa de emergencia dependió fuertemente de la profundidad de enterrado, variando de 74% en las semillas colocadas en la superficie, hasta 13% en aquellas localizadas en las capas más profundas.

En estudios similares previstos para durar 50 años, Egley y Chandler (1978), 2.5 años después de iniciado el experimento, encontraron que hubo poco efecto de la profundidad de enterrado sobre la longevidad de las semillas de algunas especies como *Sorghum halepense* con 71% y *Abutilon theophrasti* con 58%, pero otras como *Anoda cristata* y *Sesbania exaltata*, no pudieron germinar o germinaron muy poco, como el caso de *E. crus-galli*, con sólo un 1% de germinación.

Cinco años y medio después, estos mismos autores encontraron que, en algunos pocos casos, la profundidad de enterrado tuvo efecto sobre la longevidad y cuando esto ocurrió, las semillas colocadas más superficialmente fueron las menos viables. Además, se observó una reducción general en su viabilidad.

Recientemente en Costa Rica, Rojas *et al.* (1994), en un estudio con *R. cochinchinensis*, encontraron que después de 18 meses, el 57% de la semilla sobre la superficie del suelo perdió su viabilidad. Por otra parte, la mayor germinación se obtuvo a 5 cm, mientras que el porcentaje más alto de la semilla en estado de latencia (10%), se encontró a los 20 cm.

Importancia de los estudios del banco de semillas

El manejo de malezas incluye la prevención y el control. De acuerdo con Fernández (1989), el manejo podría ser considerado como la modificación deliberada de los procesos demográficos comprometidos con la invasión, la expansión y la competencia de malezas con los cultivos.

Aldrich (1984), indica que la prevención incluye prácticas que reduzcan la emergencia de plántulas, la competencia y el número de propágulos producidos por plantas adultas.

Aldrich (1984), indica que la prevención incluye prácticas que reduzcan la emergencia de plántulas, la competencia y el número de propágulos producidos por plantas adultas.

Las prácticas de manejo de los cultivos inciden diferencialmente sobre la longevidad de las semillas de malezas que están en el banco. La labranza generalmente incorpora las semillas en el suelo (Merino, 1991), y quizás la mejor forma de manejar el problema de las malezas, es enterrar las semillas para mantener la latencia y esperar su muerte por depredación o senescencia (Radosevich y Holt, 1984).

Egley (1986), indica que la labranza del suelo generalmente promueve la germinación y la emergencia de las plántulas en el campo, debido al estímulo que produce el disturbio del suelo sobre las semillas al traerlas a la superficie, donde encontrarán condiciones favorables para su germinación.

Froud-Williams *et al.* (1983), encontraron que bajo condiciones de cero labranza, se favoreció el establecimiento de plántulas de gramíneas debido a que sus semillas, muchas de las cuales tienen requerimientos de luz para su germinación, permanecen sobre o cerca de la superficie.

De la información anterior puede deducirse que el conocimiento de la dinámica de las semillas en el banco, puede ser usado para desarrollar métodos de control más eficaces. Por ejemplo, la carencia de latencia innata en las semillas de una especie, permitirá proporcionar condiciones favorables para que la mayoría de las semillas puedan germinar (Gleichsner y Appleby, 1989).

Gleichsner y Appleby (1989) indican que en el caso de *Bromus rigidus*, la rotación de cultivos podría reducir efectivamente la densidad y prevenir el incremento de esta maleza en trigo de invierno, ya que podrían usarse cultivos tolerantes a herbicidas o laboreos que no tolera el trigo de invierno.

Estrategias de manejo similares podrían usarse en malezas con características demográficas semejantes a la descrita por Gleichsner y Appleby (1989). Egley (1986) indica que ciertas combinaciones de cultivo-herbicida pueden reducir el número de semillas viables.

La rotación de cultivos tiene mucho efecto sobre las poblaciones de malezas, lo cual podría usarse como un método parcial para su manejo (Harper, 1977).

El banco de semillas tiene un efecto amortiguador sobre la evolución de la resistencia, al aportar semillas susceptibles que diluyen la población de las resistentes. Así, el conocimiento de la longevidad de las semillas en el banco, será una información útil para formular estrategias de manejo de la resistencia (Gressel y Baltazar, 1995).

Cuando se diseñan estrategias de control de malezas, debe considerarse que la persistencia y la abundancia de las especies en la fase adulta está determinada por el tamaño del banco de semillas (Watson *et al.*, 1987), de allí la importancia de analizar el efecto que tienen las prácticas agronómicas que se efectúan en cada ciclo de cultivo, sobre la posterior emergencia de las malezas.

En un estudio efectuado en Ontario, Stephenson *et al.* (1990), analizaron la influencia de las prácticas agronómicas sobre la distribución de malezas resistentes a triazinas. Ellos encontraron que en el suroeste, donde predomina la rotación de cultivos, el menor uso de atrazina en los terrenos cultivados, y la cultivación entre surcos, hacen que las malezas resistentes a triazinas sean un problema menor comparado con el este, donde no se practica la rotación de cultivos, la mayoría de los campos son tratados con atrazina, y la cultivación es rara.

Evans y Young (1972), indican que la labranza no sólo influye en la dispersión de las semillas al incorporarlas en diferentes profundidades del suelo, sino que cambia la distribución y el tamaño, el número y el tipo de los agregados del suelo, modificando a su vez las características del micrositio donde están depositadas las semillas.

El efecto del laboreo sobre el reservorio de semillas en el suelo no siempre es el mismo. Por ejemplo Roberts y Dawkins (1967) encontraron una disminución más rápida de las semillas del banco, cuando se disturbó el suelo, que en suelo no disturbado, mientras que para *R. cochinchinesis*, las labranzas sólo aceleraron en un 10% la pérdida de semillas del banco (Bridgemohan *et al.*, 1991).

Watson *et al.* (1987), efectuaron un estudio sobre la dinámica del banco de semillas en biotipos de *Senecio vulgaris* susceptibles y resistentes a triazinas. Ellos encontraron que en el suelo disturbado, hubo mayor mortalidad de los aquenios del biotipo resistente, que

habían sido enterrados a 1 cm de profundidad, comparado con la mortalidad de los del susceptible a la misma profundidad. Sin embargo, en el suelo sin disturbar, no hubo diferencias en la mortalidad de los aquenios de ambos biotipos.

Los mismos autores, indican que la probabilidad de que las plántulas emerjan de profundidades mayores a 2 cm, es muy baja, y la destrucción de los aquenios del banco más allá de esta profundidad, es continua. Por lo tanto, el flujo de aquenios en la superficie del banco de semillas (0-2 cm), es de primordial importancia para la renovación de las poblaciones de plantas adultas de esta maleza.

Lueschen *et al.* (1993), estudiaron el efecto de las prácticas de cultivo sobre la longevidad de las semillas de *A. theophrasti* y concluyeron que es difícil erradicar esta maleza, pero que persistiendo un buen control (incluyendo labranza), es posible reducir el reservorio de semillas en 95% o más, en unos 8 años. Powles *et al.* (1992), por su parte, indican que *H. glaucum* resistente a paraquat, se puede erradicar si se evita la producción de semillas durante 3 años consecutivos, debido a la corta longevidad de las semillas de esta especie.

Miller y Nalewaja (1990) encontraron menor persistencia de semillas de *A. fatua* con cero labranza o aquellas prácticas que llevan la mayoría de semillas cerca de la superficie del suelo. De acuerdo con Froud-Williams *et al.* (1983), si no ingresan nuevas semillas al suelo, la práctica de cultivación podría reducir la población de aquellas enterradas, aunque inicialmente la población de plántulas podría ser mayor con esta práctica. Sin embargo, el ingreso no puede ser totalmente impedido y por lo tanto el problema de malezas puede continuar en sistemas de cultivación reducida.

De acuerdo con Roush *et al.* (1990), es necesario reevaluar y reorientar los programas tradicionales de manejo de malezas, por otros de manejo a largo plazo, basados en el entendimiento del sistema de cultivo, más que en soluciones a corto plazo basadas principalmente en el uso de herbicidas.

El creciente aumento en los casos de resistencia a herbicidas y sus graves consecuencias, constituyen otra razón para incrementar esfuerzos dirigidos al desarrollo de estos nuevos programas. El manejo integrado de malezas (MIM), se perfila como un componente fundamental en el desarrollo de las nuevas opciones de control.

método de reciente elaboración, y requiere de información detallada acerca de la demografía de malezas, incluyendo producción, dispersión y sobrevivencia de las semillas.

Thill *et al.* (1991), revisaron las publicaciones de las revistas *Weed Science* desde 1951, y *Weed Technology* desde 1987, para determinar si se ha estado desarrollando la información requerida para establecer programas de MIM en Estados Unidos. Ellos concluyeron que este concepto ha crecido en los últimos 25 años, aunque la mayoría de las investigaciones usualmente han incluido sólo un aspecto del MIM, y unos pocos también incluyen algunas medidas económicas. Los mismos autores analizan las dificultades y críticas relacionadas con esta estrategia, e indican que quizá lo más difícil de lograr es la incorporación de principios ecológicos y bioeconómicos en el uso de plaguicidas.

En Costa Rica, el manejo de *E. colona* se ha basado casi exclusivamente en el uso de propanil. Sin embargo, desde que se detectó el problema de resistencia en esta maleza, se han dirigido esfuerzos hacia el desarrollo de tácticas que permitan un manejo exitoso. Este estudio constituye parte de dicho esfuerzo.

METODOLOGIA

Experimento 1. Longevidad de la semilla de *E. colona* en el suelo

Se recolectó semilla madura de *Echinochloa colona* resistente a propanil ($RC_{50} = 8,0$ kg i.a./ha), en setiembre de 1994, en Esterillos, Parrita, Puntarenas. De acuerdo con la prueba de germinación y tetrazolio, el 89% de las semillas estaban viables.

Antes del entierro, se colocaron grupos de 100 semillas en bolsas (10*10 cm), de polipropileno de 140-105 mallas, permeables al agua². Las bolsas se enterraron en un suelo arcilloso con 2,5 % de materia orgánica en un campo dedicado al cultivo del arroz, en Montesierpe de Parrita.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas con cinco repeticiones. La parcela principal fue el tiempo de entierro (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 meses) y la subparcela, la profundidad de entierro (0, 5, 10, 15, y 20 cm). Cada bolsa se amarró a una estaca debidamente identificada y luego se enterraron a las profundidades correspondientes. Las bolsas colocadas en la superficie, se sujetaron con clavos metálicos para asegurar su contacto con el suelo.

Durante el período experimental, el terreno se mantuvo libre de malezas con la aplicación dirigida de glifosato y no se proveyó riego adicional. Durante la aplicación de herbicidas, las bolsas superficiales se cubrieron para evitar el contacto con el herbicida.

Las bolsas se exhumaron cada mes. Durante los 3 primeros meses del experimento (época seca), las bolsas se extrajeron y se dejaron secar al aire durante 24 hrs, antes de ser analizadas. Después de iniciado el período lluvioso, las bolsas se manipularon de igual forma, excepto que se lavaron con agua después de exhumarse.

A los 4,5 meses después de establecer el experimento (inicio de las lluvias), hubo considerable germinación en las bolsas superficiales, por lo que se retiraron del suelo, y se contaron y eliminaron las semillas que habían germinado hasta ese momento. Inmediatamente después, las bolsas se cerraron y se colocaron en el sitio correspondiente.

² Tetko Inc., Elmsford, N.Y.

Para el análisis de la semilla recolectada, se utilizó el modelo de Schafer y Chilcote (1969). El modelo es el siguiente (Figura 1): $S = P_{ex} + P_{end} + D_g + D_n$, donde; S= total de semilla enterrada; P= porción persistente ($P_{ex} + P_{end}$); P_{ex} = semilla con latencia forzada; P_{end} = semilla con latencia innata o inducida; D= porción no persistente ($D_g + D_n$); D_g = semilla germinada *in situ*; D_n = semilla no viable.

La población persistente se determinó mediante una prueba de germinación en platos petri con papel filtro humedecido con agua, bajo un fotoperíodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad y 30 °C. La semilla que germinó fue la que poseía latencia forzada (P_{ex}), la que no germinó después de 6 días en la cámara, se le hizo una prueba de tetrazolio (0.5% p/v) para determinar si las semillas estaban viables y por tanto se encontraban con latencia innata o inducida (P_{end}).

Para la prueba de tetrazolio, las semillas disecadas longitudinalmente para exponer el embrión, se colocaron en celdas individuales, se les agregó el tetrazolio (0.5% p/v) y se incubaron en una cámara de germinación a 30 °C, durante 14 horas antes de cuantificar la tinción. Por el tamaño de las semillas, no se pudieron establecer patrones de tinción, de manera que se consideró como viables, aquellas semillas con una tinción de rosada intensa a rojo.

La porción no persistente se separó en semilla que germinó *in situ* (D_g), y semilla que perdió su viabilidad antes de la germinación (D_n), determinándose mediante la prueba de tetrazolio. En este grupo también se incluyeron a aquellas semillas que resultaron podridas o descompuestas, antes de llevarlas a la cámara de germinación.

La separación de semillas perdidas (diferencia entre el número de semillas enterradas y las recuperadas), entre germinación *in situ* (D_g) y podridas no viables (D_n), resultó difícil puesto que tanto las semillas germinadas como muertas, estuvieron sujetas a degradación por microorganismos del suelo. Este problema fue importante a partir del segundo mes y principalmente en las profundidades de 0 y 5 cm.

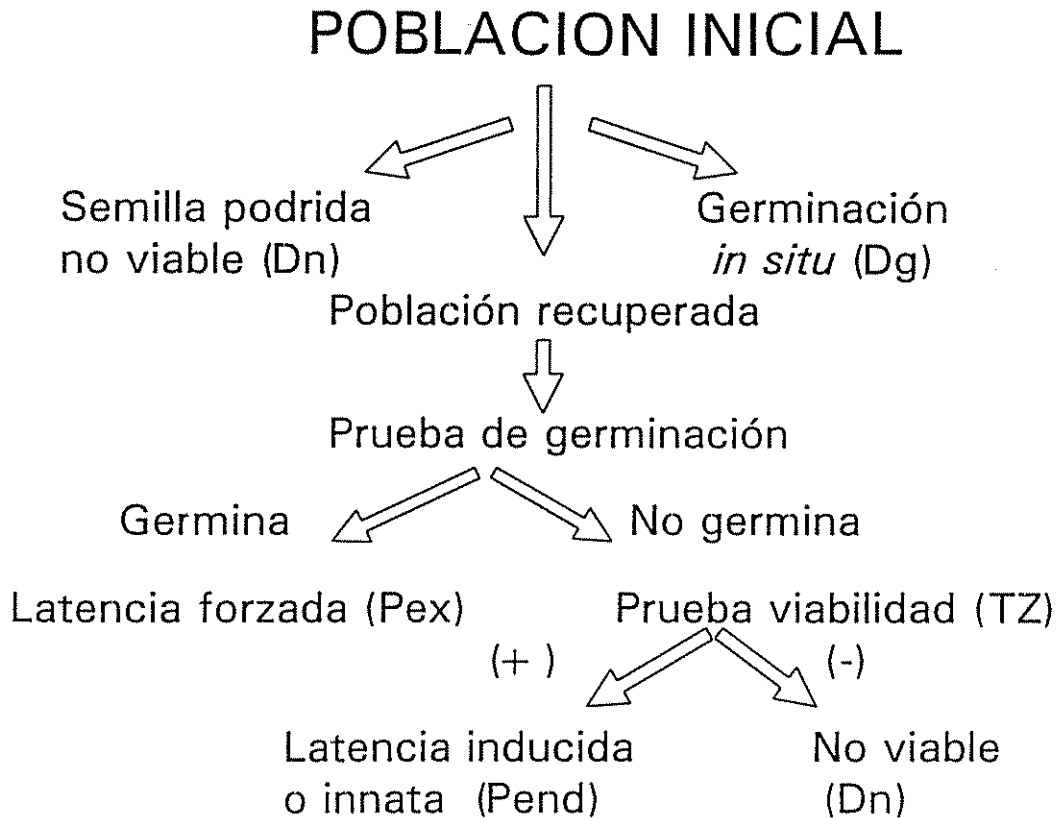


Figura 1. Modelo usado para la separación de la semilla de *E. colona* recuperada del suelo, en los componentes de persistencia ($P_{ex} + P_{end}$) y no persistencia ($D_g + D_n$). Tomado de Gleichsner y Appleby (1989).

Experimento 2. Integración de métodos de control de *E. colona*

Procedimiento general

Se realizaron dos experimentos de campo. El primero (primer año) se ubicó en Esterillos, Parrita, y se denominó lote "Pelicano". Se utilizó el arreglo de parcelas subsubdivididas en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela grande tuvo dimensiones de 16*6 m. (96 m²), la subparcela 8*6m. (48 m²), y la parcela más pequeña fue de 24 m², con dimensiones de 4*6 m. Los tratamientos evaluados correspondieron a tácticas que han sido utilizadas por algunos agricultores de la zona, e incluyeron los siguientes:

■ Incorporación del rastrojo en la parcela grande. Antes de la siembra se incorporó el rastrojo de la cosecha anterior en la mitad de las parcelas (16), utilizando una rastra. El lote se rastreó en tres ocasiones, febrero, marzo y mayo de 1995. En la última rastreada se afinó el suelo, justo antes de la siembra, para favorecer el establecimiento del cultivo.

■ Aplicación del herbicida glifosato (Roundup) a razón de 1,08 kg e.a./ha. en la mitad de las subparcelas (16). La aplicación de este herbicida se hizo con el fin de eliminar la nacencia de *Echinochloa* antes de sembrar el arroz, retrasándose la siembra (segunda siembra), por un período de 30 días.

■ Manejo dentro del cultivo: este tratamiento incluyó dos programas de manejo a nivel de todas las sub subparcelas, un total de 32.

a. Manejo convencional: se hicieron dos aplicaciones de propanil (Stam M-4 AC), a razón de 3,84 kg/ha cada una, a los 13 días después de la siembra (dds), cuando la *E. colona* tenía 2 y 3 hojas, y a los 25 dds. También se hizo una aplicación de 45 g e.a./ha de fenoxaprop-p-etilo (Furore I), a los 35 dds.

b. Manejo no convencional: se aplicó 0,75 kg/ha de pendimetalina (Prowl 500) en postemergencia temprana (6 dds) seguido de una aplicación postemergente de fenoxaprop-p-etilo a los 35 dds, únicamente en las parcelas que no recibieron glifosato.

Un segundo experimento (segundo año), idéntico al anterior, correspondió al segundo año de manejo de *E. colona*. Este experimento fue establecido en 1993-1994 también en Esterillos, Parrita (Valverde *et al.*, 1995), y se denominó lote "Bejuco".

El 8 de mayo de 1995 se sembró el arroz cv CR5272 en las subparcelas que no recibieron glifosato en ambos experimentos. En cada una se sembró al voleo el equivalente a 285 Kg de arroz/ha.

La fertilización incluyó la aplicación de 10-30-10 a razón de 250 Kg/ha al momento de la siembra, y de 100 Kg de nitrógeno/ha (sulfato de amonio y urea), fraccionados en cinco aplicaciones. Las aplicaciones correspondieron al inicio del macollamiento, el desarrollo activo de los hijos (2 aplicaciones), el inicio de la panícula y en el panzoneo. Las malezas de hoja ancha y las ciperáceas se controlaron con la mezcla formulada de 2,4-D + ioxinil (Actril D), aplicado 46 dds a razón de 600 g de e.a. y 100 g de i.a./ha

respectivamente. Para el control de los chinches se aplicó 0,5 l/ha del insecticida piretroide lambda-cihalotrina (Karate 8,33%) al iniciarse la emergencia de la espiga y 0,5 l/ha de metamidofos (formulado a 600 g/l), 6 días después, cuando el arroz estaba en estado lechoso. Todas las aplicaciones se hicieron utilizando un volumen de 200 l/ha.

La segunda siembra, correspondiente a las parcelas con aplicación de glifosato, se realizó el 5 de junio. Antes de la siembra se removió el suelo, luego se voleó la semilla (285 kg de arroz/ha), y se tapó utilizando un rotador a poca profundidad.

La fertilización en la segunda siembra fue idéntica a la anterior, aunque incluyó también una aplicación foliar de microelementos (multimicro fluid) en dosis de 2 l/ha, a los 75 dds. El control de malezas de hoja ancha y ciperáceas se realizó con una mezcla de Fenoxal especial (300 g de ácido 2,4-D + 180 g/l de MCPA) y metsulfuron metilo (Ally 60% DF) a razón de 0,5 l/ha y 8 g/ha de producto comercial, respectivamente, utilizando en todos los casos un volumen de aplicación de 200 l/ha. La mezcla fue aplicada principalmente para eliminar *Pycnus macrostachyus* que se hizo prevalente en las parcelas con pendimetalina.

Para el control de insectos, principalmente chinches, se aplicó 0,5 l/ha de clorpirifos (Lorsban 48% C.E.), mezclado con 0,5 kg/ha de mancozeb (Manzate 200 80PM), para controlar *Pyricularia oryzae*. La aplicación se realizó a los 75 dds y como en las anteriores ocasiones, el volumen de aplicación por hectárea fue de 200 l.

Las variables evaluadas en este experimento incluyeron las siguientes:

■ Densidad y número de espigas de *E. colona*. La densidad se evaluó antes de establecer los experimentos, antes y después de aplicar cada tratamiento químico (propanil o pendimetalina con y sin glifosato). El número de espigas se determinó en el área definida por un marco de 0,5 * 0,5 m el día de la cosecha.

■ Rendimiento del cultivo. Se midió el número de espigas de arroz en dos áreas muestrales de 0,4 * 0,4 m antes de la cosecha, y el rendimiento (kg de arroz en granza con 12% de humedad) de los 4 m² centrales de cada unidad experimental.

Experimento 3. Emergencia de plántulas de *E. colona*

Procedimiento general

Se establecieron dos experimentos en las mismas lotes donde se estudió la integración de métodos de control (lote Pelicano y lote Bejuco) . El propósito fue evaluar la emergencia y la densidad de plántulas de *E. colona* En los bordes de estos experimentos se marcaron 12 parcelas de 1 m² (la preparación del suelo fue igual que la anterior), utilizando un diseño completamente aleatorio. Los tratamientos incluyeron en cada sitio, 4 parcelas con arroz, 4 sin arroz con remoción del suelo y 4 sin arroz y sin remoción del suelo.

La evaluación comenzó a finales de mayo, y se continuó a lo largo del ciclo del cultivo con intervalos de 15 días. Cada vez que se hicieron conteos se eliminaron todas las plántulas emergidas y se disturbaron aquellas parcelas a las que les correspondía.

Análisis de los datos

Longevidad de las semillas en el suelo: se hizo un análisis de varianza con los datos transformados a arcoseno ($\text{sen}^{-1} \sqrt{y}$), y se graficaron los datos observados de las semillas con latencia forzada, innata o inducida, así como las semillas que germinaron *in situ* y las no viables, para mostrar su comportamiento en el tiempo.

En los experimentos de integración de métodos de control los datos de se procesaron mediante un análisis de varianza. Los datos de densidad y número de espigas se transformaron a $\sqrt{x+0.5}$. Los datos de rendimiento de arroz no fueron transformados. Al resultar significativa la interacción glifosato*manejo ($P < 0.05$), para densidad y número de espigas de *E. colona* en el lote "Pelicano", se compararon los promedios utilizando una prueba T.

En el experimento de segundo año (Lote Bejuco), el análisis excluyó los datos de rendimiento de arroz y número de espigas de *E. colona*, debido a que dos días antes de la cosecha un grupo de equinos provocó un daño severo al cultivo. Adicionalmente, fue necesario realizar una corrección a los datos de densidad de *Echinochloa* en las parcelas que no recibieron glifosato ya que la primera aplicación de propanil (y entonces la segunda), se realizó en las parcelas donde se había aplicado pendimetalina el primer año

de experimentación, por lo tanto se aplicó pendimetalina en las parcelas donde correspondía el propanil, de acuerdo con la ubicación de los tratamientos ese primer año. Ambos grupos de parcelas fueron tratados con fenoxaprop-p-etilo 30 días después de la siembra. En la otra mitad del experimento (parcelas con glifosato), la aplicación de los tratamientos se realizó correctamente.

La corrección se hizo de la siguiente manera. Se cuantificó la densidad de *E. colona* antes y después de aplicar propanil o pendimetalina en el primer año de experimentación (1994), en cada una de las parcelas. La reducción porcentual en la densidad de la maleza representó la eficacia de cada herbicida.

La densidad de *E. colona* observada en las parcelas que recibieron propanil en vez de pendimetalina en el segundo año, se ajustó para equiparar la eficacia del propanil y la pendimetalina en el primer año. Sin embargo, este ajuste representó una variación muy leve en relación con los datos observados. En el anexo 1, cuadros 1 y 2, se presentan los resultados de la corrección.

Emergencia de plántulas: los datos de cada experimento fueron procesados utilizando un análisis de varianza para un diseño completamente al azar. Cada conteo se analizó como una variable independiente, y se compararon los promedios de cada tratamiento utilizando el procedimiento Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1. Longevidad de la semilla de *E. colona* en el suelo

Viabilidad de las semillas antes del entierro

La viabilidad de las semillas que se enterraron, se determinó mediante una prueba de germinación a temperatura ambiente y una prueba de tetrazolio (0.5 % p/v) a aquellas semillas que no germinaron. De acuerdo con estos resultados, el 71.2 % de las semillas germinaron, el 17.6% presentaron latencia, y el 11.2% eran semillas no viables. En conclusión, las semillas de la población de *E. colona* utilizada para el experimento, presentaban una alta viabilidad (cerca del 90%), antes de ser enterradas (Datos no mostrados).

Persistencia de las semillas de *E. colona* después de 10 meses de entierro

El efecto del tiempo sobre las semillas persistentes (latentes) y no persistentes (germinadas y muertas), varió según la profundidad de entierro. En el Cuadro 1 se presenta un resumen del análisis de varianza.

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para los componentes de persistencia (Pex y Pend) y no persistencia (Dg y Dn) de las semillas de *E. colona*.

FV	GL	Pex		Pend		Dg		Dn	
		CM	P	CM	P	CM	P	CM	P
Bloque	4	0.1245	0.0002	0.0182	0.0484	0.0388	0.0167	0.0657	0.0024
Tiempo	9	0.5538	0.0001	0.2607	0.0001	0.0370	0.0027	0.7819	0.0001
Error a	36	0.0324	-	0.0114	-	0.0099	-	0.0242	-
Profund	4	2.7113	0.0001	0.3239	0.0001	1.0518	0.0001	0.6420	0.0001
Tiem*Prof	36	0.0753	0.0001	0.0239	0.0001	0.0328	0.0001	0.0247	0.0225
Error b	160	0.0210	-	0.0074	-	0.0125	-	0.0152	-

La porción persistente (semillas latentes), declinó a través del tiempo, y a partir del tercer mes fue menor cuando la semilla se colocó sobre la superficie. A partir del cuarto mes se redujo sustancialmente hasta alcanzar un promedio general de 34% al final del experimento (Cuadro 2).

A partir del quinto mes, prácticamente no habían semillas persistentes en la superficie (0 cm), mientras que en las restantes profundidades (5, 10, 15, 20 cm) osciló entre el 30 y el 41% 10 meses después del entierro, siendo ligeramente mayor en las semillas enterradas a 10 cm de profundidad (Cuadro 2).

En la figura 2a se puede observar que las semillas que permanecieron sobre la superficie mantuvieron su latencia forzada relativamente constante durante los tres primeros meses pero luego se redujo drásticamente hasta 0%. A 5 cm, la proporción de semillas con latencia forzada se redujo de 80 a 36 % en el cuarto mes. A partir de ese momento, prácticamente no hubo variación.

Cuadro 2. Efecto del tiempo y la profundidad de entierro sobre la persistencia ($P_{cx} + P_{end}$) de *E. colona* en el suelo.

Tiempo (meses)	Profundidad(cm)				
	0	5	10	15	20
	% de semilla persistente ¹				
1	48.0	87.8	73.8	80.2	77.6
2	36.6	80.6	68.6	74.4	73.8
3	37.2	73.0	54.6	63.2	68.8
4	1.2	38.2	58.4	53.4	55.2
5	0.4	44.9	46.6	45.4	44.6
6	0.2	47.0	36.8	50.6	49.2
7	0.2	36.4	45.0	44.2	44.8
8	0.6	28.0	47.2	39.2	48.6
8	0.4	37.8	41.4	39.6	31.8
10	0.0	33.0	41.2	31.8	30.2

¹ Valores representan el promedio de cinco repeticiones de 100 semillas cada una.

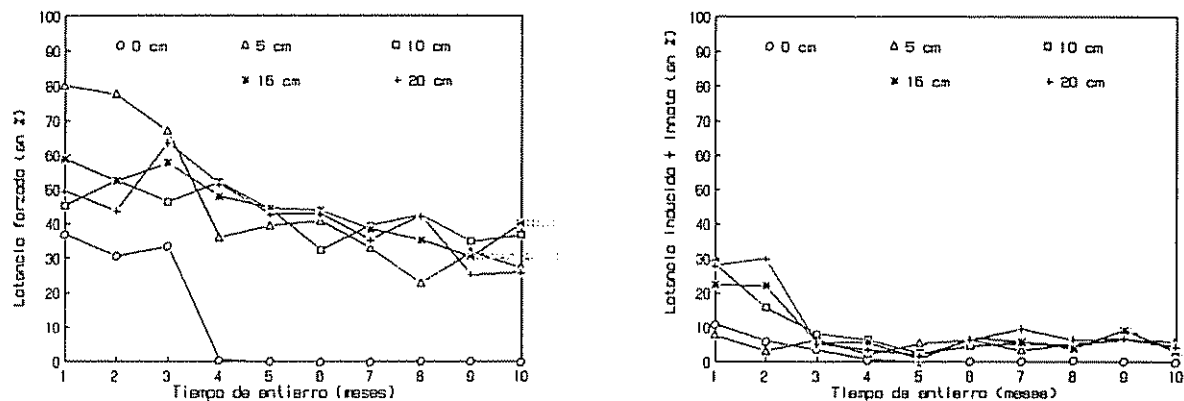


Figura 2. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* con latencia forzada A (izquierda), y semillas con latencia inducida o innata B (derecha), a diferentes tiempos y profundidades.

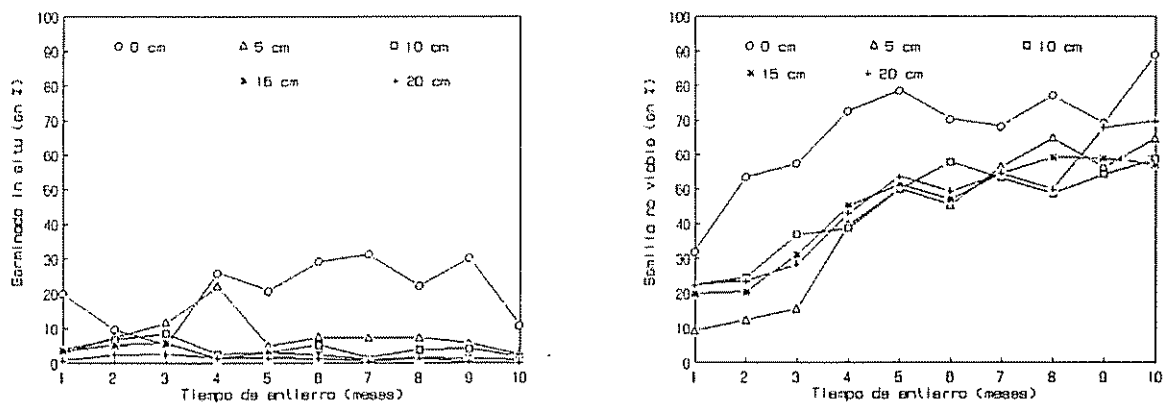


Figura 3. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* germinadas *in situ* A (izquierda); y semillas no viables B (derecha), a diferentes tiempos y profundidades.

En las restantes profundidades, la latencia forzada permaneció más o menos constante (45 - 55%), durante los primeros 4 meses, y luego se redujo levemente hasta niveles entre 30 y 45% al final del período de evaluación.

Comparativamente, la proporción de semillas con latencia inducida o innata se redujo gradualmente y se mantuvo por debajo del 10% a partir del tercer mes, independientemente de la profundidad (Figura 2b).

Indistintamente de la profundidad, siempre hubo más semillas con latencia forzada, de manera que podría considerarse éste como el proceso crítico de la fase pasiva del ciclo de vida de *E. colona*, al ser el componente que más contribuye con la longevidad. Un programa de manejo debería entonces incluir tácticas que eviten que mayor número de semillas entren en latencia forzada, ya sea favoreciendo su descomposición en el suelo o su germinación y posterior destrucción.

La reducción en la porción persistente, constituida por las semillas que presentan latencia, se debió más a la pérdida de viabilidad, Dn, (Figura 3b), que al incremento en la germinación *in situ*, Dg, (Figura 3a). Lo opuesto ocurrió en un estudio realizado en Oregon y otro en Costa Rica, donde la pérdida de semillas de *Bromus rigidus* y *Rottboellia cochinchinensis* respectivamente, se debió más a la germinación *in situ* (Gleichsner y Appleby, 1989; Rojas *et al.*, 1994).

Por otra parte Merino (1991), encontró que las semillas pierden su persistencia rápidamente sobre la superficie del suelo en un sistema de cero labranza. En nuestro experimento también hubo menor persistencia en las semillas más superficiales (0 cm), pero a partir de los 5 cm la persistencia fue la misma.

De acuerdo con Dawson y Bruns (1975) *E. crus-galli*, *Setaria viridis* y *S. lutescens* incrementan su longevidad conforme lo hace la profundidad de entierro, mientras que Egley y Chandler (1978) encontraron que con pocas excepciones, la profundidad no influyó sobre la sobrevivencia de las semillas de 20 especies de malezas investigadas.

Para *E. colona*, el comportamiento de la porción no persistente, constituida por las semillas que germinaron *in situ* y las semillas no viables, fue el siguiente. La lluvia durante el mes en que se estableció el experimento (Diciembre, 1994), permitió que algunas semillas colocadas sobre la superficie y a 5 cm germinaran; en las otras

profundidades la germinación fue muy reducida (figura 3a). El promedio para los tres primeros meses fue de 11 y 7% a 0 y 5 cm, respectivamente. Hair y Norris (1995) observaron que *E. crus-galli* también germinó principalmente en los primeros 10 cm del suelo.

Se esperaría que el porcentaje de semillas germinadas al inicio del experimento permaneciera más o menos constante o creciera en las siguientes evaluaciones del mismo tratamiento. Sin embargo, un ataque de *Curvularia* sp. no permitió identificar las semillas que germinaron antes del ataque del hongo, y entonces se observa una reducción en el registro de germinación durante el segundo y el tercer mes, con respecto al porcentaje contabilizado en la primera evaluación. Si se incluyeran las semillas afectadas por *Curvularia* sp. los porcentajes de germinación para 0 cm serían 31, 28 y 20 en dicho período.

A 5 cm de profundidad, la germinación se mantuvo relativamente constante durante todo el período, excepto en el cuarto mes donde hubo un incremento sustancial debido a que, por razones desconocidas, la germinación en dos de las cinco repeticiones fue anormalmente alta (Figura 3a).

La germinación a 0 y 5 cm se mantuvo relativamente constante a partir del cuarto mes e incluye con certeza las semillas que germinaron luego de iniciado el período lluvioso, ya que las germinadas en el primer mes en su mayoría se habían degradado, imposibilitando su evaluación. Es decir, durante los 10 meses de experimentación ocurrieron dos germinaciones fuertes, una al inicio del trabajo (Diciembre, 1994) y la segunda luego de iniciado el período lluvioso (Figura 4).

En las otras profundidades, factores limitantes como el intercambio gaseoso y la falta de luz, posiblemente impidieron que un mayor número de semillas germinaran. Esto fue más crítico después de iniciadas las lluvias, ya que el nivel freático en casi todas las repeticiones se encontraba a 10 cm de profundidad. A 10, 15 y 20 cm, el porcentaje de germinación fue inferior al 10% durante los 10 meses de experimentación (Figura 3a).

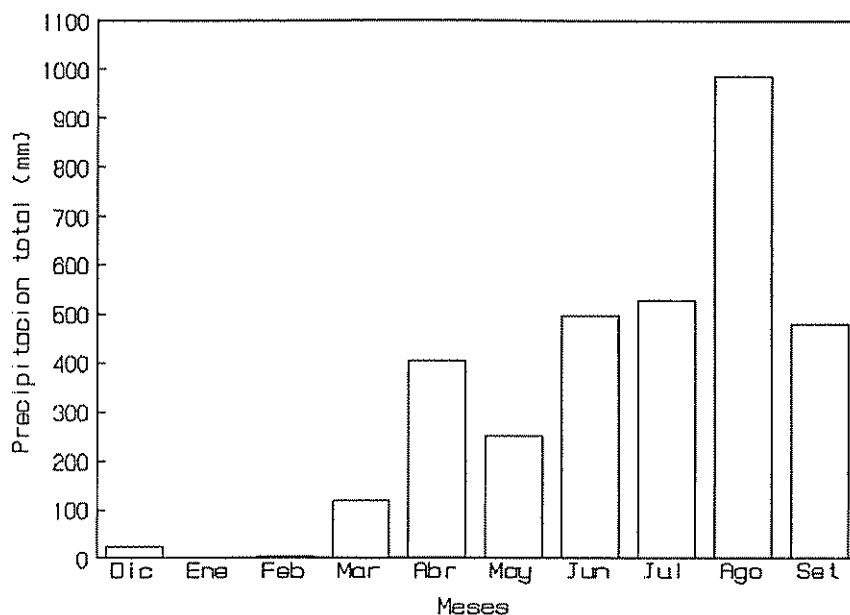


Figura 4. Precipitación registrada en la estación meteorológica Palo Seco, Parrita, de diciembre de 1994 hasta setiembre de 1995.

Holm (1972) demostró que conforme decrece el nivel de oxígeno en los microambientes de semillas enterradas, se acumulan acetaldehídos, etanol y cetonas, en cantidades suficientes para inhibir la germinación.

La pérdida de viabilidad (D_n) aumentó conforme transcurrió el tiempo. Un mes después de enterradas las semillas la mortalidad en términos generales se había triplicado a 0 cm, y duplicado en las restantes profundidades, con respecto al 11% de mortalidad antes de iniciado el experimento (Figura 3b).

En las evaluaciones posteriores se evidenció una tasa de mortalidad creciente hasta el quinto mes aproximadamente, a partir del cual se mantuvo prácticamente constante. La mortalidad de semillas en la superficie pasó del 30% al inicio del experimento a más del 70% seis meses después, para alcanzar un 90% al final del período de evaluación, difiriendo estadísticamente de las restantes.

A 5 cm el incremento en la mortalidad fue leve durante los tres primeros meses (10 a 15 %), pero luego alcanzó niveles superiores al 60 % al final del período (Figura 3b), sin embargo los resultados no difieren con aquellos de las profundidades de 10 a 20 cm,

de acuerdo con la prueba Tukey al 5%. Los resultados indican que en estas últimas profundidades, la mortalidad promedio pasó de 23% en el primer mes, hasta 61% en el último.

A pesar del incremento en la mortalidad y la pérdida de algunas semillas por germinación, diez meses después de iniciado el experimento aún persiste un alto porcentaje de semillas de *E. colona* en contraste con lo informado por Egley y Chandler (1978) para *E. crus-galli*. Ellos encontraron en Stoneville, que de 20 especies estudiadas, ésta presentó la menor longevidad en el suelo, ya que menos del 6% de las semillas sobrevivieron 6 meses o más, encontrando sólo un 1% se sobrevivientes 30 meses después de iniciado el experimento. Algo similar menciona Taylorson (1970) quien encontró en Maryland, que muy pocas semillas de *E. crus-galli* sobrevivieron después de pocos años en el suelo, informando menor sobrevivencia en los primeros 2,5 cm del suelo, pero muchas sobreviviendo a 15,5 cm de profundidad. El autor sugiere que las fluctuaciones ambientales fueron más extremas cerca de la superficie, favoreciendo la ruptura de la latencia y la germinación *in situ*.

Nuestros resultados tienen alguna similitud con los encontrados por Taylorson (1970) para *E. crus-galli* puesto que 10 meses después de iniciado el estudio no habían semillas latentes en la superficie, pero cuando la semilla se enterró, las latentes representaron entre el 30 y el 40%.

La poca persistencia de las semillas de *E. colona* en la superficie del suelo, se debió posiblemente a la alta mortalidad causada por el hongo *Curvularia* sp. que estuvo presente durante los primeros 3 meses. Además, las bolsas colocadas en la superficie, en su mayoría fueron cubiertas por el lodo después de iniciadas las lluvias, facilitando la degradación de las semillas por la acción microbiana o quizá porque a este nivel podrían ocurrir cambios más bruscos en las condiciones ambientales. No ocurrió igual con las semillas enterradas, que aunque estuvieron sumergidas en el agua, principalmente después de los 10 cm, no se presentó *Curvularia* y las condiciones ambientales seguramente fueron menos favorables para la acción microbiana.

Experimento 2. Integración de métodos de control de *E. colona*

Densidad de plantas y número de espigas de *E. colona* en el lote Pelicano (experimento de primer año)

La densidad promedio de *E. colona* después de incorporar el rastrojo era de 291 plantas/m², pero incrementó a 1231 plantas/m² luego de la segunda remoción del terreno. Esta cantidad de maleza se eliminó con rastra justo antes de la primera siembra de arroz (Cuadro 3). En las parcelas que no recibieron glifosato habían en promedio 72 plantas/m², cantidad que fue reducida a 40 y 10,5 plantas/m² después de aplicar propanil (2 veces) y pendimetalina una vez. La pendimetalina resultó más eficaz puesto que redujo la población en un 85% mientras que el propanil aplicado en dos ocasiones sólo causó una reducción del 45% (Cuadro 3).

Cuando se hizo la segunda aplicación de propanil, se observó que las plantas tenían en su mayoría 2 ó 3 hijos, por lo que resultó ineficaz. Estas plantas posiblemente habían sobrevivido a la primera aplicación de propanil. Una aplicación posterior de fenoxaprop-p-etilo en las parcelas con propanil o con pendimetalina, no logró controlar la maleza debido a que en este sitio *E. colona* también es resistente a este herbicida según lo demuestran los bioensayos de respuesta.

Cuadro 3. Densidad de *E. colona* en relación con las actividades que se desarrollaron en las parcelas sin glifosato, en el lote "Pelicano".

ACTIVIDAD	PLANTAS/M2
Incorporación del rastrojo (28/02/95)	
Densidad 32 días después de incorporar (01/04/95)	291.0
Segunda remoción de suelo (15/04/95)	
Densidad 20 días después (04/05/95)	1231.0
Tercera remoción y primera siembra (05/05/95)	
Densidad antes de pendimetalina	nd
Densidad después de pendimetalina (07/06/95)	10.5
Densidad antes de primera aplicación de propanil (18/05/95)	72.0
Densidad después de segunda aplicación de propanil (07/06/95)	40.0

Nota: los conteos antes de la 1a. siembra se realizaron aleatoriamente en todo el lote, ya que aún no se habían marcado las parcelas.

De acuerdo con los bioensayos, la dosis de fenoxaprop-p-etilo requerida para reducir el crecimiento en un 50% (RC_{50}), en aquellas plantas provenientes de las parcelas que fueron tratadas con propanil o pendimetalina, superan los 70 g/ha (datos no mostrados). Ambas dosis superan la recomendada comercialmente. Caseley *et al.* (1995) encontraron que una población procedente de la zona de Parrita, Costa Rica, sobrevivió a aplicaciones de fenoxaprop-p-etilo tan altas como 80 g/ha, el doble de la dosis comercial.

Según los bioanálisis para evaluar la respuesta a propanil, la población proveniente de las parcelas que recibieron este herbicida presenta una RC_{50} de 4,13 kg/ha, mientras que la población procedente de las parcelas con pendimetalina una RC_{50} de 3,43 kg/ha (datos no mostrados), confirmando la resistencia a propanil.

Por otra parte, antes de aplicar glifosato en las parcelas que serían tratadas con propanil y pendimetalina después de sembrar, las densidades alcanzaban 72 y 84 plantas/m², respectivamente (Cuadro 4). La cantidad de plantas eliminadas con el herbicida y la posterior remoción del suelo antes de la siembra, redujeron la densidad a 18.5 y 31 plantas/m², en las parcelas indicadas. Esta importante reducción, junto con la eficacia del propanil y la pendimetalina, permitió que la cantidad de maleza presente un mes después de aplicar propanil dos veces y pendimetalina una vez, fuera de sólo 1,34 y 0,67 plantas /m², respectivamente (Cuadro 4). En este caso se observa que además del efecto positivo del glifosato, la pendimetalina también resultó más eficaz que el propanil al reducir en un 98% vs 93% la población de maleza presente en el sitio.

A pesar de la baja densidad de *Echinochloa*, fue necesario aplicar fenoxaprop-p-etilo únicamente en las parcelas que habían sido tratadas con propanil. Sin embargo, el control fue pobre debido a que esta población es resistente al fenoxaprop-p-etilo.

Al momento de la cosecha, la maleza presente en el sitio se cuantificó como el número de espigas/m². Al igual que para la densidad, tanto el glifosato como el manejo dentro del cultivo afectaron conjuntamente el número de espigas/m² (Cuadro 5). De acuerdo con la prueba *t* al 5%, hubo mayor número de espigas en las parcelas con propanil (109), que en aquellas con pendimetalina (41,5), cuando no se aplicó glifosato. En la segunda siembra el glifosato prácticamente eliminó la maleza, y como no habían espigas al momento de la cosecha no se pudieron detectar posibles diferencias entre propanil y

pendimetalina. En el cuadro 5 se resume el análisis de varianza para la densidad y número de espigas de *E. colona*.

Cuadro 4. Densidad de *E. colona* en relación con las actividades que se desarrollaron en las parcelas con glifosato, en el lote "Pelicano".

ACTIVIDAD	PLANTAS/m ²
Incorporación del rastrojo (28/02/95)	
Densidad 32 días después de incorporar (01/04/95)	291.00
Segunda remoción de suelo (15/04/95)	
Densidad 20 días después (04/05/95)	1231.00
Tercera remoción del suelo (05/05/95)	
Aplicación de glifosato (31/05/95) y conteos en:	
- Parcelas a aplicar propanil (31/05/95)	72.00
- Parcelas a aplicar pendimetalina (31/05/95)	84.00
Remoción y segunda siembra (08/06/95)	
Densidad antes de pendimetalina (15/06/95)	31.00
Densidad después de pendimetalina (12/07/95)	0.67
Densidad antes de primera aplicación de propanil (15/06/95)	18.50
Densidad antes de segunda aplicación de propanil (29/06/95)	9.78
Densidad después de segunda aplicación de propanil (12/07/95)	1.34

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para densidad y número de espigas de *E. colona*. Los datos se transformaron a $\sqrt{x+0.5}$.

FV	GL	Densidad maleza		Espigas maleza/m ²	
		CM	P	CM	P
Bloque	3	2.6842	0.1609	10.6276	0.0164
Incorporación	1	1.7330	0.2726	2.1406	0.3294
Error a	3	3.8371	-	0.8227	-
Glifosato	1	91.2337	0.0001	441.3809	0.0001
I*G	1	7.2897	0.0362	2.1406	0.3294
Error b	6	2.5950	-	5.7251	-
Manejo ¹	1	18.2044	0.0029	27.6402	0.0033
I*M	1	0.1749	0.7213	0.0222	0.9192
G*M	1	14.4116	0.0062	27.6402	0.0033
I*G*M	1	0.9318	0.4156	0.0222	0.9192
Error c	12	1.3107	-	2.0715	-

¹ Se refiere al manejo convencional (propanil) y el no convencional (pendimetalina).

La incorporación del rastrojo no afectó la población de *E. colona* (Cuadro 5), posiblemente debido a que no se realizó inmediatamente después de la cosecha, y como consecuencia, no se impidió la producción de semillas por las plantas que germinaron en los días siguientes a la cosecha, incrementando el número de semillas en el suelo. Adicionalmente, al removerse el suelo muchas de ellas se llevaron a la superficie, germinaron y fueron eliminadas por las siguiente remoción, sin embargo, ese "desgaste" del reservorio de semillas se manifestará posiblemente en ciclos posteriores, siempre que se limite el ingreso de nuevas semillas al suelo.

Rendimiento de arroz en el lote "Pelicano"

La incorporación del rastrojo no afectó el rendimiento, pero tanto la aplicación de glifosato como el manejo dentro del cultivo (aplicación de propanil o de pendimetalina), afectaron independientemente esta variable al reducir las poblaciones de *E. colona* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza para rendimiento y número de espigas de arroz. Los datos para número de espigas se transformaron a $\sqrt{x+0.5}$.

FV	GL	Rendimiento (Kg/ha)		Espigas arroz/m ²	
		CM	P	CM	P
Bloque	3	879800.79	0.0072	20.4768	0.0040
Incorporación	1	9617.36	0.7939	0.7491	0.6064
Error a	3	46734.47	-	3.1539	-
Glifosato	1	34571935.25	0.0001	665.1033	0.0001
I*G	1	12.81	0.9924	3.0696	0.3053
Error b	6	375812.24	-	2.7855	-
Manejo ¹	1	1727878.48	0.0038	12.6449	0.0505
I*M	1	26385.83	0.6660	1.5145	0.4664
G*M	1	152747.84	0.3080	6.2276	0.4664
I*G*M	1	80612.84	0.4542	5.4541	0.1789
Error c	12	134745.94	-	2.6764	-

¹ Se refiere al manejo convencional (propanil) y el no convencional (pendimetalina).

Cuando no se aplicó glifosato la pendimetalina en postemergencia temprana redujo sustancialmente la densidad de maleza presente en el sitio comparada con el propanil, y entonces los rendimientos fueron mayores. El glifosato eliminó la nacencia de *E. colona*

previo a la siembra y con ello hubo una reducción de la competencia hacia el cultivo, lo que se tradujo en un incremento del rendimiento con respecto a las parcelas de primera siembra (Cuadro 7).

La estimación del rendimiento de arroz con base en número de espigas/m², corresponde con lo observado en la cosecha propiamente, siendo mayor en las parcelas aplicadas con glifosato. Aunque no hubo diferencias estadísticas entre propanil y pendimetalina, la cantidad de espigas en las parcelas con este último herbicida fue ligeramente mayor (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de cuatro tratamientos herbicidas sobre el rendimiento de arroz en el lote "Pelicano".

Tratamiento	Tm/ha	No. espigas/m ²
propanil solo	0.19	47.50
pendimetalina solo	0.79	83.50
Promedio	0.49 ^b	65.50 ^b
glifosato/propanil	2.40	283.00
glifosato/pendimetalina	2.73	291.00
Promedio	2.57 ^a	287.00 ^a

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba Tukey al 5%.

Los rendimientos de arroz en este experimento resultaron inferiores al promedio de la zona, 4,44 tm/ha, (Cordero, 1993) a pesar de que el cultivo recibió fertilización y manejo de plagas adecuadas (Cuadro 7). En las parcelas que no recibieron glifosato, la alta densidad de *E. colona* observada aún después de aplicar fenoxaprop-p-etilo, posiblemente impidió el buen desarrollo del cultivo, agudizándose el problema por la distribución irregular de la lluvia durante los primeros 30 días después de la siembra. Se pudo comprobar que al menos entre el 20 y el 31 de marzo no llovió en el lote experimental, de manera que el desarrollo del cultivo necesariamente fue afectado.

A pesar de los bajos rendimientos, es evidente que la eliminación de la primera *E. colona* antes de sembrar (en este caso con glifosato), permite obtener rendimientos sustancialmente mayores (Cuadro 7).

La característica de gran adaptabilidad de las malezas a condiciones adversas, posiblemente fue lo que contribuyó a que *E. colona* se desarrollara sin mayores problemas afectando severamente el rendimiento del cultivo. El arroz de segunda siembra no se vió tan afectado puesto que el reinicio de la lluvia ocurrió justo al momento de la siembra, sin embargo su crecimiento fue menor al esperado a pesar de que se aplicó el mismo manejo.

Al no contar con datos pluviométricos del sitio exacto, se recopilaron los datos de precipitación de la estación meteorológica "La Palma" ubicada relativamente cerca del lugar del experimento. En la figura 7 se muestra la precipitación de mayo para ilustrar la distribución irregular de la lluvia en el mes de establecimiento del cultivo. Sin embargo debe aclararse que no necesariamente esto mismo sucedió en el lote experimental, ya que observamos en varias ocasiones que en el lote "Bejuco" estaba lloviendo muy fuerte, pero en el lote "Pelicano" distante sólo 2 Km, no ocurría lo mismo.

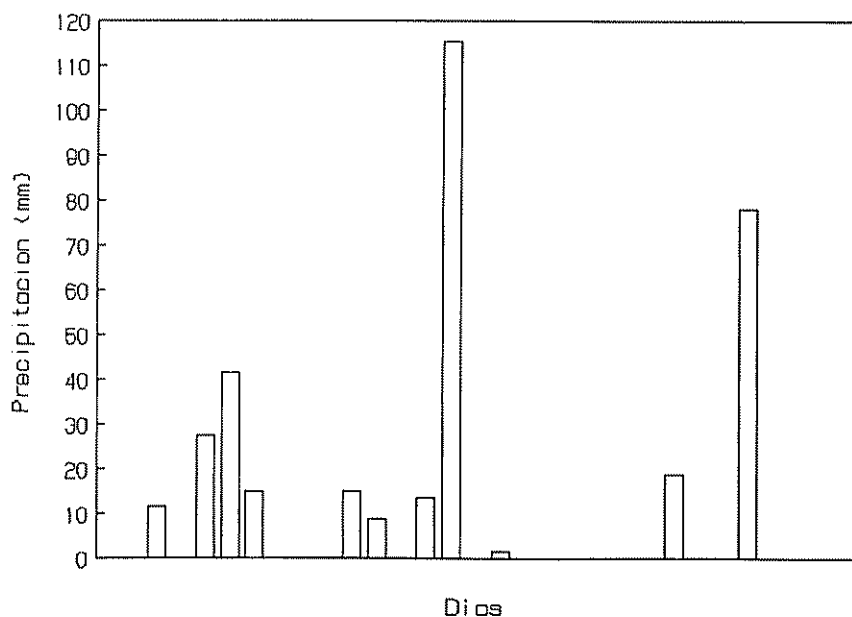


Figura 5. Cantidad de lluvia registrada en la estación meteorológica "La Palma", Parrita, durante el mes de mayo de 1995.

Lote Bejuco (experimento de segundo año)

Como se aclaró en la metodología, en este experimento se evaluó únicamente la densidad de *E. colona*, excluyendo todo lo referente al rendimiento del cultivo, debido al daño severo causado por equinos dos días antes de la cosecha.

El análisis de varianza efectuado a los datos de densidad de la *E. colona* que emergió después de efectuar la primera remoción del suelo en el segundo año de experimentación, indica que de los tratamientos evaluados el año anterior, el glifosato fue el único que redujo las poblaciones que estarían presentes en un siguiente ciclo de cultivo (Cuadro 8), al pasar de 629 plantas/m² en las parcelas sin glifosato a 315 plantas/m² en las que si se aplicó este herbicida. En contraste, la densidad de la maleza fue similar en las parcelas que recibieron propanil o pendimetalina (Cuadro 8). El análisis de varianza se resume en el Cuadro 9.

Cuadro 8. Efecto de distintos tratamientos químicos aplicados el ciclo anterior sobre la densidad de *E. colona* en el próximo ciclo de cultivo (lote "Bejuco").

Tratamiento	40 DDI Plantas/m ²
propanil solo	729
pendimetalina solo	530
Promedio	629
glifosato/propanil	275
glifosato/propanil	355
Promedio	315

DDI= días después de la incorporación.

Un mes después de la siembra del arroz, se determinó nuevamente la densidad de la *Echinochloa* con el propósito de cuantificar el efecto de los tratamientos aplicados el segundo año. De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 9), el glifosato redujo sustancialmente la densidad de la maleza en relación con las parcelas que no recibieron este tratamiento, pero no hubo diferencias entre el manejo convencional y aquel con preemergente. En las parcelas sin glifosato, la pendimetalina fue más eficaz en reducir

la densidad de *E. colona*, comparada con propanil. En el cuadro 10 se presenta la densidad de *E. colona* en relación con las actividades realizadas en el lote "Bejuco".

Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza para la densidad de *E. colona* en el lote "Bejuco". Datos transformados a $\sqrt{x+0.5}$.

FV	GL	Plantas/m ²			
		40 DDI		30 DDS	
		CM	P	CM	P
Bloque	3	185.0359	0.0124	0.8540	0.1425
Incorporación	1	28.5201	0.3719	0.1499	0.5472
Error a	3	99.2644	-	1.3468	-
Glifosato	1	349.2064	0.0070	37.6929	0.0001
I*G	1	27.1769	0.3831	0.0306	0.7842
Error b	6	17.6504	-	1.4317	-
Manejo ¹	1	2.5821	0.7849	10.8694	0.0002
I*M	1	70.1816	0.1713	1.3820	0.0844
G*M	1	56.3126	0.2169	2.7671	0.0207
I*G*M	1	0.7351	0.8841	1.1438	0.1127
Error c	12	33.1518	-	0.3905	-

DDI=días después de incorporar, DDS=días después de la siembra.

¹ Se refiere al manejo convencional (propanil) y el no convencional (pendimetalina).

Los resultados concuerdan con los obtenidos durante el primer año de experimentación, donde la aplicación de glifosato decreció significativamente la maleza e incrementó el rendimiento del arroz, y aunque no se detectaron diferencias entre el manejo convencional y el modificado (con preeemergente) en ninguna de las variables, la pendimetalina tendió a ser siempre más eficaz que propanil (Valverde *et al.*, 1995).

Los bioanálisis después de aplicar los tratamientos en el primer año de experimentación indican que los valores de RC₅₀ para propanil, de las plantas provenientes de las parcelas con propanil o pendimetalina fueron 1,2 y 1,5 kg i.a./ha, respectivamente, lo cual indica que esta población es susceptible a propanil.

Cuadro 10. Densidad de *E. colona* en relación con las actividades que se desarrollaron durante el ciclo del arroz en las parcelas sin y con glifosato, en el lote "Bejuco".

ACTIVIDAD	PLANTAS/M2
Tercera remoción y primera siembra (05/05/95)	
Densidad antes de primera aplicación de propanil (18/05/95)	22.03
Densidad después de segunda aplicación de propanil (07/06/95)	18.90
Densidad antes de pendimetalina	nd
Densidad después de pendimetalina (07/06/95)	6.90
Aplicación de glifosato (31/05/95) y conteos en:	
- Parcelas a aplicar propanil (31/05/95)	63.00
- Parcelas a aplicar pendimetalina (31/05/95)	64.00
Remoción y segunda siembra(08/06/95)	
Densidad antes de primera aplicación de propanil (15/06/95)	16.00
Densidad antes de segunda aplicación de propanil (29/06/95)	3.90
Densidad después de segunda aplicación de propanil (12/07/95)	2.00
Densidad antes de pendimetalina (15/06/95)	15.00
Densidad después de pendimetalina (12/07/95)	1.25

nd= no determinado.

Experimento 3. Emergencia de plántulas de *E. colona*

Durante la preparación del lote para la siembra, cada vez que se removió el suelo con rastra emergió *E. colona* para un total de tres emergencias previas al ciclo del cultivo. Durante el periodo de cultivo propiamente, la maleza emergió sólo dos veces en todas las parcelas establecidas para tal fin. Posteriormente, la germinación fue esporádica y de muy pocos individuos. Ambas nacencias ocurrieron durante el primer mes del cultivo, y su magnitud dependió del tratamiento evaluado.

En las parcelas establecidas en el lote "Bejuco", el número de plantas que nacieron en las parcelas con arroz por segunda ocasión, fue mayor que en los otros dos tratamientos (Cuadro 11). En las parcelas establecidas en el lote "Pelicano", las tendencias fueron similares (Cuadro 12).

Cuadro 11. Efecto de tres tratamientos sobre la emergencia de *E. colona* en las parcelas de observación del lote "Bejuco".

Tratamiento		Plantas/m ²	
Arroz	Remoción	1a. emergencia	2a emergencia
		DMS=20.62	DMS=13.4
Sí	No	20.50 ^a	28.00 ^a
No	Sí	13.50 ^a	13.25 ^b
No	No	12.00 ^a	10.50 ^b

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5%.

Cuadro 12. Efecto de tres tratamientos sobre la emergencia de *E. colona* en las parcelas de observación del lote "Pelicano".

Tratamiento		Plantas/m ²	
Arroz	Remoción	1a. emergencia	2a emergencia
		DMS=35.50	DMS=14.97
Sí	No	35.25 ^a	40.75 ^a
No	Sí	37.25 ^a	9.50 ^b
No	No	26.50 ^a	19.25 ^b

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5%.

Muchas investigaciones han demostrado que los nitratos estimulan la germinación de las semillas de algunas malezas. Egley (1986) cita algunos trabajos e indica que el nitrato de amonio aplicado en el campo incrementó la emergencia (como medida de la germinación) de *Avena fatua*, mientras que el nitrato de potasio también aplicado en el campo, favoreció la germinación de *E. colona*. Según dicho autor, la efectividad del nitrato radica en que podría reducir la latencia e interactuar con otros factores como luz y alternancia de temperatura. Radosevich y Holt (1984) citan ejemplos en los que el nitrato estimula la germinación de especies de malezas.

El mayor número de plántulas emergidas en las parcelas con arroz podría obedecer a un estímulo del nitrato proveniente del fertilizante 10-30-10 (NPK) que se aplicó a la siembra. Sin embargo esto no está totalmente claro, puesto que en las otras parcelas con y sin remoción de suelo también se aplicó el mismo fertilizante y emergieron menos plántulas. Se efectuaron fertilizaciones posteriores sólo en las parcelas con arroz, de manera que existe la posibilidad de que hayan sido estos nitratos los que estimularon la germinación, y por esto se notan las diferencias en la segunda emergencia de *E. colona*.

Las diferencias también podrían obedecer a que se haya establecido a lo largo del proceso coevolutivo maleza-cultivo, una relación muy estrecha entre ambas plantas, de manera que la presencia del cultivo estimule de alguna forma la germinación de *E. colona*. Radosevich y Holt (1984) mencionan que a los cultivos se les ha creado sitios seguros para aumentar la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas y que quizá las malezas podrían adaptarse al sitio seguro del cultivo y desarrollar mecanismos para evitar la mortalidad.

Barret (1983) expone ampliamente elementos relacionados con el mimetismo entre maleza y cultivo, indicando que existe evidencia de que poblaciones de malezas que están asociadas continuamente con un sistema agrícola específico pueden evolucionar patrones fenológicos que optimizan la sobrevivencia dentro del período de crecimiento más favorable. Un ejemplo lo constituye *Zea mexicana*, una maleza de maíz. Menciona además, que en muchos casos el individuo con mimetismo ha desarrollado una vida tan especializada que es incapaz de sobrevivir en ausencia del cultivo.

Especulamos que existe una estrecha relación entre *E. colona* y el arroz, la cual, junto con *E. crus-galli* están catalogadas como las malezas más perjudiciales en este cultivo en todas las áreas arroceras del mundo, pero es necesario un estudio ecológico detallado que permita establecer si en realidad la presencia del arroz estimula la germinación de la maleza.

Comentarios adicionales

Los resultados sugieren que la eliminación de la nacencia de *E. colona* que emerge antes de la siembra del cultivo, reduce la infestación de la maleza a niveles sustancialmente menores. Esta práctica efectuada con glifosato implica retrasar la siembra en unos 25 días, lo que podría dificultar las labores de preparación final del terreno o el manejo del

cultivo durante sus primeros días, incluyendo la siembra. La eliminación podría realizarse mecánicamente si las condiciones del terreno lo permiten. En la zona de Parrita, particularmente en las áreas que los agricultores denominan "tierras bajas" (prácticamente a nivel del mar), la labor es más difícil puesto que después de establecidas las lluvias hay sectores donde el nivel freático es superficial lo que unido a la característica arcillosa de los suelos, no permite realizar una preparación adecuada para la siembra.

Los experimentos demostraron que al menos en uno de los sitios evaluados, la aplicación del herbicida pendimetalina en preemergencia temprana disminuye la densidad de *E. colona*, efecto que complementa muy positivamente al del glifosato. Esta práctica podría reducir la posibilidad de que más poblaciones evolucionen resistencia a propanil o se atenúe el problema en aquellas que ya son resistentes (Garro, 1990). De hecho, aparentemente existe resistencia cruzada negativa a pendimetalina (poblaciones resistentes a un herbicida resultan muy susceptibles a otro al que no habían sido expuestas), de acuerdo con los resultados obtenidos por Knights (1995) y el uso de mezclas de quinclorac más pendimetalina, pero principalmente quinclorac, están siendo de gran aceptación en Arkansas para el control de *E. crus-galli* resistente a propanil (Baldwin *et al.*, 1995).

La incorporación del rastrojo de la cosecha anterior, sin embargo, no surtió ningún efecto sobre *Echinochloa*. Esta práctica sería de difícil aplicación para aquellos agricultores quienes utilizan el rastrojo para alimentar su ganado inmediatamente después de la cosecha, y luego dejan el terreno en barbecho enmalezado hasta el siguiente ciclo de cultivo. Durante este período algunas semillas, principalmente de la superficie y aquellas que germinan tardíamente en el cultivo o no se controlan, podrían germinar y reproducirse, aumentando el banco de semillas del suelo.

Los resultados del experimento de longevidad de semillas establecido durante el período de barbecho, indican que ocurren al menos dos nacencias de *Echinochloa*, la primera gracias a la humedad del suelo que queda al final del año y la segunda inmediatamente después de iniciado el período lluvioso.

El experimento de longevidad de semillas se estableció en diciembre, impidiendo determinar si *E. colona* germina en los días posteriores a la cosecha de arroz. Sin embargo, se pudo comprobar visualmente que 3 semanas después de la cosecha del lote

"Pelicano" (setiembre 25), la maleza había germinado abundantemente. La semilla que potencialmente pueden producir estas nuevas plantas pasaría a enriquecer el banco, puesto que durante el período de barbecho no se efectúan actividades dirigidas a evitar la reproducción de la maleza.

A pesar de que la incorporación del rastrojo no fue eficaz, debería analizarse más rigurosamente su impacto puesto que la literatura menciona que esta práctica cultural podría contribuir en un plazo mayor a reducir las poblaciones de *Echinochloa*, ya que elimina las malezas presentes en el sitio impidiendo su reproducción, y podría facilitar la latencia y posterior deterioro de la semilla incorporada. Sin embargo, en el experimento de longevidad se pudo constatar que las semillas depositadas en la superficie se deterioraron más rápidamente que aquellas enterradas.

Sarkar y Moody (1983) indican que hay más ventajas cuando se rastrea el terreno inmediatamente después de la cosecha de arroz para aprovechar la humedad del suelo, y no cuando se efectúa al inicio de la estación lluviosa. Sin embargo, citando otras investigaciones, mencionan que hubo más gramíneas, principalmente *E. colona*, en terrenos que se mantuvieron en barbecho libre de malezas comparado con terrenos mantenidos en barbecho enmalezado. Por su parte Moody y Drost (1983) sugieren que la preparación del suelo durante la estación seca tendría un uso limitado en reducir los problemas de malezas en el siguiente ciclo de cultivo en arroz de secano y que un período de barbecho libre de malezas sería más eficaz en suprimir la malezas en el siguiente ciclo de cultivo sólo cuando la flora de malezas en ambos períodos es similar.

Así, en un programa de manejo debería considerarse algunos aspectos importantes. Puesto que hay una naciencia de *Echinochloa* durante el período de barbecho, antes de que se establezca definitivamente la época seca, debe analizarse el papel que podría jugar la incorporación o eliminación por otro medio, en evitar que estas plantas lleguen a producir semilla, de manera que al iniciarse las lluvias sólo habría que dirigir esfuerzos a controlar las nuevas nacencias, lo cual se podría lograr con las prácticas tradicionales que el productor efectúa, para llegar finalmente al retraso de la siembra que permite eliminar esa primera naciencia fuerte que emerge con la última remoción del suelo. Adicionalmente habría que controlar las dos nacencias que ocurren durante el primer mes del cultivo.

Finalmente, las plantas que han escapado a los tratamientos podrían controlarse con la aplicación de un graminicida en postemergencia tardía como el fenoxaprop-p-etilo. En nuestro caso no fue necesario cuando se aplicó glifosato seguido de pendimetalina, lo que resulta muy favorable debido a que recientemente se detectó que poblaciones de *E. colona* evolucionaron resistencia al fenoxaprop (Caseley *et al.*, 1995). La pendimetalina disminuyó el número de semillas que potencialmente hubieran germinado durante el período crítico de competencia, y que como observamos experimentalmente, ocurren dos nacencias importantes durante el primer mes del cultivo.

En síntesis, el manejo de *E. colona* debe concentrarse en prácticas que incluyan el período de barbecho y una combinación de tácticas en el período previo a la siembra y durante el período crítico de competencia, el cual se extiende desde el inicio hasta el final del macollamiento (Soto y Agüero, 1992). Para ello debe analizarse detalladamente cual sería la estrategia más adecuada en términos económicos y que a la vez contribuya de manera exitosa a atenuar el problema de la resistencia, sin olvidar que ante todo, debe tener factibilidad para aplicarse en el campo.

CONCLUSIONES

- Las semillas de *E. colona* tienen corta longevidad, puesto que a los 10 meses ha dejado de persistir el 70% de las que estaban enterradas sin importar la profundidad, mientras que aquellas colocadas sobre la superficie tienen un período de persistencia aun menor.
- La persistencia obedece principalmente a la latencia forzada, mientras que la pérdida de viabilidad y no la germinación, resultó en el mecanismo primario para la pérdida de la persistencia.
- Es posible reducir las poblaciones de *E. colona* utilizando tácticas alternativas para su control, algunas de las cuales son utilizadas por los productores de arroz.
- La eliminación de *E. colona* previo a la siembra puede evitar la aplicación de fenoxaprop, reduciendo la posibilidad de que nuevas poblaciones de la maleza evolucionen resistencia a este graminicida.
- El manejo de *E. colona* que se efectúe en el ciclo de cultivo anterior, repercute claramente en la población en el próximo ciclo.
- Durante el ciclo de cultivo, *E. colona* germina principalmente antes de que el arroz inicie el macollamiento activo, es decir, germina durante el período crítico de competencia.
- Los resultados de esta investigación sugieren que a corto plazo se podría reducir significativamente el banco de semillas de *E. colona* evitando al máximo que nuevas semillas se incorporen al suelo y facilitando las pérdidas por muerte o germinación.

RECOMENDACIONES

- Durante el período de barbecho se debe evitar que nuevas malezas produzcan semillas y además, sería conveniente no remover el suelo para que mueran la mayoría de semillas que están en la superficie.
- Reducir de manera progresiva, la cantidad de semillas que están dentro del suelo, facilitando su germinación durante la preparación del suelo y eliminando las plántulas que germinen.
- Lo anterior debe complementarse con buenas prácticas agrícolas que favorezcan el desarrollo del arroz y aseguren al máximo una baja producción de semillas de *E. colona* durante el ciclo del cultivo. Todas estas medidas podrían constituir un método efectivo en el manejo de *E. colona* resistente a propanil y a fenoxaprop-p-etilo.
- Evaluar con más rigurosidad el papel que pudiera jugar la incorporación del rastrojo antes de que se inicie la época seca, en reducir las poblaciones de *E. colona*.
- Transmitir a los productores de arroz las opciones de manejo de *E. colona* que se han desarrollado hasta ahora, y que les permitirán obtener buenos resultados productivos y a la vez, contribuyen a atenuar el problema de la resistencia a propanil y fenoxaprop-p-etilo en los sitios donde está presente, así como evitar que el problema se difunda hacia nuevas áreas de cultivo.
- Para próximos estudios de longevidad de semillas es necesario modificar la metodología para la evaluación de la germinación *in situ*, así como desarrollar estudios simultáneos con semillas resistentes y susceptibles, en varios sitios. Idealmente el estudio deberá incluir un período desde la cosecha del cultivo hasta el próximo ciclo.

BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, R.J. 1984. Weed crop ecology. *In* Principles in weed management. Belmont, CA, Wadsworth. p. 1-13, 20-21, 47-77, 390, 401.
- BALDWIN, F.L.; TALBERT, R.E.; CAREY III, V.F.; KITT, M.J.; HELMS, R.S.; BLACK, H.L.; SMITH Jr., R.J. 1995. A review of propanil resistant *Echinochloa crus-galli* in Arkansas and field advice for its management in dry seeded rice. *In* Brighton Crop Protection Conference- Weeds (1995, Brighton, England) [Proceedings]. British Crop Protection Council. p. 577-585.
- BALTAZAR, A.M.; SMITH, R.J. 1994. Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology* 8:576-581.
- BARRALIS, G.; CHADOEUF, R.; LONCHAMP. 1988. Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research* 28:407-418.
- BARRET, S.C. 1983. Crop mimicry in weeds. *Economic Botany* 37: 225-282.
- BASKIN, J.K.; BASKIN, C.C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *BioScience* 35:492-498.
- BRIDGEMOHAN, P.; BRATHWAITE, R.A.I.; McDAVID, C.R. 1991. Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) W.D. Cayton in cultivated soil. *Weed Research* 31:265-272.
- CAREY III, V.F.; DUKE, S.O.; HOAGLAND, R.E.; TALBERT, R.E. 1995. Resistance mechanism of propanil-resistant barnyardgrass. I. Absorption, translocation, and site of action studies. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 52:182-189.
- CAREY III, V.F.; HOAGLAND, R.E.; TALBERT, R.E. 1995. Verification and distribution of propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas. *Weed Technology* 9:366-372.
- CASELEY, J.C.; RICHES, C.R.; VALVERDE, B.E.; DOWN, V.M. 1995. Resistance of *Echinochloa colona* (L) Link to ACCase inhibiting herbicides. *In* International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicides. (April 1995, Cordoba, Spain). p. 42.
- CORDERO, A. 1993. Fertilización y nutrición mineral del arroz. San José, C.R., Editorial Universidad de Costa Rica. 100 p.
- CRAWFORD, S.H.; JORDAN, D.L. 1995. Comparison of single and multiple applications of propanil and residual herbicides in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology* 9:153-157.
- DAWSON, J.H.; BRUNS, V.F. 1975. Longevity of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seeds in soil. *Weed Science* 23:437-440.
- EGLEY, G.H. 1986. Stimulation of weed seed germination in soil. *Reviews of Weed Science, USA* 2:67-89.

- EGLEY, G.H.; CHANDLER, J.M. 1978. Germination and viability of weed seeds after 2.5 years in a 50-year buried seed study. *Weed Science* 26:230-239.
- EGLEY, G.H.; CHANDLER, J.M. 1983. Longevity of weed seed after 5.5 years in the Stoneville 50-year buried seed study. *Weed Science* 31:264-270.
- EVANS, R.A.; YOUNG, J.A. 1972. Microsite requirements for establishment of annual rangeland weeds. *Weed Science* 20:350-356.
- FERNANDEZ, O.N. 1989. Aspectos metodológicos del estudio de poblaciones de malezas. *In* Seminario de dinámica de poblaciones. (1986, Santa Fe, Argentina). *Diálogo XXVI*. Ed. Juan P. Puignaum. Montevideo, Uruguay, IICA. p. 49-62.
- FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. 1988. Studying the population dynamics of weeds. *Weed Research* 28:443-447.
- FISCHER, A.; GRANADOS, E.; TRUJILLO, D. 1993. Propanil resistance in populations of junglerice (*Echinochloa colona*) in Colombia rice fields. *Weed Science, USA*, 41:201-206.
- FISCHER, A.J.; RAMIREZ, A. 1993. Mixed-weed infestations: prediction of crop losses for economic weed management in rice. *International Journal of Pest Management* 39:354-357.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1994. Yearbook 1993. 253 p.
- FROUD-WILLIAMS, R.J.; DRENNAN, D.S.; CHANCELLOR, R.J. 1983. Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology (G.B.)* 20:187-197.
- GARCIA-TORRES, L.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, España, Mundi Prensa. p. 50-59.
- GARITA, I.; VALVERDE, B.E.; VARGAS, E.; CHACON, L.A.; DE LA CRUZ, R.; RICHES, C.R.; CASELEY, J.C. 1995. Occurrence of propanil resistance in *Echinochloa colona* in Central America. *In* Brighton Crop Protection Conference-Weeds (1995, Brighton, England) [Proceedings]. British Crop Protection Council. p. 193-196.
- GARRO, J.E. 1990. Caracterización de la susceptibilidad al propanil de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 78 p.
- GARRO, J.E.; DE LA CRUZ, R.; SHANNON, P.J. 1991. Propanil resistance in *Echinochloa colona* populations with different herbicide use histories. *In* Brighton Crop Protection Conference-Weeds (1991, Brighton, England) [Proceedings]. British Crop Protection Council. p. 1079-1083.
- GIANNAPOLITIS, C.N.; VASSILIOU, G. 1989. Propanil tolerance in *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Tropical Pest Management*, 31:6-7.
- GLEICHNER, J.A.; APPLEBY, A.P. 1989. Effect of depth and duration of seed burial on Ripgut Brome (*Bromus rigidus*). *Weed Science* 37:68-72.

- GRESSEL, J. 1991. Why get resistance? it can be prevented or delayed. In *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*, Butterworth-Heinemann Ltd. Ed. by Caseley, J. C., Cussans, G.W.; Atkin, R.K. p. 1-25.
- GRESSEL, J.; BALTAZAR, A.M. 1995. Herbicide resistance in rice: status, causes and prevention. In *Weed Management in rice*. K-U, Kim, editor. (En prensa). FAO.
- GUEVARA, R.; MACAYA T., G.; VALVERDE, B.E.; DE LA CRUZ, R. 1994. Estudio enzimático de la resistencia al herbicida propanil en *Oryza sativa* y *Echinochloa colona*. In V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas (1994, San José, Costa Rica) [Resúmenes]. p. 198.
- HAIR M W., NORRIS R.F. 1995. Impact of off-season cultural practices on the ecology of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) seed bank dynamics in agricultural systems. *WSSA Abstracts* 35:158.
- HARPER, J.L. 1977. *The population biology of plants*. Academic Press, London. 892 p.
- HAWTON, D. 1992. Effect of propanil, 2,4,5-T and other herbicides on *Echinochloa colona* (L.) Link and *Cyperus iria* L. in dry seeded rice. *Tropical Pest Management* 38:310-313.
- HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. 1977. *The World's Worst Weeds. Distribution and biology*. Honolulu, Hawaii, Univ. Press Hawaii. p. 41-46.
- HOLM, R.E. 1972. Volatile metabolites controlling germination in buried weed seeds. *Plant Physiology* 50:293-297.
- IMEOKPARIA, P.O. 1990. Performance of a new selective rice herbicide in a lowland rice field in Nigeria. *Tropical Pest Management*, 36:343-345.
- JORDAN, N. 1992. Weed demography and population dynamics: implications for threshold management. *Weed Technology* 6:148-190.
- KIMURA, I.; KAWANO, K.; SADOHARA, H.; YOSHIDA, Y. 1975. Synergism in benthocarb-propanil combination. In Fifth Conference Asian Pacific Weed Science Society. Tokyo, Japan. p. 150-154.
- KNIGHTS, J.S. 1995. The activity of graminicides alone and in mixtures for the control of herbicide resistant junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link). MSc. Project report. University of Bath, England. 135 p.
- KRISHNAMURTHY, K.; DEVENDRA, R.; RAMACHANDRA, T.V.; MOHAN, S.L. 1989. Growth pattern of *Echinochloa* species in relation to rice and bio-efficacy of 2,4-D and dicamba combinations. In Brighton Crop Protection Conference-Weeds (1991, Brighton, England) [Proceedings]. British Crop Protection Council, vol 2, p. 683-688.
- LEAH, J.M.; CASELEY, J.C.; RICHES, C. R.; VALVERDE, B.E. 1994. Association between elevated activity of aryl acylamidase and propanil resistance in junglerice, *Echinochloa colona*. *Pesticide Science* 42:281-289.

- LEAH, J.M.; CASELEY, J.C.; RICHES, C. R.; VALVERDE, B.E. 1995. Age-related mechanisms of propanil tolerance in junglerice, *Echinochloa colona*. *Pesticide Science* 43:347-354.
- LEUESCHEN, W.E.; ANDERSEN, R.N.; HOVERSTAD, T.R.; KANNE, B.K. 1993. Seventeen years of cropping systems and tillage affect velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seed longevity. *Weed Science* 41:82-86.
- MERINO-MEJIA, C.I. 1991. Comportamiento ecológico del banco de semillas de malezas en el Trópico Húmedo. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 72 p.
- MICHAEL, P.W. 1983. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. In *Weed control in rice, Philippines*. p. 291-306.
- MILLER, S.D.; NALEWAJA, J.D. 1990. Influence of burial on wild oats (*Avena fatua*) seed longevity. *Weed Technology* 4:514-517.
- MOODY, K.; DROST, D.C. 1983. The role of cropping systems on weeds in rice. In *Weed control in rice, Philippines*. p. 73-88.
- OCAMPO, R. 1985. Incidencia de plantas indeseables en el cultivo del arroz en el cantón de Aguirre y Parrita. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. 102 p.
- POWLES, S.B.; TUCKER, E.S. MORGAN, T.R. 1992. Erradication of paraquat-resistant *Hordeum glaucum* Steud. by prevention of seed production for 3 years. *Weed Research* 32:207-211.
- RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J. 1984. *Weed ecology*. New York, USA, John Wiley & Sons. 265 p.
- RAMAKRISHNAN, P.S. 1960. Ecology of *Echinochloa colonum* Link. *Proceedings of the Indian Academy of Science*, 52(3): 73-92.
- ROBERTS, H.A.; DAWKINS, P.A. 1967. Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil. *Weed Research* 7:290-301.
- ROJAS, C.E.; DE LA CRUZ, R. 1973. Pérdidas y costos originados por las malezas en Colombia. *Temas de Orientación Agropecuaria*, 84-85:12-19.
- ROJAS, C.E.; MERAYO, A.; CALVO, G. 1994. La profundidad y duración en el suelo de la semilla de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* Lour. W.D. Clayton), y su efecto sobre la viabilidad y persistencia en el trópico seco. *Revista Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica*, 32:25-29.
- ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; MAXWELL, B.D. 1990. Future outlook for herbicide resistance research. *Weed Technology* 4:208-214.
- RUBIN, B. 1991. Herbicide resistance in weeds and crops, progress and prospects. In *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*, Butterworth-Heinemann Ltd. Ed by Caseley, J. C., G.W. Cussans, y R.K. Atkin. p. 337-414.

- RUBIN, B. 1994. Herbicide-resistant weeds: evolution, mechanism and possible management. *In* V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas (1994, San José, Costa Rica) [Resúmenes]. p. 200.
- SAARI, L.; COTTERMAN, J.; PRIMIANI, M. 1990. Mechanism of sulfonylurea herbicide resistance in the broad-leaf weed *Kochia scoparia*. *Plant Physiology* 93:55-61.
- SARKAR, P.A.; MOODY, K. 1983. Effects of stand establishment techniques on weed population in rice. *In* Weed control in rice, Philippines. p. 57-71.
- SCHAFFER, D.E.; CHILCOTE, D.O. 1969. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. I. A model for analysis of parameters of buried seed persistence and depletion. *Crop Science* 9:417-418.
- SIRIWARDANA, G.D.; ZIMDAHL, R.L. 1984. Competition between barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science* 32:218-222.
- SMITH, R.J.Jr. 1968. Weed competition in rice. *Weed Science* 16:252-255.
- SOTO A., A.; AGÜERO A., R. 1992. Combate químico de malezas en el cultivo del arroz. San José, C.R., Editorial Universidad de Costa Rica. 81 p.
- SOTO, A.; VALVERDE, B.E. 1991. Los herbicidas: propiedades fisicoquímicas, clasificación y mecanismos de acción. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 79 p.
- STAUBER, L.G.; SMITH Jr., R.J.; TALBERT, R.E. 1991. Density and spatial interference of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) with rice (*Oryza sativa*). *Weed Science* 39:163-168.
- STEPHENSON, G.R.; DYKSTRA, M.D.; MCLAREN, R.D.; HAMILL, A.S. 1990. Agronomic practices influencing triazine-resistant weed distribution in Ontario. *Weed Technology* 4:199-207.
- STREET, J.E.; SNIPES, C.E. 1989. Propanil plus tridiphane for barnyardgrass (*Echinochloa cruss-galli*) control in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology* 3:632-635.
- TAYLORSON, R.B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soils. *Weed Science* 18:265-269
- THILL, D.; MALLORY-SMITH, A.; SAARI, L.; COTTERMAN, J.; PRIMIANI, M.; SALADINI, J.L. 1991. Sulfonylurea herbicide resistant weeds: discovery, distribution, biology, mechanism, and management. *In* Herbicide Resistance in Weeds and Crops. Butterworth-Heinemann Ltd. Ed by Caseley, J. C., G.W. Cussans, y R.K. Atkin. p. 115-128.
- THILL, D.C.; LISH, J.M.; CALLIHAN, R.H.; BECHINSKI, E.J. 1991. Integrated weed management-a component of integrated pest management: a critical review. *Weed Technology* 5:648-656.

- VALVERDE, B.E.; GARITA, I.; RICHES, C.R.; CASELEY, J.C.; CHACON, L.A. 1995. Integrated management of propanil resistant *Echinochloa colona* in dryland rice in Costa Rica. In International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicides. (April 1995, Cordoba, Spain). p 218.
- WATSON, D.; MORTIMER, A.M.; PUTWAIN, P.D. 1987. The seed bank dynamics of triazine resistant and susceptible biotypes of *Senecio vulgaris*-implications for control strategies. In British Crop Protection Conference Weeds (1987, Brighton, England). [Proceedings]. vol 3, p 917-924.
- WRUBEL, R.P.; GRESSEL, J. 1994. Are herbicides mixtures useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study. *Weed Technology* 8:635-648.
- YABUNO, T. 1983. Biology of *Echinochloa* species. In Weed control in rice, Philippines. p. 307-318.

ANEXO 1. Corrección a la densidad de *E. colona* en los datos del lote "Bejuco" debido a la inversión de los tratamientos en las parcelas sin glifosato, en el segundo año de experimentación.

Cuadro 1. Porcentaje de reducción de la densidad de *E. colona* el primer año de experimentación (1994), como medida de la eficacia de propanil (A) y de pendimetalina (B). Valverde *et al.*, datos no publicados.

Bloque	Tratamiento	Plantas/m ²		
		Antes	Después	Reducción (%)
1	SI/SG/A	69	3.1	95.5
1	SI/SG/B	309	16.0	94.8
1	CI/SG/A	213	6.3	97.0
1	CI/SG/B	169	12.5	92.6
2	SI/SG/A	103	0.0	100.0
2	SI/SG/B	391	22.0	94.4
2	CI/SG/A	250	3.1	98.8
2	CI/SG/B	347	31.3	91.0
3	SI/SG/A	225	0.0	100.0
3	SI/SG/B	388	16.0	95.9
3	CI/SG/A	150	28.0	81.3
3	CI/SG/B	538	19.0	96.5
4	SI/SG/A	238	31.0	87.0
4	SI/SG/B	256	6.3	97.6
4	CI/SG/A	338	10.0	72.8
4	CI/SG/B	266	35.0	86.9

Abreviaciones: SI= sin incorporación, SG= sin glifosato, A= con propanil, B= con pendimetalina

Cuadro 2. Densidad de *E. colona* corregida luego de aplicar propanil en las parcelas que debieron ser tratadas con pendimetalina.

Bloque	Tratam	1	2	3	4	5
1	SI/SG/A	95.5	94.8	0.7	4	4.03
1	CI/SG/A	94.0	92.6	4.4	12	12.50
2	SI/SG/A	100.0	94.4	5.6	12	12.70
2	CI/SG/A	98.8	91.0	7.8	32	34.50
3	SI/SG/A	100.0	95.9	4.1	24	24.90
3	CI/SG/A	81.3	96.5	-15.2	16	13.50
4	SI/SG/A	87.0	97.6	-10.6	28	25.00
4	CI/SG/A	72.8	86.9	-14.1	28	24.10

Abreviaciones: SI= sin incorporación, SG= sin glifosato, CI= con incorporación, B= pendimetalina. 1= eficacia porcentual del propanil en 1994 (ver cuadro 1 de este anexo), 2= eficacia de pendimetalina en 1994 (en %), 3= diferencia en eficacia entre ambos herbicidas, 4= densidad de *E. colona* después de aplicar propanil en vez de pendimetalina en 1995, 5= densidad corregida utilizando la diferencia de eficacia.

Cuadro 3. Densidad de *E. colona* corregida luego de aplicar pendimetalina en las parcelas que debieron ser tratadas con propanil.

Bloque	Tratam	A	B	C	D	E
1	SI/SG/B	94.8	95.5	-0.7	4	3.9
1	CI/SG/B	92.6	94.0	-4.4	0	0.0
2	SI/SG/B	94.4	100.0	-5.6	8	7.6
2	CI/SG/B	91.0	98.8	-7.8	8	7.4
3	SI/SG/B	95.9	100.0	-4.1	24	23.0
3	CI/SG/B	96.5	81.3	15.2	4	4.6
4	SI/SG/B	97.6	87.0	10.6	4	4.4
4	CI/SG/B	86.9	72.8	14.1	4	4.6

Abreviaciones: SI= sin incorporación, SG= sin glifosato, CI= con incorporación, A= propanil, 1= eficacia porcentual de pendimetalina en 1994 (ver cuadro 1 de este anexo), 2= eficacia del propanil en 1994 (en %), 3= diferencia en eficacia entre ambos herbicidas, 4= densidad de *E. colona* después de aplicar pendimetalina en vez de propanil en 1995, 5= densidad corregida utilizando la diferencia de eficacia.

ANEXO 2. Datos observados para densidad de *E. colona* en el lote "Bejuco".

Abreviaciones: BL=bloque, I=incorporación, G=glifosato, M=manejo, DMAL=plantas de *E. colona*/m² 40 días después de la incorporación del rastrojo, DMALEZA=densidad de *E. colona* en No/m² un mes después de la siembra, S=sí, N=no, A=propanil, B=pendimetalina.

BL	I	G	M	DMAL	DMALEZA
1	S	N	B	320	12.5
1	S	N	A	448	0.0
1	S	S	A	192	2.6
1	S	S	B	208	0.0
1	N	N	B	448	4.03
1	N	N	A	208	3.9
1	N	S	A	56	2.7
1	N	S	B	264	2.7
2	S	N	B	824	12.9
2	S	N	A	520	7.4
2	S	S	A	288	1.3
2	S	S	B	320	1.3
2	N	N	B	88	33.8
2	N	N	A	240	7.6
2	N	S	A	136	2.7
2	N	S	B	232	0.0
3	S	N	B	360	20.4
3	S	N	A	1832	27.6
3	S	S	A	496	0.0
3	S	S	B	152	0.0
3	N	N	B	496	16.7
3	N	N	A	408	3.8
3	N	S	A	336	2.7
3	N	S	B	272	0.0
4	S	N	B	608	75.6
4	S	N	A	728	4.5
4	S	S	A	304	4.0
4	S	S	B	448	0.0
4	N	N	B	1096	25.0
4	N	N	A	1449	4.4
4	N	S	A	392	0.0
4	N	S	B	944	0.0

ANEXO 3. Datos observados de rendimiento, número de espigas de arroz y maleza, y densidad de *E. colona* en el lote "Pelicano".

Abreviaciones: bl=bloque, I=incorporación, G=glifosato, M=manejo, rend=rendimiento kg/ha, earroz=espigas de arroz/m², emaleza=espigas de *E. colona*/m², dmaleza=densidad de *E. colona* en No/m²., S=sí, N=no, A=propanil, B=pendimetalina.

BL	I	G	M	REND	EARROZ	EMALEZA	DMALEZA
1	S	N	A	178.17	70.0	32.0	4.00
1	S	N	B	1425.38	136.0	14.0	4.00
1	S	S	A	3300.00	294.0	0.0	0.00
1	S	S	B	3000.00	300.0	0.0	0.00
1	N	N	A	356.34	88.0	44.0	32.00
1	N	N	B	1476.28	132.0	16.0	4.00
1	N	S	A	3100.00	487.5	0.0	1.33
1	N	S	B	3100.00	310.0	0.0	1.33
2	S	N	A	254.53	54.0	92.0	48.00
2	S	N	B	203.62	60.0	68.0	20.00
2	S	S	A	2475.00	228.0	0.0	0.00
2	S	S	B	2800.00	268.0	0.0	0.00
2	N	N	A	152.72	34.0	44.0	20.00
2	N	N	B	279.98	46.0	42.0	16.00
2	N	S	A	2850.00	286.0	0.0	1.33
2	N	S	B	3050.00	340.0	0.0	0.00
3	S	N	A	254.53	54.0	172.0	60.00
3	S	N	B	865.41	96.0	40.0	20.00
3	S	S	A	1300.00	286.0	0.0	0.00
3	S	S	B	2825.00	336.0	0.0	1.33
3	N	N	A	203.62	28.0	122.0	44.00
3	N	N	B	1069.03	124.0	48.0	8.00
3	N	S	A	1450.00	200.0	0.0	6.70
3	N	S	B	1800.00	258.0	0.0	0.00
4	S	N	A	76.36	44.0	190.0	100.00
4	S	N	B	509.06	16.0	72.0	12.00
4	S	S	A	2150.00	220.0	0.0	0.00
4	S	S	B	2537.50	226.0	0.0	1.33
4	N	N	A	12.73	8.0	176.0	12.00
4	N	N	B	483.61	58.0	32.0	0.00
4	N	S	A	2600.00	260.0	0.0	1.33
4	N	S	B	2725.00	292.0	0.0	1.33

ANEXO 4. Conteos de *E. colona* durante el ciclo del arroz, en las parcelas de observación del lote "Pelicano".

Abreviaciones: Trat=tratamiento; 1=con arroz, 2=sin arroz con remoción de suelo; 3 sin arroz sin remoción de suelo; rep=repetición.

TRAT	REP	FECHA	PLANTAS
1	1	1	36
1	2	1	21
1	3	1	51
1	4	1	33
1	1	2	31
1	2	2	39
1	3	2	29
1	4	2	64
2	1	1	15
2	2	1	63
2	3	1	33
2	4	1	38
2	1	2	3
2	2	2	0
2	3	2	0
2	4	2	35
3	1	1	20
3	2	1	15
3	3	1	46
3	4	1	25
3	1	2	0
3	2	2	28
3	3	2	11
3	4	2	38

ANEXO 5. Conteos de *E. colona* durante el ciclo del arroz en las parcelas de observación del lote "Bejuco".

TRAT	REP	FECHA	PLANTAS
1	1	1	25
1	2	1	19
1	3	1	20
1	4	1	18
1	1	2	43
1	2	2	31
1	3	2	15
1	4	2	23
2	1	1	9
2	2	1	33
2	3	1	9
2	4	1	3
2	1	2	15
2	2	2	18
2	3	2	13
2	4	2	7
3	1	1	17
3	2	1	11
3	3	1	14
3	4	1	6
3	1	2	14
3	2	2	10
3	3	2	8
3	4	2	10

ANEXO 6. Datos del experimento de longevidad de semillas de *E. colona*, separados en los componentes de persistencia (semillas con latencia), y no persistencia (semillas germinadas o muertas).

Abreviaciones: BLOQ= bloque, PROF= profundidad, PEX= latencia forzada, PEND=latencia inducida o innata, P=(Pex+Pend), DG=germinada *in situ*, DN=no viable, D= (Dg+Dn)

BLOQ	TIEMPO	PROF	PEX	PEND	P	DG	DN	D
1	1	1	34	4	38	29	33	62
1	2	1	22	13	35	6	59	65
1	3	1	45	2	47	0	53	53
1	4	1	1	0	1	15	84	99
1	5	1	0	0	0	8	92	100
1	6	1	0	0	0	29	71	100
1	7	1	0	0	0	38	62	100
1	8	1	0	0	0	21	79	100
1	9	1	0	0	0	36	64	100
1	10	1	0	0	0	12	88	100
1	1	2	92	3	95	0	5	5
1	2	2	80	5	85	5	10	15
1	3	2	73	1	74	16	10	26
1	4	2	54	4	58	4	38	42
1	5	2	45	2	47	2	51	53
1	6	2	39	5	44	10	46	56
1	7	2	35	6	41	3	56	59
1	8	2	36	10	46	3	51	54
1	9	2	25	7	32	7	61	68
1	10	2	33	5	38	0	62	62
1	1	3	52	36	88	4	8	12
1	2	3	35	23	58	7	35	42
1	3	3	36	10	46	14	40	54
1	4	3	44	4	48	4	48	52
1	5	3	63	0	63	2	35	37
1	6	3	38	6	44	3	53	56
1	7	3	48	4	52	0	48	48
1	8	3	66	4	70	2	28	30
1	9	3	54	0	54	4	42	46
1	10	3	37	1	38	3	59	62
1	1	4	64	21	85	4	11	15
1	2	4	47	34	81	6	13	19
1	3	4	74	4	78	3	19	22
1	4	4	44	3	47	0	53	53
1	5	4	41	0	41	1	58	59
1	6	4	67	0	67	2	31	33
1	7	4	48	3	51	4	45	49
1	8	4	66	3	69	0	31	31
1	9	4	23	5	28	0	72	72
1	10	4	45	2	47	3	50	53
1	1	5	63	26	89	0	11	11
1	2	5	34	37	71	0	29	29
1	3	5	78	4	82	1	17	18
1	4	5	59	4	63	0	37	37

1	5	5	45	4	49	0	51	51
1	6	5	57	8	65	0	35	35
1	7	5	45	7	52	0	48	48
1	8	5	73	3	76	0	24	24
1	9	5	53	7	60	0	40	40
1	10	5	39	5	44	0	56	56
2	1	1	45	12	57	2	41	43
2	2	1	44	1	45	3	52	55
2	3	1	38	3	41	5	54	59
2	4	1	1	0	1	35	64	99
2	5	1	0	0	0	17	83	100
2	6	1	0	1	1	30	69	99
2	7	1	0	0	0	24	76	100
2	8	1	0	0	0	25	75	100
2	9	1	0	0	0	27	73	100
2	10	1	0	0	0	11	89	100
2	1	2	81	7	88	3	9	12
2	2	2	80	3	83	8	9	17
2	3	2	70	7	77	9	14	23
2	4	2	46	2	48	0	52	52
2	5	2	31	13	44	1	55	56
2	6	2	62	6	68	3	29	32
2	7	2	40	5	45	4	51	55
2	8	2	35	8	43	9	48	57
2	9	2	62	1	63	7	30	37
2	10	2	23	6	29	5	66	71
2	1	3	38	40	78	0	22	22
2	2	3	30	23	53	5	42	47
2	3	3	48	11	59	0	41	41
2	4	3	46	8	54	2	44	46
2	5	3	42	4	46	0	54	54
2	6	3	64	0	64	1	35	36
2	7	3	67	3	70	3	27	30
2	8	3	36	6	42	6	52	58
2	9	3	39	6	45	1	54	55
2	10	3	52	2	54	0	46	46
2	1	4	48	34	82	4	14	18
2	2	4	60	17	77	8	15	23
2	3	4	37	10	47	7	46	53
2	4	4	58	11	69	1	30	31
2	5	4	42	3	45	0	55	55
2	6	4	55	5	60	3	37	40
2	7	4	34	10	44	1	55	56
2	8	4	55	2	57	2	41	43
2	9	4	54	3	57	1	42	43
2	10	4	34	5	39	0	61	61
2	1	5	33	32	65	0	35	35
2	2	5	13	49	62	8	30	38
2	3	5	45	10	55	7	38	45
2	4	5	64	2	66	0	34	34
2	5	5	65	1	66	0	34	34
2	6	5	60	3	63	1	36	37
2	7	5	48	3	51	2	47	49
2	8	5	55	8	63	1	36	37

2	9	5	26	6	32	0	68	68
2	10	5	14	0	14	0	86	86
3	1	1	25	13	38	14	48	62
3	2	1	34	1	35	10	55	65
3	3	1	16	9	25	10	65	75
3	4	1	0	0	0	20	80	100
3	5	1	0	0	0	18	82	100
3	6	1	0	0	0	25	75	100
3	7	1	0	1	1	23	76	99
3	8	1	0	0	0	12	88	100
3	9	1	1	1	2	24	74	98
3	10	1	0	0	0	18	82	100
3	1	2	86	7	93	2	5	7
3	2	2	70	3	73	12	15	27
3	3	2	73	9	82	8	10	18
3	4	2	15	0	15	55	30	85
3	5	2	11	2	13	12	75	87
3	6	2	37	3	40	11	49	60
3	7	2	46	2	48	4	48	52
3	8	2	6	2	8	10	82	92
3	9	2	36	1	37	3	60	63
3	10	2	37	5	42	0	58	58
3	1	3	43	19	62	13	25	38
3	2	3	68	9	77	12	11	23
3	3	3	58	3	61	14	25	39
3	4	3	73	3	76	4	20	24
3	5	3	23	2	25	9	66	75
3	6	3	8	4	12	13	75	88
3	7	3	37	8	45	1	54	55
3	8	3	47	7	54	7	39	46
3	9	3	44	0	44	9	47	56
3	10	3	49	2	51	1	48	49
3	1	4	76	8	84	0	16	16
3	2	4	57	22	79	5	16	21
3	3	4	65	5	70	5	25	30
3	4	4	55	5	60	0	40	40
3	5	4	56	0	56	1	43	44
3	6	4	39	14	53	0	47	47
3	7	4	30	5	35	0	65	65
3	8	4	15	5	20	1	79	80
3	9	4	27	1	28	4	68	72
3	10	4	37	3	40	0	60	60
3	1	5	52	26	78	0	22	22
3	2	5	56	22	78	1	21	22
3	3	5	75	2	77	2	21	23
3	4	5	36	7	43	0	57	57
3	5	5	42	1	43	0	57	57
3	6	5	44	8	52	0	48	48
3	7	5	42	5	47	1	52	53
3	8	5	31	6	37	1	62	63
3	9	5	4	2	6	0	94	94
3	10	5	6	7	13	1	86	87
4	1	1	22	14	36	54	10	64
4	2	1	25	11	36	14	50	64

4	3	1	37	2	39	8	53	61
4	4	1	0	0	0	39	61	100
4	5	1	0	0	0	30	70	100
4	6	1	0	0	0	29	71	100
4	7	1	0	0	0	44	56	100
4	8	1	1	2	3	23	74	97
4	9	1	0	0	0	30	70	100
4	10	1	0	0	0	7	93	100
4	1	2	59	19	78	6	16	22
4	2	2	83	2	85	2	13	15
4	3	2	62	7	69	13	18	31
4	4	2	32	3	35	16	49	65
4	5	2	65	4	69	1	30	31
4	6	2	46	12	58	9	33	42
4	7	2	5	3	8	21	71	92
4	8	2	36	6	42	4	54	58
4	9	2	14	8	22	5	73	78
4	10	2	15	11	26	3	71	74
4	1	3	61	12	73	2	25	27
4	2	3	59	15	74	3	23	26
4	3	3	52	5	57	10	33	43
4	4	3	62	7	69	4	27	31
4	5	3	54	1	55	3	42	45
4	6	3	31	8	39	3	58	61
4	7	3	6	9	15	3	82	85
4	8	3	22	6	28	2	70	72
4	9	3	17	8	25	3	72	75
4	10	3	32	5	37	0	63	63
4	1	4	45	28	73	7	20	27
4	2	4	59	17	76	6	18	24
4	3	4	62	4	66	7	27	34
4	4	4	47	3	50	1	49	50
4	5	4	40	0	40	12	48	60
4	6	4	28	9	37	6	57	63
4	7	4	35	5	40	0	60	60
4	8	4	36	4	40	5	55	60
4	9	4	29	18	47	0	53	53
4	10	4	20	5	25	1	74	75
4	1	5	47	23	70	0	30	30
4	2	5	46	25	71	1	28	29
4	3	5	40	8	48	2	50	52
4	4	5	49	2	51	2	47	49
4	5	5	39	2	41	1	58	59
4	6	5	29	8	37	6	57	63
4	7	5	28	6	34	0	66	66
4	8	5	28	11	39	5	56	61
4	9	5	13	10	23	0	77	77
4	10	5	35	3	38	0	62	62
5	1	1	59	12	71	1	28	29
5	2	1	28	4	32	16	52	68
5	3	1	32	2	34	4	62	66
5	4	1	1	3	4	21	75	96
5	5	1	1	1	2	31	67	98
5	6	1	0	0	0	34	66	100

5	7	1	0	0	0	28	72	100
5	8	1	0	0	0	30	70	100
5	9	1	0	0	0	35	65	100
5	10	1	0	0	0	7	93	100
5	1	2	82	3	85	4	11	15
5	2	2	74	3	77	9	14	23
5	3	2	56	7	63	12	25	37
5	4	2	33	2	35	35	30	65
5	5	2	45	6	51	9	40	49
5	6	2	19	6	25	5	70	75
5	7	2	39	1	40	4	56	60
5	8	2	1	0	1	10	89	99
5	9	2	21	14	35	7	58	65
5	10	2	28	2	30	4	66	70
5	1	3	32	36	68	0	32	32
5	2	3	72	9	81	7	12	19
5	3	3	38	12	50	5	45	50
5	4	3	35	10	45	0	55	55
5	5	3	39	5	44	3	53	56
5	6	3	20	5	25	6	69	75
5	7	3	39	4	43	1	56	57
5	8	3	41	1	42	3	55	58
5	9	3	20	19	39	4	57	61
5	10	3	13	13	26	5	69	74
5	1	4	57	20	77	3	20	23
5	2	4	39	20	59	1	40	41
5	3	4	50	5	55	7	38	45
5	4	4	35	6	41	5	54	59
5	5	4	44	1	45	2	53	55
5	6	4	30	6	36	1	63	64
5	7	4	45	6	51	1	48	49
5	8	4	4	6	10	0	90	90
5	9	4	19	19	38	2	60	62
5	10	4	64	0	64	0	36	36
5	1	5	53	33	86	4	10	14
5	2	5	70	17	87	3	10	13
5	3	5	80	2	82	2	16	18
5	4	5	50	3	53	6	41	47
5	5	5	23	1	24	7	69	76
5	6	5	24	5	29	0	71	71
5	7	5	13	27	40	0	60	60
5	8	5	24	4	28	0	72	72
5	9	5	30	8	38	2	60	62
5	10	5	35	7	42	0	58	58